



HAL
open science

Les komatiites et métamorphites associées du Birrinien du nord de la Côte d'Ivoire : pétrographie, géochimie, magnétométrie, gîtologie

Jean Marc Regnault

► **To cite this version:**

Jean Marc Regnault. Les komatiites et métamorphites associées du Birrinien du nord de la Côte d'Ivoire : pétrographie, géochimie, magnétométrie, gîtologie. Minéralogie. Université Scientifique et Médicale de Grenoble, 1980. Français. NNT : . tel-00749995

HAL Id: tel-00749995

<https://theses.hal.science/tel-00749995>

Submitted on 8 Nov 2012

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

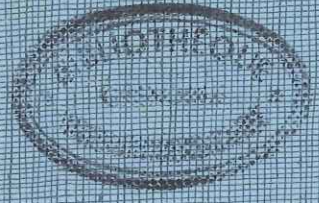
103.449
1980

Triple

203142
1980
79

UNIVERSITE SCIENTIFIQUE
ET MEDICALE DE GRENOBLE

THESE DE DOCTORAT DE SPECIALITE (3° CYCLE)
Géologie Appliquée
Option : Petrologie - Métallogénie



**LES KOMATIITES ET METAMORPHITES ASSOCIEES
DU BIRIMIEN DU NORD DE LA COTE D'IVOIRE
(Pétrographie, Géochimie, Magnétométrie, Gîtologie).**

par Jean-Marc REGNOULT

Soutenue le 27 Juin 1980 devant la Commission d'Examen :

Président	R. MICHEL	U.S.M.G.	Grenoble
Rapporteur	P. GIRAUD	U.S.M.G.	Grenoble
Examineur	B. TAGINI	S.O.D.E.M.I.	Abidjan
Examineur	M. PIBOULE	Université Claude Bernard	Lyon

205142
1980
79

UNIVERSITÉ SCIENTIFIQUE
ET MÉDICALE DE GRENOBLE

THESE DE DOCTORAT DE SPÉCIALITÉ (3^o CYCLE)
Géologie Appliquée
Option : Pétrologie - Métallogénie



**LES KOMATIITES ET METAMORPHITES ASSOCIÉES
DU BIRRI MIEN DU NORD DE LA COTE D'IVOIRE
(Pétrographie, Géochimie, Magnétométrie, Gîtologie).**

par Jean-Marc REGNOULT

T. 81/239

Soutenu le 27 Juin 1980 devant la Commission d'Examen :

Président	R. MICHEL	U.S.M.G.	Grenoble
Rapporteur	P. GIRAUD	U.S.M.G.	Grenoble
Examineur	B. TAGINI	S.O.D.E.M.I.	Abidjan
Examineur	M. PIBOULE	Université Claude Bernard	Lyon

AVANT-PROPOS

Ce mémoire a pu être publié grâce à l'autorisation de Monsieur J. N'ZI, Directeur Général de la SODEMI, qui m'a permis d'utiliser les documents établis par cet organisme de recherche. Qu'il me permette de lui exprimer toute ma gratitude.

En outre, je tiens à exprimer ma reconnaissance :

à Monsieur le Professeur R. MICHEL qui a accepté de présider ce jury et qui a consacré une partie de son temps pour discuter des problèmes posés par les textures de mes roches métavolcaniques ;

à Monsieur le Professeur P. GIRAUD, à qui je dois beaucoup ; d'abord pour m'avoir initié à la pétrologie, ensuite pour m'avoir incité à réaliser ce mémoire qu'il a suivi de très près et enfin, en me "conseillant" pour ma future carrière ;

à Monsieur le Directeur des Recherches B. TAGINI qui s'est intéressé à mon travail, malgré la distance et qui n'a cessé de m'encourager dans les moments difficiles. Travaillant à la SODEMI sous ses directives, je me suis initié à mon métier de géologue et je le considère comme le "parrain scientifique" des komatiites birriennes.

Je lui dois une reconnaissance toute particulière d'avoir pris sur son temps de congés pour participer à ce jury ;

à Monsieur P. PIBOULE qui m'a accueilli dans son laboratoire, initié aux traitements A.C.P.N. et dont l'expérience des roches basiques me fut particulièrement utile ;

à Monsieur ROEBACH (LETI-CENG) qui m'a guidé et conseillé dans mes premières interprétations magnétométriques ;

Je n'oublierai pas Messieurs J.K. MENEOUAN, Directeur du Laboratoire SODEMI, Y. ANGORAN, Directeur des recherches, K.L. KRA, Chef de la section de physique, G. LOUP, Chef de la section Minéralogie-Pétrographie et M. MADON qui m'ont toujours amicalement accueilli afin de me fournir soit une analyse, soit des lames minces, soit encore des conseils.

Mes remerciements s'adresseront également au personnel scientifique et technique de l'Institut Dolomieu : J. APPRAHAMIAN, Mme ARNAUD-VANNEAU, H. ARNAUD, G. BUFFET, J.C. DEMENJON, J.P. REVOL.

J'exprimerai des remerciements tout particuliers aux bibliothécaires, Mesdames C. PERON (SODEMI) et P. TALOUR qui m'ont toujours gentiment guidé vers le bon livre.

Quant à Mme COUTURIER-BARDIN, secrétaire, elle a fait preuve d'une grande persévérance et d'une conscience professionnelle rare. Je la remercie très vivement d'avoir réalisé la dactylographie de ce mémoire en un temps record.

Et puis il y a tous les autres : les amis. Heureusement que j'en compte beaucoup, car sans eux la cadence de travail eut été insoutenable.

Merci à vous tous !

En ce qui concerne M. EMAMI, D. GASQUET et Ph. PORTELLA, sachez que vous avez été de vrais collaborateurs. Vous vous êtes donnés à fond pour m'aider bien que vous ayiez vos propres soucis et travaux. Heureusement que vous étiez là ! ...

Evidemment la famille ARDUCA est très chaleureusement remerciée pour ses "paste-asciutte" et les séances de coloriage auxquelles elle fut conviée.

AVERTISSEMENTS.

- La plupart des roches étudiées dans ce mémoire étant des roches métamorphiques dérivant de roches éruptives, chaque fois que la nature de ces dernières a pu être décelée, nous nous sommes permis, pour ne pas alourdir le texte, de ne pas les faire précéder du préfixe "méta" bien qu'il eut été nécessaire.
- Les azimuts se mesurent vers l'Est de 0 à 180°.
- Sauf spécification contraire, les pourcentages pondéraux d'oxydes utilisés dans le texte sont anhydres non recalculés à 100.
- Se référer au rapport SODEMI 448 (REGNOULT, 1978 b) pour la situation des échantillons.
- Le plan de ce mémoire ne suit pas le déroulement chronologique des faits qui ont conduit à la mise en évidence des komatiites. En effet celle-ci est, au départ, le résultat des études géochimiques qui ont permis, ensuite, la réinterprétation des levés de terrain. Mais pour la logique de la présentation, nous nous sommes permis de traiter d'abord des caractères de gisement et des observations pétrographiques.

GLOSSAIRE DES DEFINITIONS

- activité du soluté (A_i) d'une solution réelle s'exprime en mole. litre⁻¹ et telle que $A_i = \gamma_i \cdot C_i$ ou $\gamma_i = C_i / A_i$ = coefficient d'activité et C_i = concentration du soluté i .
- bed-rock : de puits alluvionnaires ou éluvionnaires, de tranchées éluvionnaires, lorsqu'on atteint la roche altérée en place, diaclasée, mais dont la structure est reconnaissable.
- complexe (volcano-sédimentaire) : désignation, dans un même étage structural, d'un ensemble hétérogène dans lequel sont associés laves, tufs et sédiments.
- cumulat : magma U. B. sous forme d'une mousse de cristaux d'olivine ou clinopyroxène.
 : suspension de cristaux dans un liquide dont la composition est probablement picritique (B. HENRY, 1974) ; ou bien
 : décantation de minéraux dans un liquide magmatique (G. ROCCI, 1977).
- eburn : ivoire.
- ferromagnétique : c'est un corps paramagnétique qui s'aimante spontanément sous l'action de son propre champ interne.
- harrisite : variété de roche cumulative mafique où l'olivine est plus abondante que le plagioclase.
- hétéromorphe : un type hétéromorphe est un type où les minéraux cano- niques sont dissimulés sous d'autres formes minéralogiques.
- komatiites : nom donné par VILJOEN et VILJOEN (1969) à des roches U. B. extrusives dans le secteur de la rivière Komati à Barberton Mountain (Afrique du Sud).
- sillon : zone mince et fragile de l'écorce au sens de MATTAUER (1973, in IMREH, 1978).
- spinifex : Trioda spinifex est une graminée épineuse de la steppe australienne. Cristaux d'olivine ou clinopyroxène squelettique parallèles ou rangés au hasard.
- suite komatiitique : elle comprend l'ensemble des membres pétrographiques, allant des termes ultramafiques aux termes mafiques, dont la caractéristique est la diminution en MgO et les faibles teneurs en Al et K.
- ultrabasique : terminologie anglaise ayant un sens chimique et ne caractérisant seulement que les roches pauvres en silice ($SiO_2 < 45\%$).
- ultramafique : les Américains utilisent ce terme dans un sens de classification minéralogique : l'indice de coloration est supérieur à 70 (c. à. d. avec moins de 30 % de minéraux felsiques).
- unité : ensemble homogène dans le temps (c. à. d. appartenant au même phénomène effusif ou intrusif) et l'espace (l'effusion se produit au même lieu) et possédant la suite komatiitique complète des complexes connus ailleurs.

GLOSSAIRE DES UNITES , ABREVIATIONS ET SYMBOLES

- Cotation métrique des layons :
 - L 1000 x 500 = à 500 mètres sur le layon 1000
 - L 400 x 125 E = vers l'Est à 125 m sur le layon 400.
- Déclinaison magnétique des cartes :
 9° 34' W au 1er juin 1975 et diminue de 1° tous les dix ans.
- A. C. P. N. : analyse en composante principale normée.
- C. V. B. : ceinture (de roches) verte (s) de BOUNDIALI.
- Cpx : clinopyroxène.
- l. m. : lame mince.
- Opx : orthopyroxène.
- O. R. S. T. O. M. : organisme de la recherche scientifique dans les territoires d'Outre-Mer.
- (R). B, B : (roche) basique, basite ; (R). U. B. , U. B. : (roche) ultrabasique, ultrabasite ; (R). M. , M. : (roche) mafique, mafite ; (R). U. M. , U. M. : (roche) ultramafique, ultramafite.
- SY = Syempurgo (Siempurgo) ; TY = Tyasso (Tiasso) ; PO = Poundiali ;
 NA = Natoro (Natogo) ; KA = Katanrha (Katanra) ;
 WE = Wémélhoro (Ouamélhoro) sont les villages qui ont donné leur nom aux opérations de par leur proximité. J'ai ajouté les variantes toponymiques.
- Symboles utilisés dans les diagrammes géochimiques :

KA.	●
NA.	○
PO.	⊕
SY.	⊙
TY.	.
WE.	+
- V. S. N. A. : Volontaire pour le Service National Actif.

CHAPITRE I

PREMIERE PARTIE : LIMINAIRES

1. CADRE ET BUT DE L'ETUDE

En qualité de volontaire pour le Service National Actif, détaché auprès de la Société pour le Développement Minier de la Côte d'Ivoire (SODEMI), de janvier 1978 à décembre 1979, il me fut confié la responsabilité de la poursuite, dans le cadre du projet intitulé : "Cuivre-Nickel Sulfurés et Métaux de Base Nord COTE D'IVOIRE", de six opérations situées dans les régions de BOUNDIALI et NIELLE.

L'emploi conjoint de trois types de levés au sol : géochimiques, géologiques et géophysiques devait permettre d'aboutir à une meilleure connaissance "du contexte des points remarquables en s'attachant à découvrir les métalloctes des anomalies géochimiques (en sols superficiels) en nickel et leur origine" (ordre de mission du 23.02.1978, p. 5, REGNOULT, 1978, rapport SODEMI 446).

Initialement cette étude n'avait pas été menée pour obtenir le grade de Docteur de troisième cycle. Mais, après rédaction du rapport final (REGNOULT, 1978 b), M. J. N'ZI Directeur de la SODEMI et M. P. GIRAUD jugèrent qu'après études complémentaires et bien sûr refonte totale du texte, les matériaux rassemblés pouvaient justifier leur présentation dans un mémoire de thèse de troisième cycle.

2. HISTORIQUE DU PROJET

Grâce à l'échantillonnage minéralogique en lit vif de marigot et surtout grâce à la prospection géochimique stratégique en "stream sediment", la Mission Régionale R 8 découvrait en 1972 les "indices nickelifères" des environs de BOUNDIALI (SYEMPURGO, KATANRHA, TYASSO) et de NIELLE (WEMELHORO, POUNDIALI, NATORO).

Les missions R 9, 789, 89-10 employèrent les mêmes méthodes à maille plus serrée pour mieux cerner ces cibles (Fig. 2, page 19).

3. TECHNIQUES ET METHODES

Avertissement : les échantillons furent traités au laboratoire SODEMI (ABIDJAN) dans le cadre du projet.

3.1. Données antérieures

L'Institut Géographique National de Paris (I. G. N.) avait établi les fonds topographiques au 1 : 200 000 des degrés carrés NC 29-XII de BOUNDIALI (1950-1955) et NC 30-XII de NIELLE (1975). Les photographies aériennes correspondantes étaient prises au 1 : 50 000, 1 : 60 000 et 1 : 80 000 par l'I. G. N. et par KENTING EARTH SCIENCES Ltd. d'OTTAWA, en 1950-55, 1970-73, 1974-75. Cette dernière société effectuait entre 1975 et 1978 l'interprétation photogéologique du pays aux 1 : 50 000 et 1 : 200 000, ainsi que les levés et les interprétations aéromagnétiques et aéroradiométriques aux 1 : 50 000 et 1 : 200 000. Mais les interprétations de ces derniers documents, effectuées par PATERSON,

GRANT et WATSON de TORONTO, ne sont pas encore accessibles au public.

R. COUTURE (1968) dressait au 1 : 500 000 la carte géologique de reconnaissance d'ODIENNE (feuille NC 29-Sud-Est) et M. ARNOULD celle de NIELLE - BANFORA au 1 : 200 000 (inédiée). La synthèse géologique ivoirienne revient à B. TAGINI dans sa thèse d'état intitulée "Esquisse structurale de la COTE D'IVOIRE" (1972).

Les données de la mission SODEMI n° R. 8 (1972) étaient traitées au C.R.P.G. de NANCY (1974) par cartographie automatique d'indices minéraux et d'isovaleurs.

Les rapports monographiques 333 et 334 de H. MADON (1976 a et b) présentent des tableaux de dosages géochimiques en traces, des descriptions pétrographiques de G. LOUP, des cartes aux 1 : 10 000, 1 : 5 000, et 1 : 2 500 :

- de prélèvements en sols résiduels superficiels (- 20 à - 30 cm) ;
- de teneurs et d'isoteneurs en Cu, Pb, Zn, Co, Ni, Cr, Mn, Hg, Mo ;
- de situation des puits alluvionnaires ;
- géologiques interprétatives ;
- de synthèses des résultats.

3.2. Les moyens logistiques en brousse

L'équipe que j'avais en charge comprenait : un cuisinier, quatre manoeuvres chargés du layonnage, du débroussaillage, du fonçage des puits, du broyage des échantillons, etc. . . .

En plus, pour la région de NIELLE il me fut adjoint le prospecteur R. BARY et son équipe pour effectuer les levés et tracés magnétométriques. Du point de vue matériel nous possédions deux véhicules tout-terrain et une dotation complète pour géologue.

3.3. La prospection : organisation et techniques

3.3.1. Organisation

Les compléments de cartographie ont été effectués par des levés systématiques, surtout dans les secteurs où les anomalies géochimiques en sols se surimposaient à de forts gradients magnétiques. Ils consistaient en des itinéraires rayonnant à partir du coeur des anomalies géochimiques.

A SY., trois puits éluvionnaires ont été foncés sur des anomalies géochimiques et magnétiques où il n'y avait aucun affleurement.

Les prélèvements ont été réduits au strict nécessaire s'ils existaient déjà ou si la cible était jugée défavorable : faiblesse des teneurs en traces du sol et gradient magnétique indiquant l'absence de roches ultramafiques proches de la surface.

3.3.2. Techniques utilisées et traitement des échantillons

Echantillonnage : Sur le terrain le numéro d'identification des échantillons était écrit sur la roche, un bristol et le sachet vnylique. Leur expédition dans des cantines s'effectuait au début du mois vers la base de KORHOGO ou vers le laboratoire d'ABIDJAN où ils subissaient des analyses avant d'entrer en pétrothèque.

Magnétométrie : La méthodologie conseillée par Y. ANGORAN figure dans mon rapport SODEMI 446, annexe 6 (REGNOULT, 1978 a).

En voici un résumé :

- la maille était de 50 sur 20 mètres ;
- la correction des mesures pour la variation diurne du

champ magnétique s'est effectuée suivant deux méthodes selon le matériel disponible. En utilisant un magnétomètre à BOUNDIALI, la correction se faisait par boucles successives. L'emploi de deux appareils à NIELLE permettait de comparer les lectures de la station mobile à celles qu'une base fixe enregistrait toutes les minutes ;

- le calage d'un jour à l'autre se réalisait en reprenant les dernières mesures de la veille ou en repositionnant la base fixe au même endroit.

Afin d'éviter une fastidieuse transcription, les données ont été réduites à une quantité fixe qui est choisie égale au fond géomagnétique moyen de la COTE D'IVOIRE (31 600 gammas) ou à un fond arbitraire (e.g. 32 100 gammas). Les cartes d'isogammas au 1 : 2 000 ont été dessinées manuellement au fur et à mesure de l'avancement du travail.

L'appareil utilisé était un SCINTREX - MP 2, à précession protonique, affichant digitalement la mesure du champ géomagnétique total. La sonde, à l'extrémité d'une perche télescopique longue de 1,50 m environ, était orientée suivant une direction constante durant la manipulation.

Pétrographie : La technique de confection (taille, enrobage, etc. . . .) des lames minces est décrite dans une note interne de G. LOUP (SODEMI).

Diffractométrie : Onze diffractogrammes ont été effectués :

- 2 sur latérite, au laboratoire SODEMI par MM. L. FOFANA, J. KPONKOU ;

- 9 agrégats orientés de roches endogène altérées, à l'Institut Dolomieu par MM. J. P. REVOL, J. C. DEMENJON. Ces échantillons ont été passés sur un diffractomètre PHILIPS : amplificateur et compteur C G R, équipé d'un monochromateur, anticathode cuivre et filtre nickel, courant de 40 kV - 20 mA.

Géochimie : Les analyses en roches totales ont été réalisées suivant les méthodes de MM. J. BROCHE, L. STEFFANN (1971) :

- Si, Al, Ca, Mg par complexométrie ;
- Fe, P, Ti, Mn par colorimétrie ;
- Na, K par spectrophotométrie d'absorption atomique (PERKIN ELMER 403 et 603), de même que Cu, Pb, Zn, Co, Ni, Cr, Mn et Si, Al, Fe, Mg lors d'analyses partielles après attaque totale et super-totale ;
- la perte au feu (P.F.) était mesurée après chauffage à 1 000° C au bout de 3 heures.

Pour la recherche sélective de sulfures communs de Cu, Co, Ni, les roches susceptibles d'être minéralisées ont subi l'attaque ménagée décrite par J. J. LYNCH (s.d.) et testée dès 1938 par YEGOROVA (URSS) : les R U M sont solubilisées au bout de quelques heures dans un mélange d'acide ascorbique et d'eau oxygénée.

Les 31 résultats d'analyses en majeurs ont été traités au laboratoire.

Pour des commodités de programmation, la perte au feu (P.F.) a été remplacée par H_2O^+ .

Par souci d'homogénéisation, les traces ont été estimées à 0.01 % et les roches dont la P.F. était trop importante ou dont le fer ferrique était trop largement en excès sur le fer ferreux, ont obligé à recalculer les pourcentages pondéraux d'oxydes anhydres.

De plus, les corrections suivantes ont été effectuées :

- Fe_2O_3 a été estimé à 15 % de FeO total pour les diagrammes A($Na_2O + K_2O$) - F($FeO + Fe_2O_3$) - M(MgO) ;
- les pourcentages pondéraux des oxydes anhydres avec Fe = FeO total ont été ramenés à 100 pour le calcul de l'indice de solidification de KUNO et la construction des diagrammes triangulaires de FONTEILLES ($Al_2O_3 - FeO$ total - MgO), de KUNO ($Na_2O + K_2O - FeO$ total - MgO) et $Al_2O_3 - CaO - MgO$.

Géostatistique :

Principe : - Pour le traitement des analyses géochimiques, M. PIBOULE a utilisé les programmes de l'analyse en composante principale normée (A C P N) de mode R (comparaison de variable à variable, donc d'élément à élément majeur ou trace) et de mode Q (comparaisons d'objet à objet, donc d'échantillon à échantillon).

Les programmes employés sont extraits de l'ouvrage de LEBART et FENELON (1975). Plus récemment sont parus : SAPORTA G., 1978 et JÖRESKOG K.G. et al., 1976. Ces programmes permettent d'obtenir, en plus de la matrice facteur finale, les indications suivantes : la moyenne des valeurs pour chaque variable utilisée, les écarts-type, la matrice des coefficients de corrélation, variable par variable, les valeurs propres, le pourcentage cumulatif des valeurs propres.

a) L'examen des cercles de corrélation (espace des variables) permet de déceler des facteurs de relation entre les éléments majeurs ou traces analysés. Les traitements ont porté sur différents lots d'analyses. Pour les majeurs :

- Si, Al, Fe total, Mg, Ca, Na, K, Ti, Mn (anhydre) : 31 échantillons des opérations étudiées dans ce mémoire et 111 analyses "anonymes" d'Afrique de l'Ouest et d'Abitibi (CANADA) tirées de la littérature ;

- Si, Al, Fe_3+ , Fe_2+ , Mg, Ca, Na, K, Ti, P, Mn : 31 analyses "brutes" de nos opérations.

Pour les mineurs :

- Cu, Co, Ni, Cr, (Fe, Mg) : 157 roches des travaux de BOUNDIALI et NIELLE.

- Cu, Pb, Zn, Co, Ni, Cr, Mn : 103 roches prélevées aux mêmes endroits.

Ces deux lots ont été traités séparément car certaines analyses sont incomplètes.

L'ordinateur calcule après rotation de la matrice de

corrélations, les valeurs propres correspondant à un pourcentage cumulatif de 100 %, mais en pratique nous ne retiendrons comme valeurs significatives que celles supérieures à + 0.5 ou inférieures à - 0.5 dans l'étude des matrices de facteurs. Dans ce cas (Tabl. 7, 8, 9, 10, 11) la variance oscille entre 8 et 55 %.

b) Le report des données dans l'espace des individus porte sur des échantillons issus des 3 lots précédents qui ont été traités globalement sans subdiviser les groupes pétrographiques.

Les buts du traitement en A.C.P.N. sont :

- pour les majeurs de vérifier la classification pétrochimique et d'exprimer la variation des teneurs en minéraux ferromagnésiens dans les roches ;
- pour les mineurs de chercher à illustrer la présence d'éventuelles minéralisations (surtout Ni) et d'expliquer les contrastes entre les principales unités géologiques ;
- de tenter d'établir une correspondance entre les facteurs des variables majeurs et traces ;
- de vérifier que l'origine géographique est indépendante des regroupements ou alignements qui apparaissent.

Malgré un échantillonnage hétérogène tant du point de vue géographique (cf. paragr. 3.3.1.) que pétrographique et malgré la faible densité des prélèvements, particulièrement pour les majeurs, l'interprétation qui est donnée ultérieurement peut être considérée comme satisfaisante.

4. VALIDITE DES OBSERVATIONS ET DES RESULTATS

Le plan de ce paragraphe se calque sur le précédent. Il s'agit en effet d'apprécier l'incidence des difficultés rencontrées sur la valeur des observations et des résultats.

4.1. Le terrain

Bien que les travaux se soient essentiellement déroulés lors de la saison sèche, les herbes cachaient les affleurements et gênaient les positionnements précis.

Les affleurements, peu nombreux, sont toujours altérés mais de façon plus ou moins intense, ce qui complique les corrélations cartographiques.

Compte tenu des transformations dues aussi bien à l'autométamorphisme qu'au métamorphisme général de faciès schistes verts, la détermination de la nature originelle des mêmes roches était pratiquement impossible. Seule une description texturale, structurale, minérale pouvait être faite.

Dans de telles régions au relief mou où les éluvions atteignent localement la trentaine de mètres (D. RICHARD, 1978) et où les roches en place s'effritent ou s'écrasent sous le marteau, les mesures structurales sont délicates à réaliser, d'autant que d'une part les fauchages sont fréquents et que d'autre part la distinction entre schistosité, foliation, diaclasage est délicate à faire.

L'échelle métrique à laquelle nous avons travaillé rend imprécise et incertaine la localisation exacte des prélèvements géochimiques antérieurs qui ne pourront donc guère nous servir à montrer des variations du chimisme dans une coulée.

4.2. Le problème de l'altération des roches

Les plaques minces de talcschistes, serpentinites, "soapstones", sont trouées, déchirées ou trop épaisses même après plusieurs essais. Lors de l'adjonction de la résine chaude, la lame se gondole, provoquant lors du rodage l'abrasion des reliefs positifs qui laissent un trou.

La valeur à attribuer aux dosages géochimiques en roches s'interprétera "avec les réserves d'usage". Ainsi, selon E. M. CAMERON et al. (1971), l'attaque ménagée de J. LYNCH pour des R U M serpentinisées et altérées serait sujette à caution : "les métaux Co, Cu, Ni piégés dans les sites de substitution des silicates (olivine, pyroxène) ne sont-ils pas dissous lors de l'attaque ? Les changements causés par la serpentinitisation provoquent la réduction des sulfures et des métaux piégés dans les silicates primaires en alliage tel que l'awaruite (Ni₃Fe)".

Par contre les données géochimiques issues des attaques de routine (cf. compilations statistiques des travaux, Tableau 2), conformément au traitement statistique, sont parfaitement discriminantes à notre échelle d'observation.

4.3. La géochimie

Les dosages du magnésium par voie humide sont nettement plus précis que ceux obtenus par spectrométrie d'absorption. Un lot commun dosé par ces 2 méthodes montre nettement, sur le diagramme n° 32 une coupure vers MgO = 22 %. Une solution dépassant cette valeur sature le spectromètre. Pour pallier cet inconvénient, il faudrait soit étalonner l'appareil, soit diluer davantage.

4.4. La magnétométrie

Les cuirasses et les blocs latéritiques augmentent le bruit de fond, alors que l'épaisseur des éluvions le diminue.

5. STATISTIQUES DES TRAVAUX

(cf. ci-après)

5. STATISTIQUES DES TRAVAUX

L'inventaire statistique des travaux effectués lors du projet et du présent travail sont les suivants (pro parte in rapport annuel SODEMI, 1978) :

Layons parcourus,	172,50 km
Tranchée,	4 x 0,8 x 06 m
Profondeur cumulée des puits en éluvions,	9,8 m
Mesures magnétométriques,	9 250
Roches collectées,	313
Roches dosées pour les majeurs,	31
Roches dosées pour les traces,	157
Sols éluvionnaires et régolithe dosés pour les traces	36
Diffractogrammes de latérite,	2
Agrégats orientés (GRENOBLE),	9
Lames minces,	49
Microphotographies (GRENOBLE),	30

COMPILATIONS STATISTIQUES DES DOSAGES GEOCHIMIQUES

Rapports SODEMI 333, 334 (MADON, 1976 a et b), 448 (REGNOULT 1978).

Abréviations utilisées dans la présentation des références, inventaires et statistiques des résultats des dosages géochimiques (spectrométrie d'absorption atomique).

KA, KATANRHA	SY, SYEMPURGO
NA, NATORO	TY, TYASSO
PO, POUNDIALI	WE, WEMELHORO

- (n°) : numéro de la demande d'analyse au laboratoire SODEMI.
- A. M. : solubilisation par attaque ménagée : mélange d'acide ascorbique et d'eau oxygénée.
- A. T. : solubilisation par attaque totale : attaque triacide à froid.
- A. S. T. : solubilisation par attaque super-totale : attaque triacide + HCl à chaud.
- nbre. éch. : nombre d'échantillons
- max. : teneur maximale.
- min. : teneur minimale.
- n. d. : non dosé.

Tabl. 1 Références des demandes d'analyses et des rapports pour les roches dosées, et notées Lo... et R...

Rapports	334	448
KA	Lo 75/110 b à 145.	R. 16 à 77 (n° 5163).
NA	Lo 75/391 à 441.	R. 10 à 26 (n° 5093).
PO	Lo 75/371 à 398.	R. 18 à 36 (n° 5163).
SY	Lo 75/92 à 105. Série 5 SM (n° 3747).	R. 46 à 60 (n° 5163). R. 7, 47 (n° 5094). Tranchée R. 76 (1) à (4) et puits éluvionnaires n° 1, R. 2.00, n° 2 R. 3.00, n° 3 R. 4.00 (n° 5093 - 5094).
TY	Lo 75/56 à 72. Puits alluvionnaires de P. 1 à P. 5 (n° 3750), P. 10, P. 11 (n° 3749).	R. 78 à 141, S 1 (n° 5198).
WE	Lo 75/264 à 341, Lo 75/275 A et B, 276 A, 282 B, 284 C, 287 B, 288 D, 307 B. Puits éluvionnaires : P. 1, P. 2 (n° 3955).	R. 27 à 94 (n° 5163).

Tabl. 2 : Inventaire des dosages en sols résiduels superficiels (+), en sols de puits éluvionnaires (-), en roches altérées (.)

		Cu	Pb	Zn	Co	Ni	Cr	Mn	Si	Al	Fe	Mg	Hg	Mo	Nombre	
															échan-	total des
															tillons	dosages
Rapport 333																
A. T.																
KA	+					+	+								284	852
NA	+						+	+							915	2745
PO	+							+	+						670	2008
SY	+					+	+	+							337	1358
TY							+	+	+						208	624
WE								+	+					+	250	750
Totaux :															2664	7337
Rapport 334																
A. T.																
KA	+	+	+	+	+	+	+	+							1434	10038
NA	+	+	+	+	+	+	+	+							765	5355
PO	+	+	+	+	+	+	+	+							404	2828
SY	+	+	+	+	+	+	+	+						+	626	5008
TY	+	+	+	+	+	+	+	+							1317	9219
WE	+	+	+	+	+	+	+	+							1651	11557
Totaux :															6197	44005
A. T.																
KA							17	119
NA							8	56
PO							7	49
SY							7	49
TY							4	28
WE							41	287
Totaux :															84	588
Rapport 448																
AT et AST.																
SY	-	-	-	-	-	-	-	-							1	4
TY	-	-	-	-	-	-	-	-							8	57
WE	-	-	-	-	-	-	-	-							38	206
Totaux :															47	267
AM																
SY	-	-	-	-	-	-	-	-							35	140
TY	-	-	-	-	-	-	-	-							1	3
Totaux :															36	143
AT. et AST.																
KA							50	300
NA							9	54
PO							16	96
SY							20	117
TY							18	144
WE							46	276
Totaux :															159	987

12

STATISTIQUES DES RESULTATS GEOCHIMIQUES

RAPPORTS SODEMI 333 (1976, "stream sédiment" uniquement), 334 (1976), 448 (1973) et des demandes d'analyses de 1975 n° 3747, 3749, 3750, 3955 : nombre d'échantillons dosés, teneurs maximales et minimales.

Tabl. 3 : Stream sédiment (rapport 333).

	planche n°	nombre de mesures	nickel ppm*	chrome ppm*
KA	7066	28	270	590
NA	7070	60	200	500
PO	7071	65	200	660
SY	7063	38	160	560
TY	7065	65	130	460
WE	7069	72	150	690

* "moyennes arithmétiques approximatives", calculées dans les environs et sur les opérations : pour la rapidité des calculs les moyennes par défaut ne portent que sur les centaines ou les milliers.

Tabl. 4 : ROCHES, AT & AST (rapports 333 et 448)
**bedrock de tranchée et puits ; *quartz.

		ppm						%						
		Cu	Pb	Zn	Co	Ni	Cr	Mn	Si	Al	Fe	Mg		
KA	nbr. éch.	67	17	17	67	67	67	17			50	50		
	max.	169	20	220	152	3490	3420	1788	nd	nd	14.8	19.16		
	min.	5	10	71	3	10	24	677			0.6	*0.04		
NA	nbr. éch.	17	8	8	17	17	17	8			9	9		
	max.	93	28	132	143	1176	1827	1720	nd	nd	7.8	14.00		
	min.	11	16	68	37	59	67	966			5.0	5.04		
PO	nbr. éch.	23	7	7	23	23	23	7			16	16		
	max.	59	32	109	189	1809	3120	3480	nd	nd	13.2	17.52		
	min.	14	14	86	72	148	774	782			6.6	5.94		
SY (hors n° 3747)	nbr. éch.	19	7	7	19	19	19	20	13	13	13	13		
	max.	77	21	131	200	1600	2550	2150	21.7	7.5	10.6	16.20		
	min.	11	16	102	82	107	143	1000	16.5	3.6	9.1	4.31		
**	nbr. éch.	8	0	0	8	8	8	7	7	7	7	7		
	max.	89	0	0	200	1400	2000	2200	20.9	10.6	18.6	12.32		
	min.	11	0	0	100	300	400	1100	15.4	3.9	9.6	0.39		
TY	nbr. éch.	22	4	4	22	22	22	4			22	22		
	max.	73	15	108	110	1071	2300	1482	nd	nd	9.7	12.54		
	min.	31	8	76	62	100	158	1322			8.1	3.54		
WE	nbr. éch.	87	41	41	87	87	41	41			45	45		
	max.	343	30	515	190	4650	117200	4730	nd	nd	13.8	22.00		
	min.	4	6	70	5	99	38	765			*0.4	0.09		

13

Tabl. 6 : SOLS RESIDUELS SUPERFICIELS, A. T.
(Rapports 333, 334 et demandes d'analyses de 1975 n° 3747, 3749, 3750, 3955).

	Cu	Pb	Zn	Co	Ni	Cr	Mn	Hg	Mn
KA	1718	1434	1435	1434	1718	1718	1435		
nbr. éch.	288	69	182	750	2840	5540	21300	nd	nd
max.	13	4	12	11	16	43	150		
min.									
NA	1680	765	765	765	1680	1680	765		
nbr. éch.	173	83	203	710	2120	3770	12120	nd	nd
max.	9	6	15	22	9	39	215		
min.									
PO	1073	404	404	404	1073	1074	404		
nbr. éch.	132	81	221	1402	3820	10730	42580	nd	nd
max.	5	9	39	22	13	66	406		
min.									
SY	970	633	633	970	970	971	633		626
nbr. éch.	162	88	679	1087	2444	3420	17770	nd	12
max.	10	0	38	15	15	40	529		0
min.									
TY	1324	1324	1324	1532	1532	1532	1324	251	
nbr. éch.	147	58	180	972	1577	3160	17390	16	nd
max.	11	1	13	7	17	50	253	0	
min.									
WE	1689	1689	1689	1689	1940	1940	1690		250
nbr. éch.	364	111	289	1501	7370	13180	35480	nd	33
max.	12	3	36	8	26	22	350		1
min.									

Tabl. 5 : SOLS DE PUIITS ELUVIONNAIRES, (rapports 334, 448).

	Cu	Pb	Zn	Co	P p m	Ni	Cr	Mn	Hg	%cationique
										Fe
										Mg
A. T. et A. S. T.										
SY	1	nd	nd	1	1	1	1	nd	nd	nd
nbr. éch.	91			200	1100	2100				
teneurs										
TY	8	3	8	8	8	8	8	7	2	1
nbr. éch.	104	25	103	?	1028	3160	4500	0	8.1	3.2
max.	49	13	40	62	123	265	1560	0		
min.										
WE	38	38	38	38	38	38	38	38	nd	nd
nbr. éch.	364	84	121	359	3080	4580	2430			
max.	17	7	52	70	383	184	152			
min.										
A. M.										
SY	35	nd	nd	35	35	35	nd	nd	nd	35
nbr. éch.	1			55	112				1.3	
max.	0			0	10				0.0	
min.										
TY	1	nd	nd	1	1	1	nd	nd	nd	nd
nbr. éch.	0			3	8					
teneurs										

DEUXIEME PARTIE : GENERALITES

1. LA COTE D'IVOIRE

1.1. Le pays

Encadrée par les méridiens 3 et 8° W et les parallèles 4° 20' et 10° 50'N, la COTE D'IVOIRE, grande comme 0,7 fois la FRANCE, offre de part et d'autre du 8ème parallèle un important contraste entre :

- sa moitié sud, au climat équatorial à subéquatorial, (Pl. 1, Fig. a ABIDJAN) avec la mousson comme vent dominant. Les sols ferrallitiques fortement désaturés (Pl. 1 , Fig. c) favorisent la forêt, ainsi que les cultures vivrières d'igname, de manioc ;
- sa moitié nord, au climat tropical à soudano-sahélien , (Pl.1 , Fig. a FERKESSEDOUGOU) avec le régime d'harmattan. Les sols ferrallitiques peu saturés (Pl. 1 , Fig. c) permettent la pousse d'une savane arborée clairsemée et des cultures de base : riz, mil, sorgho, maïs.

Les marges montagneuses à l'Est et à l'Ouest (jusqu'à 1 750 m) rompent la monotonie des glacis et des plaines (Pl. 1 , Fig. b) dont l'altitude moyenne est de 200 m.

1.2. La géographie humaine

La COTE D'IVOIRE, indépendante depuis 1960, compte 7 300 000 ivoiriens de diverses ethnies (Pl. 1 , Fig. d), dirigés par le Président de la République Mr. FELIX HOUPHOUET BOIGNY.

La production ivoirienne est en plein développement avec un PNB le plus fort d'AFRIQUE de l'Ouest grâce à sa population laborieuse, à ses cadres, à son important réseau de pénétration, à ses matières premières telles que la forêt, "or vert", le café, "or brun", le cacao et aux touristes qui "débarquent" à ABIDJAN , à la fois capitale et port. Certains espoirs se font jour également quant aux possibilités pétrolifères off-shore de la côte sud-est.

2. LA GEOLOGIE

Au sein du continent africain ont pu être reconnus 5 cycles orogéniques successifs entre 3 300 et 450 Ma. Au sein du noyau cratonique occidental (Fig. 1), la COTE D'IVOIRE est à la fois au coeur de la "plateforme épi-éburnéenne" et à la partie sud du "socle épi-éburnéen" (TAGINI, 1971, p. 49).

Elle appartient plus particulièrement au "segment tectogénique ghanéo-ivoirien" de direction Ng 010 à 030, à l'exception peut-être du

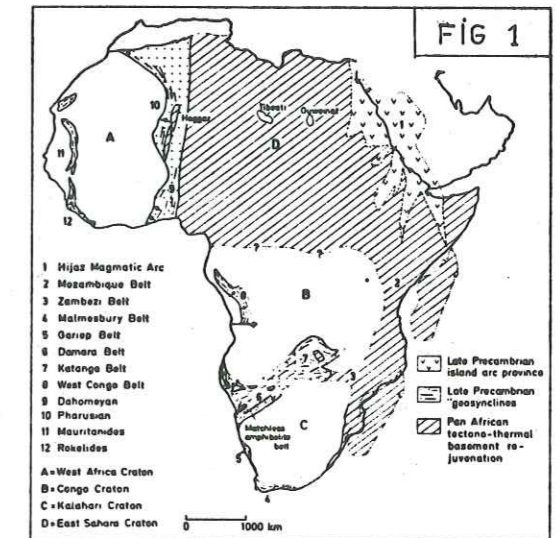


Fig. 1. Simplified tectonic map of Africa showing areas affected by the late Precambrian early Palaeozoic Pan African episode in relation to stable cratons (modified after KRÖNER, 1977a, 1978; Vail, 1976). Note extensive tectono-thermal overprinting of East Sahara Craton (D) in northeast Africa. Arabia rotated to close Red Sea. Madagascar in its two possible pre-Phanerozoic positions.

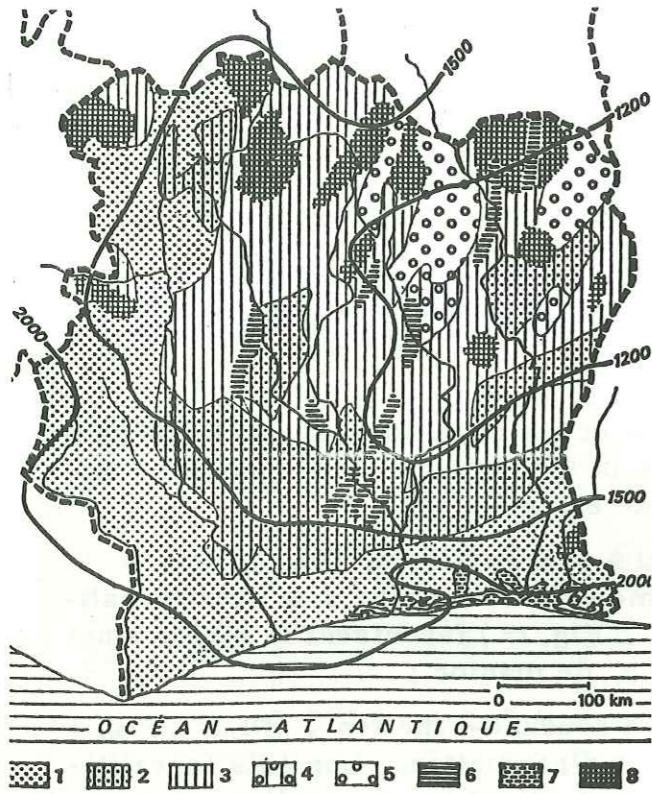


Fig. c — Croquis pédologique de la Côte d'Ivoire
 1. Sols ferrallitiques fortement désaturés. — 2. Sols ferrallitiques moyennement désaturés. — 3. Sols ferrallitiques indurés. — 4. Complexe sols ferrallitiques-sols ferrugineux tropicaux. — 5. Sols ferrugineux tropicaux. — 6. Sols bruns tropicaux. — 7. Sols hydromorphes. — 8. Principales zones à cuirassement. — Isohyètes de 1 200, 1 500 et 2 000 mm.
 (D'après A. FERRAUD et P. de LA SOUCHÈRE, carte ORSTOM édit.)

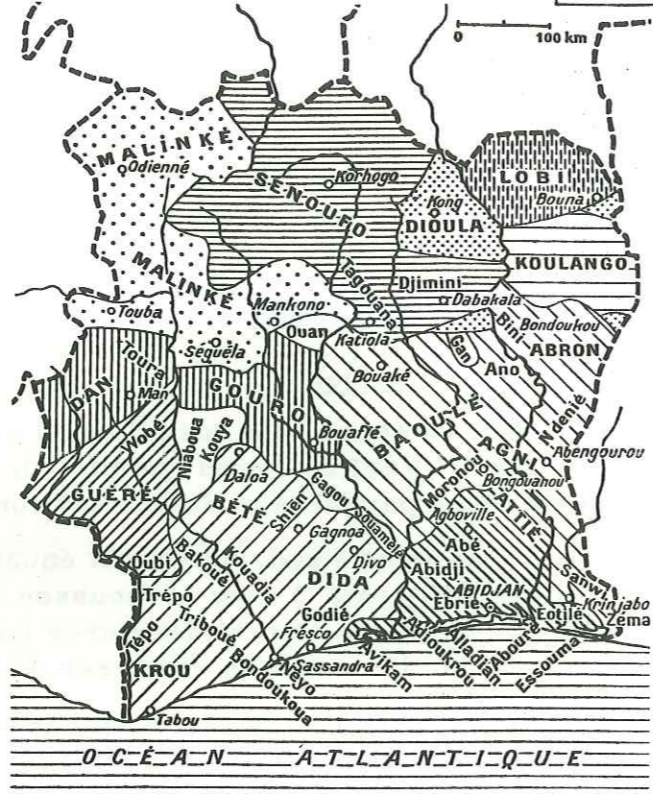


Fig. d — Carte ethnique de la Côte d'Ivoire
 1. Fonds sénoufo. — 2. Fonds koulango. — 3. Invasions mandé. — 4. Invasions lobi. — 5. Infiltrations dioula. — 6. Invasions malinké. — 7. Invasions guéré. — 8. Invasions krou. — 9. Groupes lagunaires ou kwa. — 10. Invasions agni-baoulé. — 11. Groupes mal définis.

coin supérieur N-W vers ODIENNE qui est un fragment du "segment guinéo-malien" orienté Ng 120 et du Nord du pays (où se situent les opérations) qui fait partie du "segment nigéro-voltaïque" (TAGINI, 1971, p. 44).

Les grands traits de la géologie ivoirienne, dégagés en particulier par TAGINI (1971) et TEMPIER (1972), peuvent être résumés ainsi (Fig. 3) :

- à l'Ouest du SASSANDRA et des MONTS TROU, le domaine de semi-plate-forme correspond à un ensemble antébirrimien composé de gneiss à pyroxène et amphibole, de norites, de charnockites et de migmatites. Il appartient au cycle libérien (2 700 Ma) mais a subi un rajeunissement au cours du cycle éburnéen au Birrimien (= Précambrien moyen, soit environ 1800 Ma.) ;
- à l'Est du SASSANDRA, la majorité du pays montre une alternance de sillons volcano-sédimentaires birrimiens appartenant au domaine géosynclinal et de granites syncinématiques NNE - SSW. Le métamorphisme affectant les terrains des sillons varie entre l'épizone et le sommet de la mésozone ;
- dans le Sud Ouest à la jonction de ces deux zones se trouve un domaine à caractère mixte, le domaine SASCA d'après PAPON, où affleurent à la fois des formations libériennes et des formations birrimiennes ;
- sur la côte sud-est la mer fait une timide apparition au Tertiaire.

Du point de vue structural, l'absence de charnières visibles dans les formations birrimiennes est due au plissement isoclinal d'un matériel relativement plastique lors de l'orogénèse éburnéenne. "Le socle épi-éburnéen est sillonné de fractures serrées" traduisant sûrement une tectonique cassante d'âge, sans doute, "tardi et post-orogénique et non franchement postérieur (épi-orogénique)" (TAGINI, 1972, p. 155 et 157).

Des dykes de dolérites et des kimberlites sont plus tardifs et datés du Permien.

Du point de vue tectono-métallogénique la COTE D'IVOIRE est un domaine non affecté par le "rajeunissement pan-africain", (CLIFFORD, 1966). Le sous-sol recèle un peu de diamant, d'or, de nickel latéritique, de manganèse, de fer et de pétrole.

3. SITUATION DES SECTEURS D'OPERATION.

La situation géographique des opérations est donnée sur les figures 2 (A, B).

3.1. Géographie

Les secteurs se situent près de KORHOGO, "capitale" de l'ethnie SENOULO essentiellement rurale (Pl. 1, Fig. d).

Des inselbergs granitiques s'élèvent au-dessus de la pénélaine et confèrent une morphologie originale au paysage de savane.

Les secteurs de BOUNDIALI sont situés dans le bassin versant du BANDAMA BLANC, versant NIGER, et celles de NIELLE dans celui de COMOE. Le réseau hydrographique dendritique est très peu dense et à sec en saison sèche en raison de l'infiltration des eaux dans les schistes.

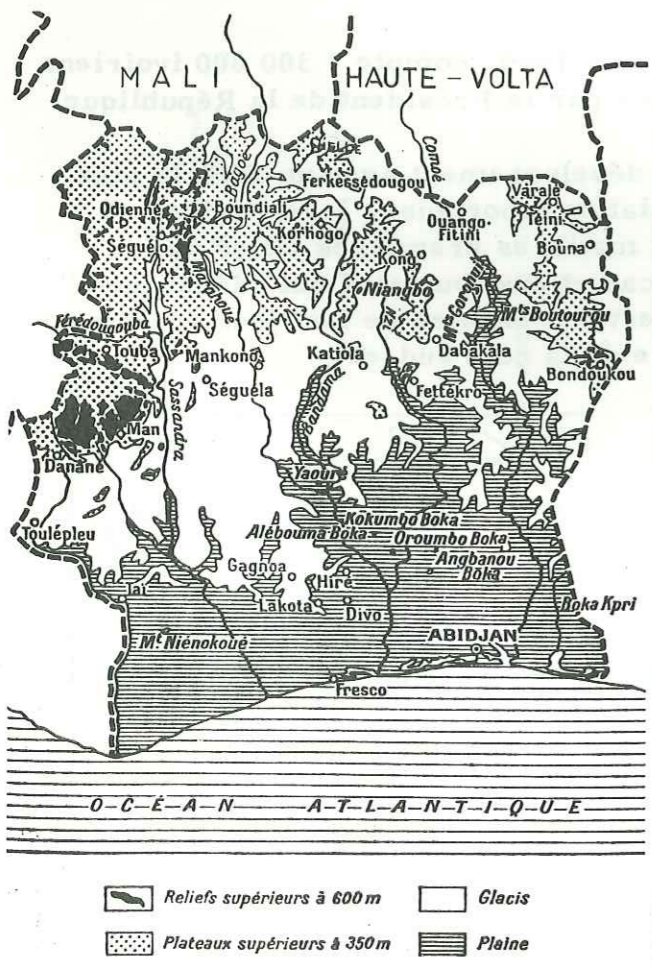


Fig. b — Les grands éléments du relief de Côte d'Ivoire

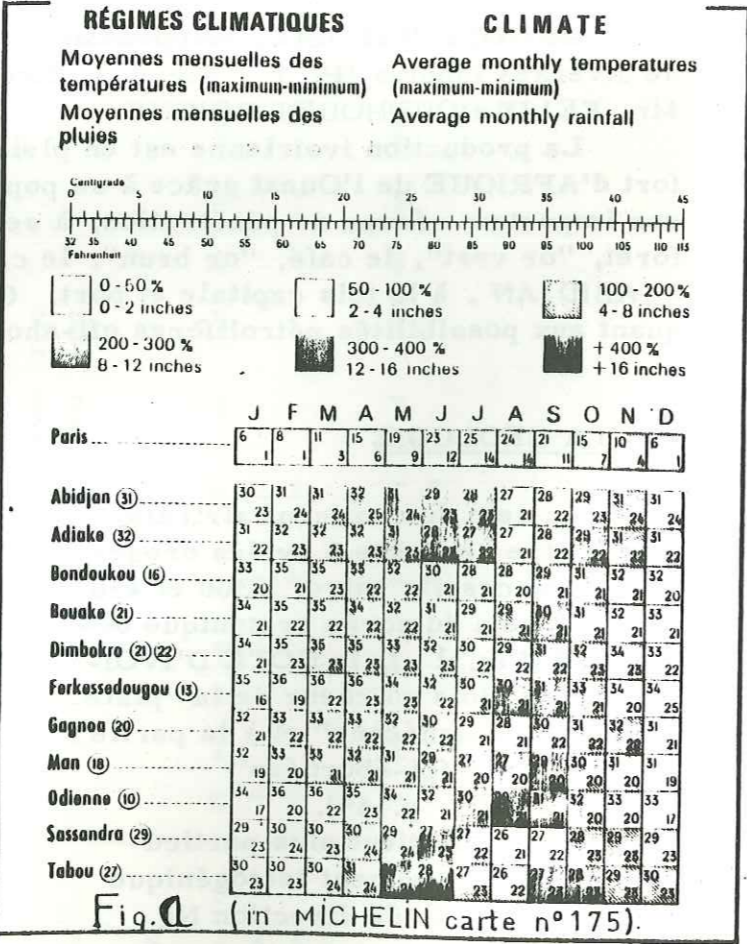


Fig. a (in MICHELIN carte n° 175).

Fig. b, c, d in P.U.F. (anonyme).

SITUATIONS GEOLOGIQUES DES TRAVAUX DE BOUNDIALI ET NIELLE
(d'après R. COUTURE (1968), M. ARNOULD (?), B. TAGINI (1972).

PRECAMBRIEN A



grès

PRECAMBRIEN B et C (Mégacycle éburnéen, 1500-2300 Ma).

Complexe granitoïde baoulé (tardi-et syncinématique) :



Y₁

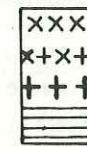
Granitoïdes à biotite homogènes et hétérogènes (1830-2000 Ma)

Y₂

Granitoïdes subcalins à 2 micas (1850-2010 Ma)

Complexe plutonique abronien :

granitoïdes discordants post-et tardicinématiques (1850-2025 Ma) :



Y_a

granites à amphibole.

Y_b

granites akéritiques.

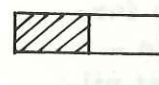
Y_{bP}

granites à biotite porphyroïdes.

Y_v

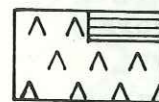
granodiorites.

Birimien (Précambrien moyen)



S, Mn

métasédiments : micaschistes, schistes indifférenciés, couches à manganèse quartzites



V, Vm, a, S, α, δ, θ

métavulcanites non quartziques : indifférenciées, à passées pegmatitiques, amphiboles, schistes amphiboliques à actinote, andésites, dolérites, gabbros.



τ

tufs associés



δ

Dolérite de 2200 Ma

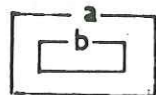
MINERALOGIE

(d'après R. COUTURE (1968), H. MADON (1976), D. RICHARD (1978).

Au, or ; Ag, argent ; Ba, barytine ; C, graphite ; Cr, chrome ; CT, columbo-tantalite ; Cu, cuivre ; Hg, mercure ; Mo, molybdénite ; Mz, monazite ; Py, pyrite ; Si, sidérose ; Sn, étain ; To, tourmaline.

GEOCHIMIE - Compte tenu de l'échelle la géochimie en "stream sediment" n'a pas été reportée. Voir H. MADON, 1973 à 1975.

SITUATION DES TRAVAUX



a - anciens travaux (H. MADON, 1976)

b - H. MADON et présent travail.

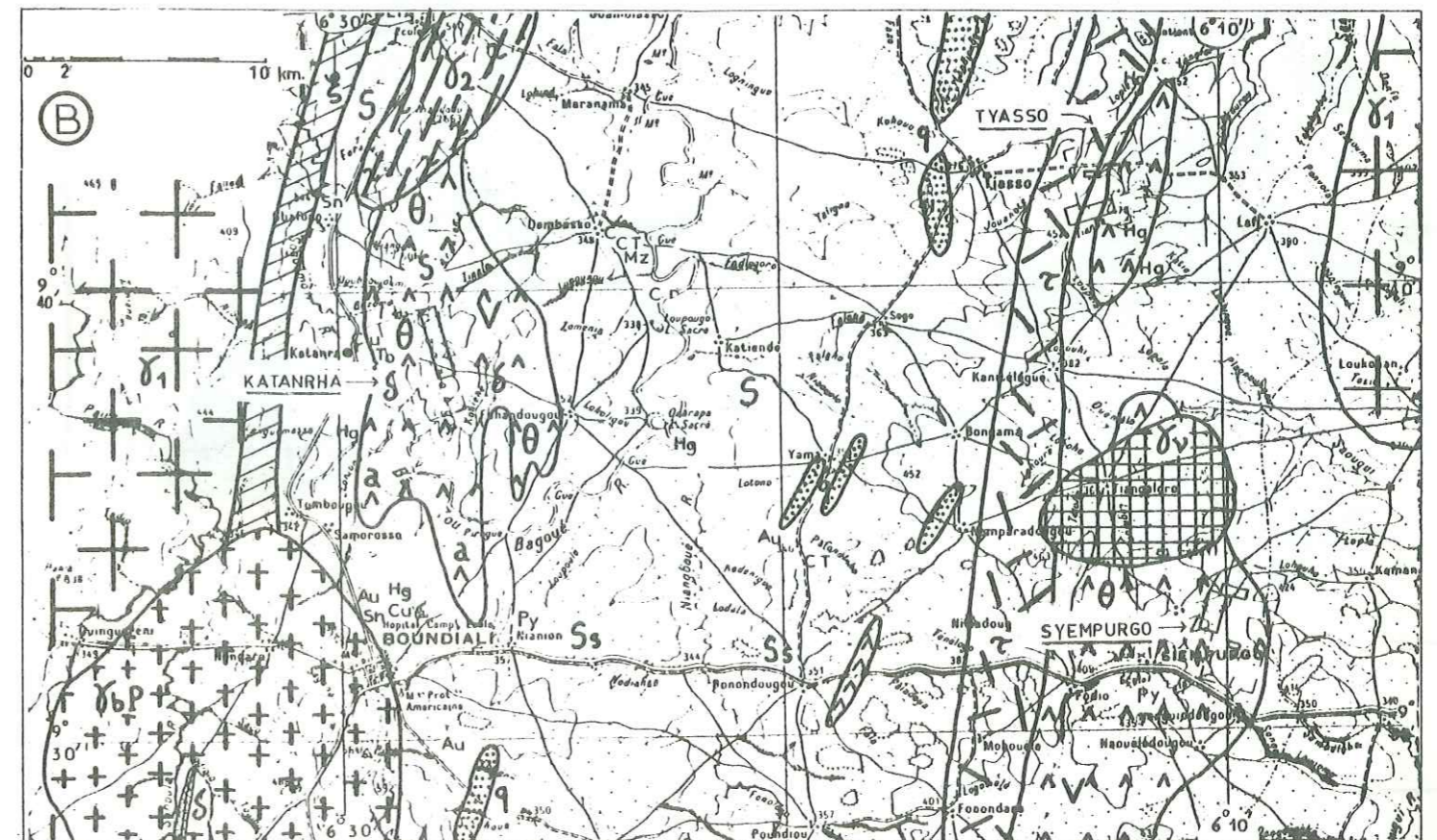
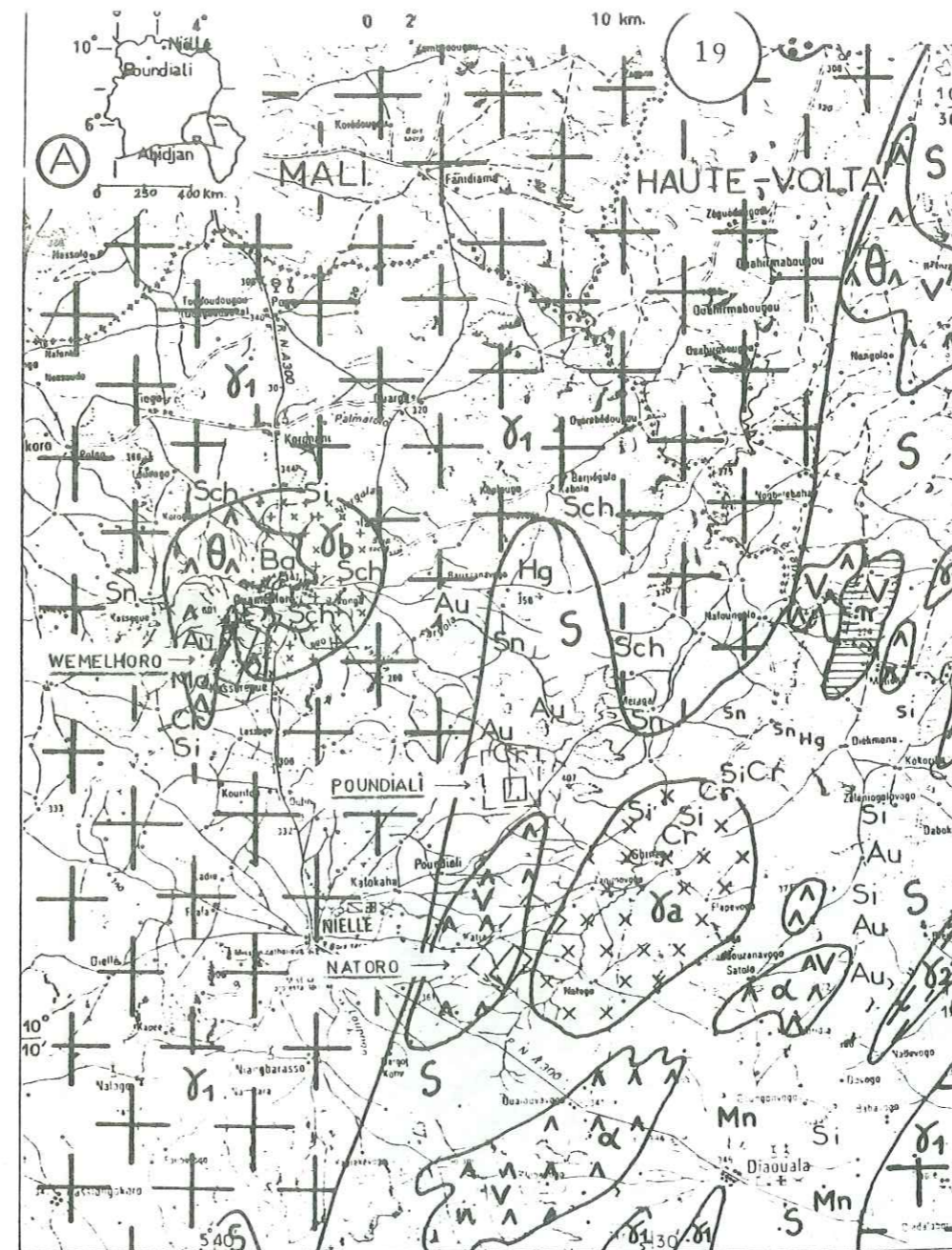


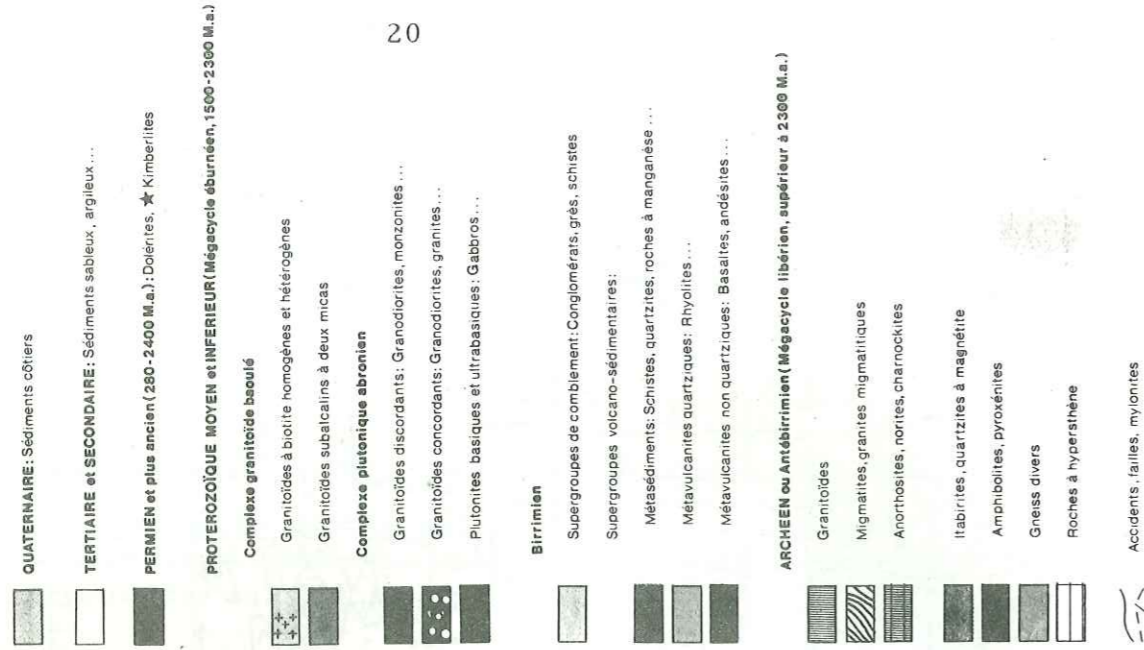
FIG. 2

SITUATION GEOGRAPHIQUE ET GEOLOGIQUE. TRAVAUX ANTERIEURS.

secteurs de :

- NIELLE
 - (A) NATORO
 - POUNDIALI
 - WEMELHORO
- BOUNDIALI
 - (B) KATANRHA
 - SYEMPURGO
 - TYASSO

Réalisée à la SODEMI en 1972
G. BERTHOUMIEUX, Directeur Général
Rédaction et interprétation
B. TAGINI, Directeur des Recherches
Travaux graphiques et impression
M. GOBERT, Cartographe
Publication de R. CASANOVA
Faculté des Sciences de l'Université d'Abidjan



Le climat soudano-sahélien favorise la formation soit de sols ferrallitiques moyennement à faiblement saturés sur les schistes de FERKESSEDOUGOU, région voisine des nôtres (Fig. 4), soit de cuirasses latéritiques.

L'altitude moyenne des secteurs de BOUNDIALI (450 m) est légèrement supérieure à celle de NIELLE (350 m). Leurs longitudes (W) et leurs latitudes (N) sont (Fig. 2) :

- KATANRHA	6° 27' 40"	- 9° 38' 40"	coordonnées centrales ;
- TYASSO	6° 13' 00"	- 9° 41' 50"	id. ;
- SYEMPURGO	6° 10' 08"	- 9° 31' 44"	coordonnées de la borne 4 ;
- WEMELHORO	5° 39' 00"	- 10° 18' 30"	coordonnées centrales ;
- POUNDIALI	5° 33' 00"	- 10° 15' 10"	id. ;
- NATORO	5° 33' 00"	- 10° 11' 30"	id. .

3.2. Géologie

Les distinctions structurales utilisées sont celles de la classification de TAGINI (1971) bien qu'elles aient "un caractère plus théorique que fondé sur la réalité des phénomènes observés" (BESSELES, 1977, p. 315).

Les secteurs sont localisées dans les formations birrimiennes des "segments tectogéniques nigéro-voltaïque" d'orientation d'ensemble Ng 045 (NA., PO., WE.) et "guinéo-malien", Ng 120 (KA., SY., TY.).

Les branches ouest et est du "V birrimien schisteux" de YACE (Fig. 3) correspondent respectivement aux "intragéosynclinaux de la BAGOE et de DIAOUALA".

Dans son "esquisse structurale de la COTE D'IVOIRE" de 1971, cet auteur énumère les 4 types d'ultrabasites rencontrés en COTE D'IVOIRE : UB du volcanisme initial birrimien, UB abroniennes zonées, UB alcalines à affinité kimberlitique, UB libériennes.

Les U. B. présentement étudiées peuvent se rapprocher des 2 premiers types, mais pas des 2 derniers :

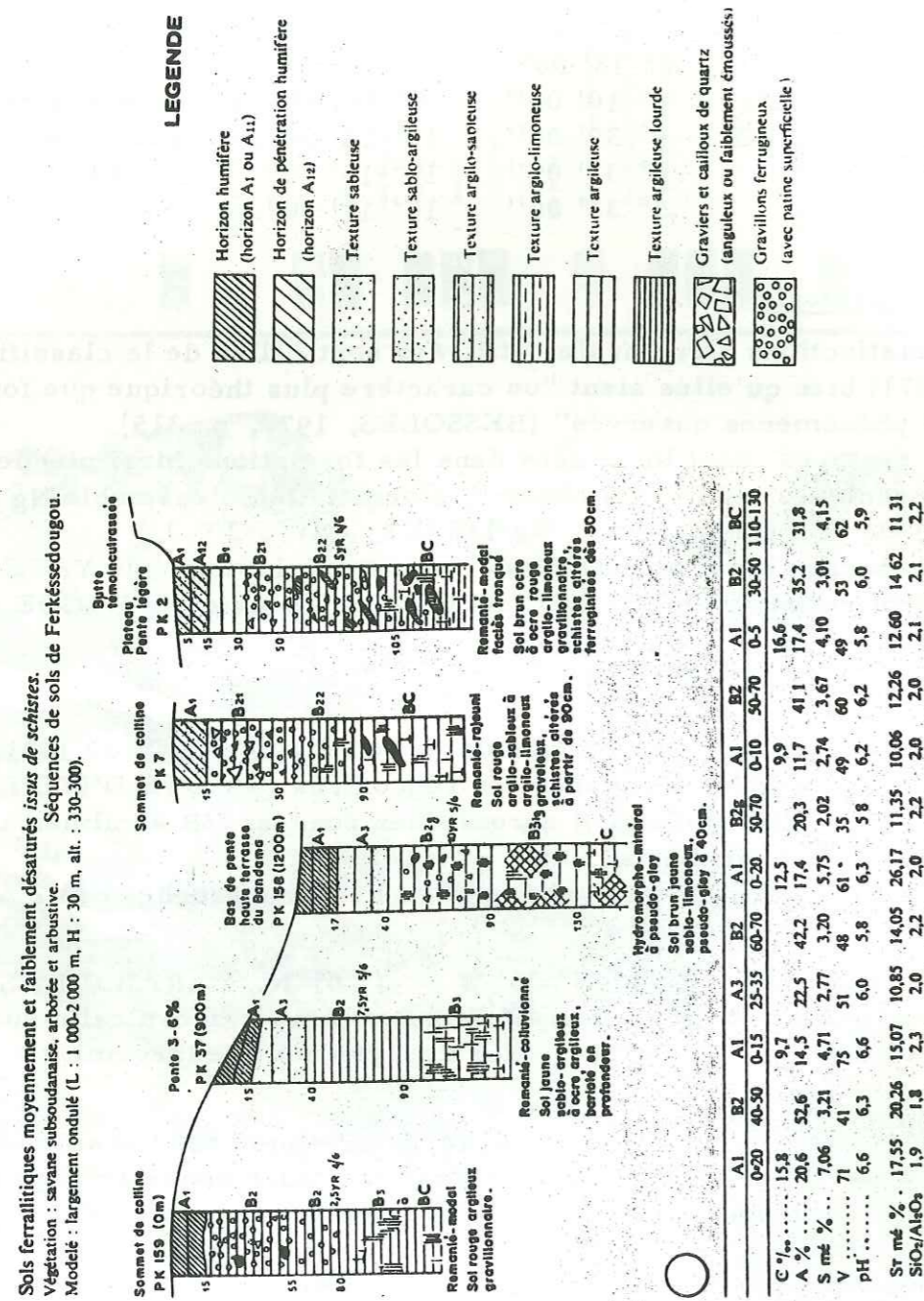
- le premier type (KAMI 5° 36' W - 7° 01' N, MARABADIASSA 5° 25' W - 8° 05' N) est stratofide ; il appartient à un complexe calco-alcalin sodique et magnésien où l'association spilite - kératophyre domine largement ;

- le deuxième type, dont le plus caractéristique est l'essaim de TIASSALE (4° 49' W - 5° 54' N) dans le Sud Est, est "zoné concentriquement" (DORTHE, 1969, in TAGINI, 1971, p. 81) ou en "complexe stratifié concentriquement à la verticale (...) intrusif à l'emporte-pièce dans les métamorphites encaissantes, mais jamais sous forme d'épanchements" ; il s'agit de stocks kilométriques intrusifs antécinématiques dont la mise en place selon D. KNOPF (1965 b) s'effectue entre celles des UB et des granitoïdes abroniens (1ère phase éburnéenne de plissement).

Après avoir brossé le cadre géologique régional, il convient de détailler un peu plus la géologie des secteurs de BOUNDIALI puis de NIELLE.

Signalons que sur les 31 analyses chimiques, 60 % des roches ont moins de 30 % de minéraux felsiques (70 % sans tenir compte de celles de TYASSO) et méritent donc le qualificatif de R. U. M.

Figure 4 : Graphique de la séquence des sols dans le Nord de la COTE D'IVOIRE
(O. R. S. T. O. M., 1974)



3.2.1. Secteurs de BOUNDIALI

KATANRHA (KA.) est à 8 km à l'Est de la limite rectiligne formée par "l'intragéosynclinal de la BAGOE et le massif intermédiaire de MADINANI" et jalonnée par l'alignement doléritique (2 220 Ma) de BOUNDIALI. KA. est à l'extrémité sud d'une lame de "granites" syncinématiques dans un contexte de volcanites neutres à intermédiaires dont les produits dominent les 2 plateaux latéritiques cuirassés bordant le secteur vers l'Est. L'épaisseur de la cuirasse atteint 1 à 2 m. Les 2 % d'affleurements sont faits d'amphibolites plus ou moins schistosées et talqueuses, de serpentinites, de talcschistes et de chloritoschistes dérivant d'un ensemble U.M. stratifié. Les filons de tourmaline sont abondants dans la moitié sud et les habituels blocs de quartz laiteux ou saccharofé parsèment le pédiment.

SYEMPURGO (SY.). Ce secteur déborde un peu au N-E sur les schistes birrimiens et s'étend sur une langue gabbroïque recoupée à son extrémité nord par un batholite granodioritique de taille kilométrique, d'âge abronien vraisemblable.

Dans sa partie centrale, un chapelet de mamelons de talcschistes de couleur chamois s'étire selon Ng 020 au sein de mélagabbros et d'orthoamphibolites verdâtres à chlorite et amphibole. Ces amphibolites, schistosées, ont une granulométrie variable, mais identique pour chaque faciès et leur structure est, soit à agrégats de minéraux ferromagnésiens en relief, soit aphanitique.

Sur la colline N-E les faciès gabbroïques sont plus sains et passent en continuité à des granodiorites ou des diorites quartziques.

Dans la zone 2 (S-E) on retrouve les mêmes faciès avec des gabbros porphyroïdes à éclat métallique (diaggite ?) qui ressemblent à ceux de WE.

Au S-W des pierres volantes granitoïdes laissent subodorer un petit stockwerk en profondeur.

A l'Ouest, les affleurements sont plus rares. Les amphiboloschistes, les schistes leptynitiques, un banc disloqué de phanite graphiteuse ou de vitrophyre, des galets de cherts trahissent la présence des schistes birrimiens presque toujours subaffleureants.

Minéralisation : des filonnets d'asbeste (à confirmer) ont été découverts dans le puits éluvionnaire P.2 foncé dans des orthoamphibolites.

TYASSO (TY.). Une lanière de schistes indifférenciés, large de 0,5 à 1 km sépare le secteur en deux : à l'Ouest on a des tufs basiques et à l'Est des volcanites neutres à intermédiaires, indifférenciées sur la carte de R. COUTURE (1968).

Le terrain se divise en une grande zone au Sud et une petite au Nord qui possèdent les mêmes faciès.

A l'Est de la grande zone, un plateau latéritique cuirassé (1 à 2 m en moyenne) domine d'une vingtaine de mètres une pénélaine légèrement mamelonnée. De l'Est vers l'Ouest affleurent des R. U. B. et surtout des R. B. et des produits de déjection du volcanisme associé.

Le chimisme relativement "acide" de ces 2 ensembles préserve de l'altération les affleurements qui sont par ordre d'importance :

- des schistes verts ou des tufs andésito-dacitiques, des dacites, des brèches volcaniques ;
- des orthoamphibolites plus ou moins schistosées, des dolérites, des basites ;
- des péridotites et pyroxénolites plus ou moins schisteuses.

On observe de nombreuses traces de fracturation, mais il n'est pas toujours aisé de faire la part de ce qui revient à la bréchification syn-volcanique et à la fracturation postérieure.

Malgré la mauvaise qualité des affleurements, un axe de pli isoclinal métrique (Ng 160 ?) a été mesuré dans un niveau orthoamphibolique sur la colline au pied de la cuirasse.

Parmi nos secteurs, TY. est le plus minéralisé en sulfures :

- mouches de pyrite et de chalcopyrite dans les brèches volcaniques et les dacites ;
- nombreux grains de cinabre dans les brèches (H. MADON, 1976 b).

3.2.2. Secteurs de NIELLE

WEMELHORO (WE.) appartient à un îlot d'une cinquantaine de kilomètres carrés composé, à l'Ouest, de plutonites basiques et, à l'Est, d'un batholite de granite akéritique ; l'ensemble appartient au complexe abronien du "stade orogénique moyen" noyé dans le massif de NIELLE (B. TAGINI, 1971, fig. 25) à composition granitoïde hétérogène à biotite.

Le point culminant de cet îlot (601 m) domine les deux collines ovoïdes d'U. B., Ng 025°, d'environ 400 m d'altitude, situées au coeur de la zone étudiée ; des ortho-amphibolites et des schistes verts s'y accolent respectivement à l'Ouest et à l'Est.

Les schistes verts comprennent des schistes amphiboliques noirs, finement lités, à débit en plaquettes ferrugineuses, et interstratifiés avec des bancs décimétriques plus massifs. En moindre quantité se rencontrent aussi des tufs, des cinérites, des dacites, des trachytes.

Les ortho-amphibolites dérivent de gabbros, isogranulaires et sains. Elles enclavent des passées métriques de schistes verts (WE 30 et 34).

Quoique la succession décrite ci-dessous soit invisible en continu sur le terrain on peut reconstituer l'ordre suivant, du bas vers le haut, des niveaux U. B. dérivant essentiellement de pyroxénolites à péridot d'après les lames minces :

- des U. B. litées, marron chocolat, forment des bancs d'une centaine de mètres de long et d'une dizaine de mètres de puissance apparente. Chaque lit centimétrique est constitué par des entités polygonales de lamelles de talc et d'amphiboles disposées plus ou moins perpendiculairement aux épontes et séparées des voisines par un joint phylliteux millimétrique. Ce faciès est également bien visible dans les petites buttes dispersées au Nord du secteur ;
- des talcschistes ont une cassure éfilochée, une patine chamois ainsi qu'une orientation hétérogène ;
- certaines U. B. montrent encore des textures de cumulats équants d'ex-pyroxènes, actuellement des amphiboles, qui atteignent parfois 1 cm et

dont l'éclat est submétallique en cassure.

Les textures varient sur quelques mètres voire sur quelques centimètres : schisteuses à équantes, granulométrie grossière à fine, cataclase plus ou moins développée.

Quelques diorites (s. lat.) affleurent en éboulis conformément aux structures de colline sud d'U. B.

À l'Ouest et au Sud-Ouest s'observent de rares petits pointements granitiques.

Minéralisations

MADON (1976 b) avait déjà signalé des lentilles décamétriques de chromite plus ou moins allongées suivant la structure U. B. sud. Au Nord, en dehors du secteur, il décrit dans son rapport SODEMI n° 384 un petit stockwerk de barytine encaissé dans un granite à proximité d'amphibolites.

La (titano) magnétite est abondante, par place, dans les U. B.

Des traces de pyrite se rencontrent dans les amphiboloschistes de l'ensemble volcano-sédimentaire, dans les diorites et les ortho-amphibolites gabbroïques.

POUNDIALI (PO.) est implanté au coeur des schistes indifférenciés, 2 km à l'Est de la limite entre volcano-sédimentaire et granite baoulé du "massif intermédiaire" de NIELLE.

La pénélaine n'est rompue que par un mamelon, haut d'une quinzaine de mètres, de péridotites, pyroxénolites, talcschistes d'U. B.

Comme à WE., ces U. B. autométamorphisées ont des textures variables : équantes, orientées, à fantômes de gros cristaux jointifs ou aphanitiques, bulleuses ou compactes.

L'encaissant birrimien est banal : ortho-amphiboloschistes et au S-SE, près du contact avec les U. B., quelques blocs dacitiques.

Les fréquents changements directionnels des formations, sur le terrain ou sur la carte magnétique (Fig. 51 a et b) témoignent de structures complexes :

- plis isoclinaux dans les ortho-amphiboloschistes au N-NW ?
- discordance des U. B. par rapport à l'encaissant ?

Minéralisations

Le passage de l'aimant à main montre une grande hétérogénéité de la teneur en magnétite des U. B.

Les teneurs en chrome du sol atteignent 1 % (MADON, 1976 b) à proximité des U. B. bien qu'à l'inverse de WE. aucune lentille de chromite n'ait été vue.

NATORO (NA.) Une bande volcano-sédimentaire birrimienne se pince entre des roches vertes andésitiques ou leptynitiques à l'Ouest et un batholite de granite à amphibole abronien.

L'aspect d'ensemble du terrain est assez "bousculé", cataclaté, bréchi-fié. On y rencontre :

- des roches volcano-sédimentaires : quartzites jaspofdes, tufs (téphra) à granoclassement centimétrique et xénolites centimétriques à décimétriques, schistes à manganèse, schistes vert - clair à amphibole ou à amphibole-chlorite, schistes "mylonitisés" ;
 - quatre variété de basites :
 - ° andésite gris-vert à structure aphanitique ou microgrenue avec des porphyroblastes d'amphiboles ;
 - ° ortho-amphibolite léopard (ou truitée) qui se charge parfois d'orbicules et pourrait être assimilée à une dolérite ;
 - ° ortho-amphibolite à toucher rugueux, de couleur lie de vin en patine et vert sombre en cassure ; la texture est fluidale. L'aspect bréchoïde est du aux xénolites (jusqu'à 20 cm) mésocrates, orientés, qui réagissent avec la mésostase gabbroïque en formant des halos concentriques. Par endroit (layon 900 x 50) un léger graded-bedding orienterait vers le Sud le toit de la série qui serait renversée. Il y a des fentes de retrait, des diaclases ouvertes, et de rares veinules avec des sulfures ;
 - ° des "bancs" disloqués, lézardés, à débit en rognons de 2 à 0,5 cm ou de 10 à 7 cm qui rappellent ceux de PO.
- Il faut noter aussi la présence de péridotites, associées au faciès ci-dessus, verdâtres, et très fissurées en tout sens. Quelques pierres volantes de granite à biotite ont été signalées sur le 1 : 10 000 de MADON (1976 b) vers le S. E.

CHAPITRE II

PREMIERE PARTIE : LES OBSERVATIONS

=====

1. GEOLOGIE

Nous venons de constater (géologie, p. 17.) que les régions étudiées se caractérisent par des "sillons volcanisés, des fosses de flysch, des intrusions granitiques syn et post-tectoniques".

Comme nous allons le démontrer dans les chapitres suivants, les opérations se rangent dans 2 catégories :

- WE., PO., NA., KA. avec des coulées komatiitiques apparemment concordantes avec l'encaissant volcano-sédimentaire ; il doit également y avoir des sills komatiitiques ;
- TY. avec des coulées tholéitiques calco-alcalines au sein du volcano-sédimentaire à caractère plutôt explosif. Quelques "sills" picritiques affleurent aussi.

Pour l'instant nous manquons d'argument décisif pour classer SY. ; dans l'état actuel nous opterions plutôt pour la première catégorie.

Les faciès pétrographiques de ces catégories sont variés : leur structure est souvent grenue mais également aphanitique. Les termes les plus représentatifs sont des amphibolites plus ou moins riches en serpentine, talc, qui dérivent de péridotites, pyroxénolites et (méla) gabbros dont la structure originelle est souvent conservée malgré l'autométamorphisme et/ou le métamorphisme postérieur, rarement de faciès amphibolite.

Bien que les suites komatiitiques forment un tout difficilement dissociable, on ne traitera ici que des komatiites birrimiennes. En effet le volcanisme ébur-néen "classique" à tendance tholéitique a été abordé par YACE (1976).

Trois types de komatiites ont été reconnus grâce à des critères tant de terrain que pétrologiques et géochimiques : des komatiites péridotitiques, pyroxénitiques et basaltiques. Chaque critère a fait l'objet d'un chapitre qui présente globalement les opérations.

2. LES CRITERES DE TERRAIN

2.1. Généralités

Les komatiites se placent dans un encaissant faiblement métamorphisé et tectonisé. Leur altération météorique conduit à la formation d'un sol très argileux (Fig. 4 , type PK 2) de couleur brun-rouge ou rouge, caractéristique des ocres.

Les affleurements d'U. M. sont ellipsoïdes à stratiformes avec le grand axe égal à 3 fois le petit axe. Les dimensions d'une unité sont de 1 000 x 400 m à WE. et 800 x 250 à PO.

2.2. Arguments en faveur de la nature effusive des komatiites

L'origine in situ des coulées, s'appuie d'une part sur la convergence des critères de déformation, d'altération, de métamorphisme régional d'intensité de schistes-verts avec l'encaissant. D'autre part il ne semble pas y avoir de zone broyée ou talqueuse symptomatique d'une mise en place tectonique (MAJIDI, 1978, p. 130).

L'argilisation systématique des U. M. est sans doute due en partie à l'altération supergène hydrothermale postérieure, mais c'est le contact de la lave avec l'eau qui a provoqué "l'hydratation des verres à haute température, favorisant ainsi leur argilisation ultérieure" (BONATTI, 1956, in CAILLAT et al. 1978).

L'étude du comportement géochimique différentiel de Al, Na et K dans le

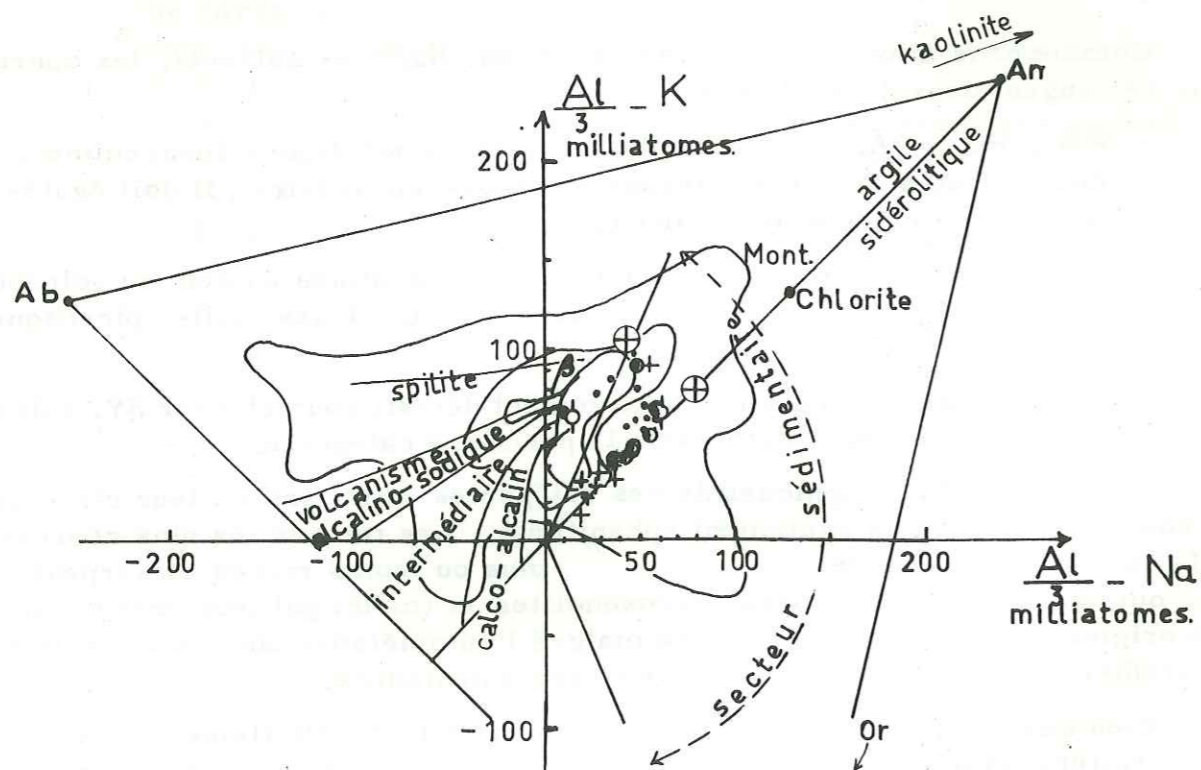


Fig. 5 : Diagramme H. de LA ROCHE (1968) pour l'étude du comportement géochimique différentiel de Al, Na et K. Les courbes représentent l'enveloppe des nuages de densité des orthométamorphites de YACE (1976).

diagramme H. de LA ROCHE (1968) (Fig. 5) confirme l'altération des roches des opérations qui se placent à proximité de la zone des basaltes ; les points s'alignent sur le trend des argiles sidérolitiques - kaolinite avec un attrait pour le pôle chlorite et la zone montmorillonite. Il est donc normal que ces formations magmatiques, qui s'altèrent, se placent dans le secteur sédimentaire.

L'incurvation vers les ordonnées vient de ce que dans le cycle géochimique superficiel le sodium est dissout et emporté dans les eaux de ruissellement ; par contre le potassium reste lié aux phyllites communes (de LA ROCHE, 1968).

WEMELHORO - Le contact entre une lentille concave de komatiite péridotitique (affleurement de l'échantillon WE. 59) à microspinfex orientés au hasard et l'encaissant d'amphiboloschistes se fait par l'intermédiaire d'une bande, au plus métrique, de chloritoschistes plissotés, altérés, dont la foliation épouse la concavité tournée vers l'Est. Le contact supérieur est invisible, mais comme à PO. il semble rectiligne et concordant. Cette lentille a une longueur d'environ 13 m et une puissance de 5 m.

Une autre lentille (affleurement WE. 44) péridotitique à concavité est, de 250 m sur 50 ou 25 m, offre un "litage magmatique" entrecroisé, incliné vers l'Est : des lits d'une puissance de 2 à 3 cm de microspinfex sont séparés par des "joints" phylliteux millimétriques.

Cette texture spinifex est également visible dans les blocs métriques du chapelet de buttes du coin nord du secteur.

La concavité est orientée vers le toit des coulées, conformément aux spinifex, aux schlierens et au contact observé avec l'encaissant.

Au point L 750 x 400 affleure, dans la berge d'un marigot, une péridotite bréchoïde à débit pseudo-polygonal ("polyhedral jointing" de N. T. ARNDT et al. 1977, photo 2 A et de L. IMREH, 1978, photo 2). Des virgations de foliation ont été suivies vers les affleurements WE. 24 et WE. Lo 75/268 qui représenteraient des "lava-toes" ou des textures orbiculaires typiques d'un rapide refroidissement.

La concavité de la base, la rectitude relative du sommet et les textures de trempe, suggèrent que les U. M. de WE. se sont épanchées en concordance avec une paléosurface sous-marine.

Toutefois citons NALDRETT (1973) pour qui la présence de texture spinifex n'est pas une preuve d'extrusion, mais est le corollaire du refroidissement rapide d'un liquide riche en olivine ; cet environnement peut donc être un niveau supracrustal froid, pas nécessairement en surface.

POUNDIALI - En l'absence d'affleurements "parlants", l'interprétation de la carte magnétique (Fig. 68 a) laisse entrevoir des mégapillows

de komatiite péridotitique, légèrement discordants sur l'encaissant. Le toit de cet empilement serait un niveau hyaloclastique à aspect de talcschiste noduleux, qui se suit de façon discontinue à l'Ouest de la "lentille U. M."

Des mélagabbros brun-chocolat, à débit en rognons, représentent une ancienne coulée picritique à coussins.

KATANRHA - Aucune trace de pillow ni de microspinfex (sauf en lame mince) n'a été observée mais l'auréole géochimique Cr - Ni en sol (MADON, 1976 b) et les faciès pétrographiques analogues à ceux de WE. et PO. font supposer qu'il s'agit d'une coulée plutôt que d'un sill.

3. DESCRIPTIONS DES PRINCIPAUX TYPES DE COULEES

L'analogie avec les clichés de VILJOEN et VILJOEN (1969) et surtout avec l'excellent album photographique de coulées méta-ultramafiques sous-marines d'IMREH (1978) permet de reconnaître les variétés ci-après : coulées massives (KA., WE.), à deux zones (WE., PO.), en mégacoussins (PO., NA.), à coussins métapicrocritiques (PO.), à coussins craquelés (NA.).

3.1. Les coulées massives

L'exemple type serait la colline nord de WE. qui n'est qu'un amoncellement assez homogène de blocs décimétriques à métriques dont la surface d'altération est de couleur chamois typique (IMREH, 1978, photo 2). La structure de ces blocs très altérés et tendres est nématoblastique à schistosité fruste ; certains sont à ex-structure cumulative dont les cristaux atteignent 2 mm.

Le débit en boules serait dû à la texture pseudo-polygonale irrégulière mais, au premier abord, les affleurements n'ont pas révélé une décroissance de la taille des polygones du toit vers le mur comme l'a constaté HENRY (1974) dans ce type de coulées.

Comme l'ont indiqué ARNDT et al. (1977, Fig. 7 c), ces komatiites péridotitiques sont dépourvues de texture spinifex.

Dans la berge du marigot, l'affleurement L 1 700 x 400 ressemble au toit péridotitique bréchoïde à joints polyédriques décrit par ARNDT et al. dans ce type de coulée, ou bien à la structure pseudo-polygonale irrégulière de la photo 2 d'IMREH (1978) : des blocs arrondis et au débit en pelure d'oignon sont enchâssés pêle-mêle dans un "ciment" (une matrice) en relief négatif. Le jeu des blocs les uns par rapport aux autres confère un aspect bréchoïde, disloqué à l'affleurement (Fig. 6).

Les traces cumulées Cr - Ni (hormis les zones minéralisées en chromite de WE.) et Mn comptent parmi les plus fortes teneurs (échantillons WE. Lo 75/341 et 339). La magnétite d'exsudation est abondante.

Les coulées massives représentent les termes les plus riches en magnésie ; toucher savonneux, beaucoup de talc (au moins 20 %) en lame mince (l. m. 35176) et elles limitent la base des séquences locales selon IMREH (1978, p. 28).

3.2. Les coulées à deux zones avec une zone à spinifex bien développée

IMREH (1978), à la suite de PYKE et al. (1973), les décrit comme constituées d'une unité inférieure massive cristallisée en premier et surmontée d'une unité à spinifex, symptomatique d'une trempe. Leurs épaisseurs relatives sont sensiblement égales.

S'il n'existe pas de coupe continue par contre les blocs ou affleurements épars montrent presque tous les faciès de ce type de coulées, avec des complications locales, telles que des combinaisons de faciès qui sont dues aux pulsations du volcanisme.

COULEES KOMATIITIQUES

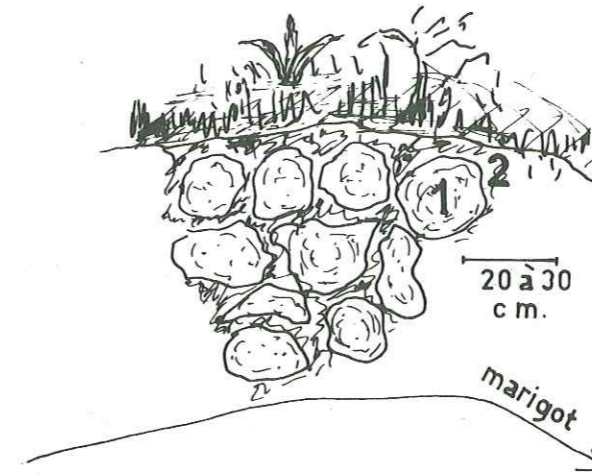


Fig. 6

Komatiite péridotitique à joints polyédriques au toit (?) d'une coulée sans spinifex (WE. layon 750 x 400).

1. Blocs arrondis au débit en pelure d'oignon.
2. Matrice en relief négatif.



Fig. 7

Intercalation phylliteuse parallèle à l'écoulement et séparant les lits de microspinifex.

Entités coniques de microspinifex perpendiculaires aux épontes et ouverts vers le bas.

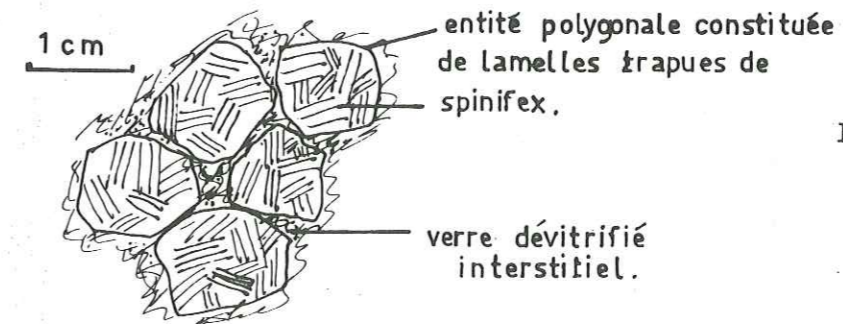


Fig. 8

Le zonage ressort bien dans la figure 9, extraite de l'annexe I - 7 de mon rapport SODEMI 448, où les courbes d'isognification, surtout celles du rapport Co/Ni, mettent en valeur les variations pétrochimiques verticales.

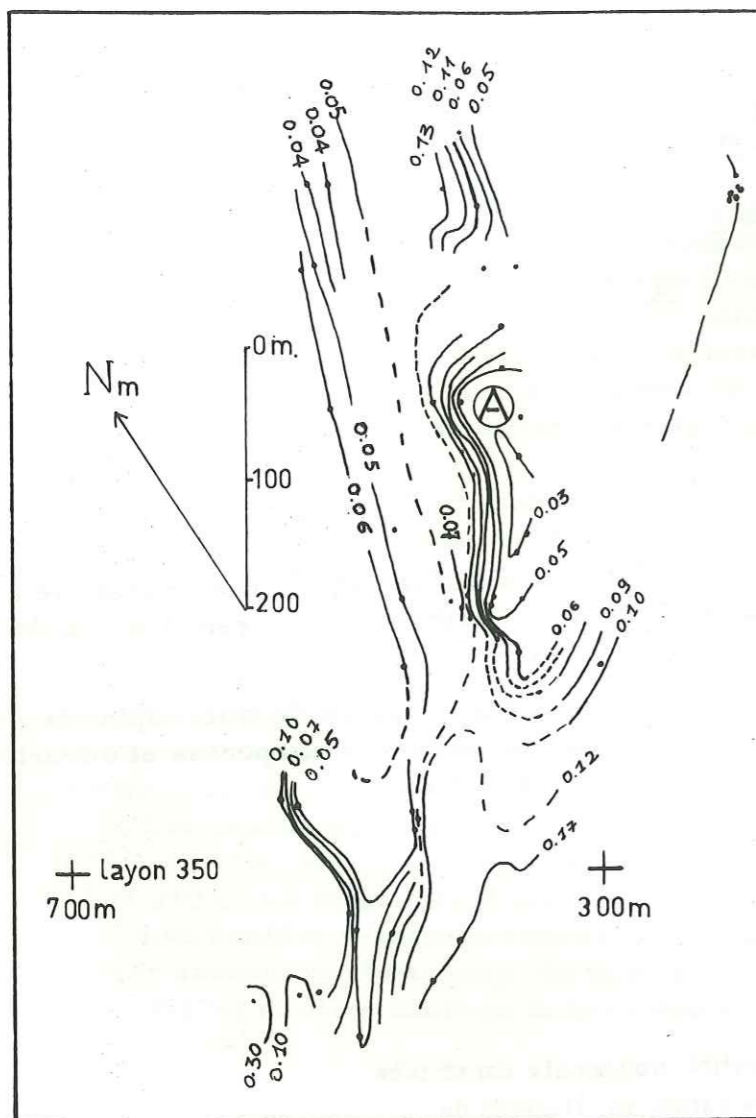


Fig. 9

WEMELHORO

Courbes d'isognification $\frac{Co}{Ni}$ en roches altérées, montrant la zonation d'une coulée à 2 zones, avec zone à spinifex bien développée (A).

. points d'analyses.

(d'après la planche 9470, REGNOULT, 1978 b).

Ainsi vers la zone à schlieren du sommet de la coulée, où il y a un rapide changement de la composition chimique, les courbes se resserrent.

Si on se réfère à la bibliographie, les types les plus magnésiens ($MgO > 30\%$ en poids), massifs, noirs à gris foncé, riches en olivine, sans texture volcanique visible semblent rares. Seul l'échantillon WE. 83 appartient à ce type. Par contre les types moins magnésiens, vert gris pâle ou marron chocolat en patine, appartiennent bien à des coulées zonées à spinifex que nous décrivons du haut vers le bas.

L'unité supérieure à spinifex est bien représentée dans les lentilles de WE. 44 et 88. Les lits de microspinifex ont une puissance de 2 à 3 cm et chaque lit est séparé du suivant par une intercalation phylliteuse millimétrique en relief négatif et parallèle à l'écoulement.

Les microspinifex (Fig. 7) sont des lamelles d'olivine ou de clinopyroxène serpentinisés (environ 58 % d'olivine normative à WE.), orientées plus ou moins perpendiculairement aux épontes et donc à l'axe de la coulée; ils se rassemblent "en entités coniques polygonales, le plus souvent triangulaires, sans interpénétration réciproque et pointés vers le sommet de la coulée" comme sur la photo 9 d'IMREH (1978) dont l'analyse chimique n° 73-2961 est voisine de celle de WE. 88. Le sous-type reconnu en lame mince "plate spinifex" est un bon critère de polarité grâce au granoclassement des cristaux squelettiques d'olivine (PYKE et al., 1973 in L. MOHAMMED-TOURET et J. TOURET, 1977 p. 973).

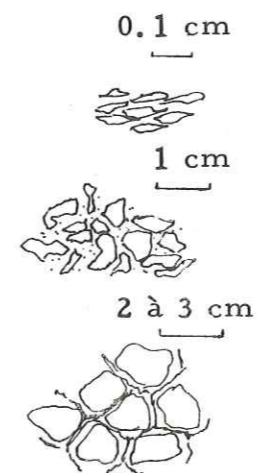
Dans les deux lentilles ci-dessus, de légères discordances angulaires (avec ravinement de la coulée sous-jacente?) séparent les différentes venues magmatiques ("rhythmic layering").

Cette disposition n'a pas été remarquée dans les affleurements à entités polygonales de 2 à 3 cm des échantillons WE. 33 et 60 (Fig. 8).

La transition avec l'unité inférieure se fait normalement par l'intermédiaire d'un mince niveau d'olivine foliée. Compte tenu des mauvaises conditions d'affleurement il n'a pas été possible d'observer en place dans les secteurs étudiés ce "mince niveau". C'est en général un affleurement de talcschiste, altéré, de couleur peau de chamois, avec des cristaux lamellaires qui confèrent une foliation plus ou moins nette dans le plan de la coulée; sa puissance décrite ailleurs est d'une trentaine de centimètres.

Au-dessous se trouvent des péridotites ou pyroxénites dont la granulométrie augmente vers le coeur de la coulée (Fig. 10).

Figure : 10



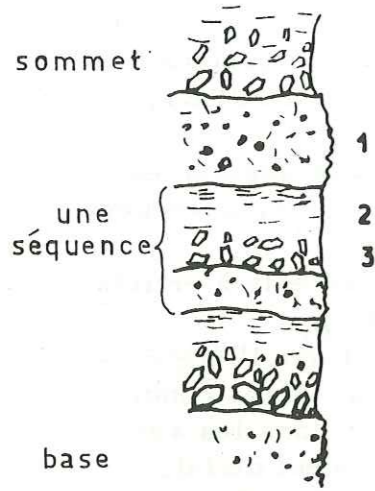
- roche de couleur vert-gris, bien orientée, à cassure "hachée", ("streaky") ou amandiforme de 0.1 cm environ;
- roche proche de la précédente, avec une orientation plus fruste et des cristaux de 1 cm;
- on passe à une structure équante à l'affleurement, de cumulats à olivine ou pyroxène serpentinisés, atteignant 1 à 2 cm.

Dans ces trois niveaux la texture fluidale est visible au microscope, les cumulats sont déformés plastiquement. La variabilité de la granulométrie se voit dans les affleurements WE. 71 et à POUNDIALI entre PO. 18 et 35 et vers PO. 29 (Fig. 11).

Moins d'un mètre au-dessus du mur de la coulée apparaît une péridotite serpentinisée d'allure "boutonneuse" ("knobby") en raison soit de l'altération météorique, soit de la rétro-morphose de l'olivine en magnétite, elle-même transformée en hydroxyde de fer. Ce type est bien représenté près de PO. 28 et dans la moitié nord de KA. : la surface de la roche est parsemée de pustules, plus ou moins régulières, remplies des produits d'altération (oxydes et hydroxydes de fer) de la matrice ou des olivines. La coloration rouille de ces produits se détache sur le fond ocre et leur départ a créé des petites cupules qui donnent un aspect vacuolaire.

Au microscope ces vacuoles sont étirées, déformées par l'écoulement et leur dimension change suivant leur position dans la coulée suivant un modèle sans doute comparable à celui de CAILLAT et al. (1978).

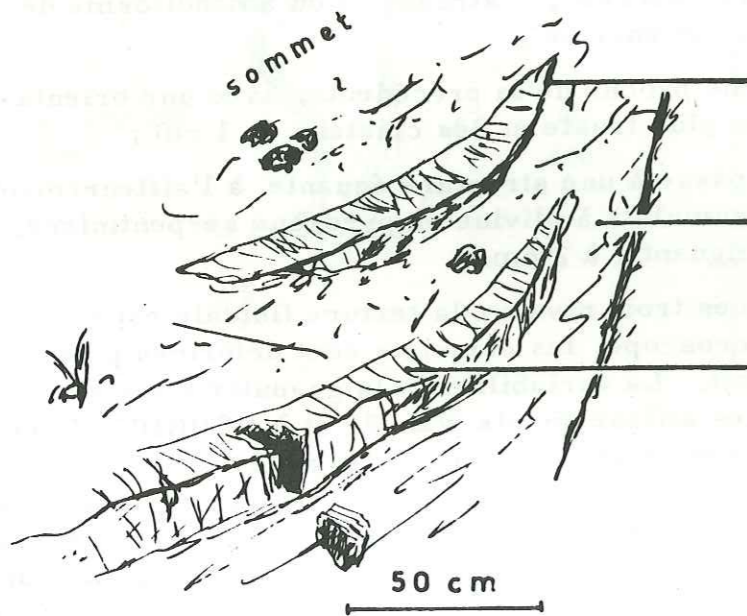
Schéma montrant le volcanisme pulsatif dans l'unité inférieure (sans spinifex) des coulées à 2 zones de POUNDIALI. La coupe est reconstituée à partir de la succession des blocs et des affleurements épars ; elle n'a qu'une valeur hypothétique en attendant les vérifications de terrain. L'échelle des épaisseurs est estimée (de l'ordre de quelques mètres à décimètres).



- 1) "mousse de cristaux". Surface granuleuse due à des "boutons" d'oxydes ou d'hydroxydes de fer en relief ou bien alvéolée en raison, soit du lessivage des produits de remplissage, soit du dégazage lors de la mise en place (bulles en l. m.). Structure cumulative équante à l'affleurement mais fluidale en l. m.
- 2) Surface de plus en plus lisse lorsque la granulométrie décroît. Un enduit ferrugineux donne parfois une couleur bordeaux. Le fait que ce niveau "folié" affleure en blocs épars serait un argument pour le placer vers le sommet de la coulée dont le découpage polyédrique favoriserait le débit.
- 3) "cumulat" folié à éclat gris métallique.

COULEES de KOMATIITE PERIDOTIQUES

Fig. 12



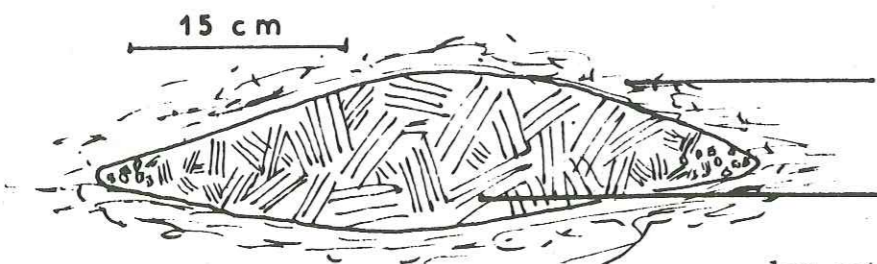
fracture en forme de croissant de lune.

péridotite serpentinisée pauvre en spinifex.

spinifex normal aux épontes.

Fig. 13

SCHLIÈREN



péridotite serpentinisée sans structure visible.

poche à microspinifex. La structure devient grenue vers les extrémités. La matrice est dévitrifiée.

La semelle de la coulée (ou le toit de la précédente) serait une croûte en coussins d'amphiboloschistes tectonisés, bréchifiés en amygdales centi-à décimétriques.

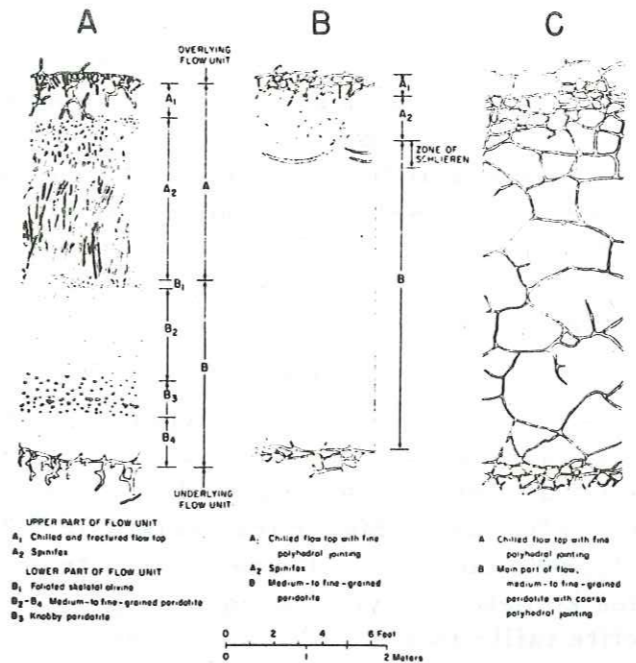


Fig. 14: Diagrammatic sections through three types of peridotitic lava flows: A, a flow with an upper spinifex zone; B, a flow with limited spinifex texture; C, a flow without spinifex texture. (Pyke et al., 1972).

La coupe qui vient d'être donnée correspond au log schématique de la figure 14 A dont une variante, plus pauvre en spinifex, correspond à la figure 14 B de ARNDT et al. (1977) que nous allons décrire.

Vers le toit, juste sous la zone à spinifex équants, s'observent des relais de fractures en forme de croissant de lune, subparallèles au plan de la coulée et avec leur concavité tournée vers le toit. Leur taille passe de cinq à une dizaine de centimètres de puissance pour un demi à quelques mètres de long sur quelques décimètres d'épaisseur de coulée.

Sur l'affleurement WE. 52 ces schlieren font saillie dans une péridotite serpentinisée. Ils se voient aisément avec leur spinifex aussi long que le croissant est épais. Les lamelles disposées

perpendiculairement aux épontes facilitent le débit en quadrilatères réguliers (Fig. 12).

Parfois des poches pisciformes de schlieren à microspinifex, atteignant un demi-mètre de long, sont isolées, noyées dans les péridotites - pyroxénites serpentinisées. Les lamelles de spinifex sont disposées en entités polygonales coniques orientées aléatoirement dans une matrice dévitrifiée comme sur la photo 14 d'IMREH (1978). La taille des spinifex décroît du centre vers les extrémités où la structure devient grenue (Fig. 13).

3.3. Les coulées en mégacoussins

Ce type de coulée se subdivise en coussins à bordure bréchifiée figée bien développée et en coussins à mince bordure figée (IMREH, 1978).

Le sous-type à "bordure bien développée" correspondrait à l'affleurement de pyroxénite à péridot WE. 70 de par son aspect bréchifié sur une longueur de plusieurs décimètres et quelques mètres de puissance. La roche reste cohérente et ne se débite pas en boules comme dans les coulées massives.

Le sous-type à "bordure mince" correspondrait aux "bancs compacts" de NA. (RÉGNOULT, 1978, annexe 9476), de 1 à 1,5 m de long sur 0,30 m de puissance. La roche est une amphibolite vert gris foncé ou clair avec une patine parfois blanchâtre ; la structure est aphanitique et la texture vacuolaire. Les vacuoles, symptomatiques d'un rapide dégazage ont des formes sigmoïdes ou irrégulièrement ocellaires ; elles sont remplies de quartz ou de calcite magnésienne.

Ces mégacoussins dont la plus grande dimension oscille entre 1 et 10 m, ont une taille très inférieure à celle de leurs homologues de WE. ; ils sont noyés dans un faciès doléritique truité à composition noritique, très schistosé, encaissé dans des basaltes picritiques bréchoïdes (à l'Est sur le layon de base) et des tufs basaltiques (faible effervescence à l'acide) parfois magnésifères.

A NATORO, le mégacoussin marron-chocolat NA. 24-25 (Fig. 15), long de 4 à 5 m et large au plus de 1 m reflète bien les conditions de refroidissement rapide en milieu aqueux. Le sommet du coussin offre une bordure bréchoïde actuellement très schistifiée, complètement disloquée, alors que la base, plus massive, plus compacte et plus puissante fait saillie (IMREH, 1978, photos 15-16-20). Cette base présente un système de fissures majeures qui partent du coeur avant de mourir sur les bords du coussin.

3.4. Les coulées métapicritiques à coussins

La description d'IMREH (1978, p. 33) s'applique bien aux affleurements PO. Lo 75/367 et PO. 32 qui possèdent le "débit en rognons" typique de ces coussins. Leur couleur olivâtre en cassure et marron ou rouge - bordeaux à noirâtre en altération ressemble à celle de l'affleurement NA. Lo 75/388 situé dans un secteur possédant d'ailleurs une teneur en MgO caractéristique à 2 % près, du domaine d'apparition de ce type de coussins. Cette couleur tranche sur la teinte chamois, ocre, beige des komatiites pyroxénitiques à péridot.

Les "rognons" de PO., de petite taille (8 x 5 cm), affleurent ou subaffleurent par bandes ou par paquets métriques isolés ; leur aspect très diaclasé indique, soit qu'une intense tectonique cassante s'est surimposée au métamorphisme général, soit que les fissures de retrait aient favorisé l'érosion. Ces diaclases (ou fissures) sont particulièrement visibles dans les coulées gabbroïques sur le layon de base de NA. ce qui leur donne un aspect bréchoïde.

Les coussins métapicritiques font la transition entre les komatiites de base et un complexe basaltique à picritique bien développé dans le NNE de PO.

3.5. Autre modèle

A KA. et PO. les gabbros n'ont pas été vus directement superposés sur les komatiites péridot-pyroxénitiques. De même les critères macroscopiques imputables aux coulées sont absents. Par contre l'observation microscopique de PO. 18, PO. 27, PO. 35, KA. 43 montre des cristaux cumulus d'olivine hypidiomorphe, pseudomorphosés par la serpentine et le talc.

Comme chez MAJIDI (1978), les cumulus PO. 18 sont arrondis, émoussés, de taille variable avec un liseré de chlorite parallèle aux arêtes, comme s'ils avaient roulé dans le sill en réagissant avec le liquide inter-cumulus donc en subissant une légère dissolution dans le liquide interstitiel pendant la mise en place. Ce "blindage" isole le cumulus d'olivine du liquide péridotitique original qui cristallise probablement en un verre très finement grenu ou en une mosaïque d'augite, diopside et olivine, actuellement altérés en chlorite et un peu en trémolite, antigorite, magnétite.

Ces "coulées" n'ont jamais de péridot normatif (PO. 35, KA. 43) mais près de 67 % de pyroxène (bronzite, hypersthène). Rappelons que la zone à spinifex des coulées de WE. contient 58 % d'olivine normative.

Une autre particularité est l'abondance de bulles qui feront l'objet d'une description ultérieure.

Ces "coulées" riches en pyroxènes normatifs sont sans doute plus visqueuses que celles de WE. qui sont plus basiques. Pendant leur écoulement elles tendent à se transformer en "ponces" sous l'expansion des gaz très nombreux. Ceci expliquerait en partie pourquoi les cumulus d'olivine sont émoussés et kélyphitisés, comme si les cristaux s'étaient usés les uns contre les autres suivant le principe des "coulées mousseuses" de Mc. DONALD (1972).

En tout cas ces "coulées" ressemblent parfaitement, de par leur minéralogie et leur occurrence, aux dykes ultra-mafiques porphyritiques de KOMATI (VILJOEN et VILJOEN, 1969, p. 101).

A PO. et KA. ces dykes ou sills seraient les équivalents, en profondeur, des coulées sous-marines effusives de WE.

D'ailleurs la rythmicité des couches (Fig. 11), des textures de spinifex y sont visibles et nous font repousser l'hypothèse d'une intrusion "silliforme" sous forme d'une mousse de cristaux et de liquide (in litt., FRANCIS et HYNES, 1979, p. 479).

Des coupes de lames minces sériées devraient résoudre le problème de ces intrusions un peu énigmatiques.

4. RESUME DES CRITERES DE TERRAIN PERMETTANT L'IDENTIFICATION des OCCURRENCES KOMATIITIQUES

- morphologie du paysage : la recherche d'occurrences komatiitiques doit s'orienter de préférence vers les collines ovoïdes ou mamelons, isolés ou non, respectivement d'une centaine ou d'une vingtaine de mètres de commandement, ou encore dans les talus des plateaux latéritiques ;
- raréfaction de la savane arborée environnant les gisements ;
- morphologie des affleurements : ils ont une forme stratoïde ou ellipsoïdale zonée avec un grand axe trois fois supérieur au petit axe. Les dimensions des complexes de coulées identifiées sont : WE. 1 000 m x 400 m et PO. 800 m x 250 m. La présence de blocs homogènes est fréquente à cause du débit polyédrique dans les coulées exemptes de spinifex. Par contre, dans les coulées à 2 zones les affleurements et les blocs épars sont hétérogènes : granulométrie variable, texture équante ou "foliée", structures de cumulat ou aphanitique ;
- morpho-faciologie des coulées :
 - ° les coulées péridotitiques ont une couleur vert gris pâle avec un léger reflet métallique en cassure, ou marron-brun chocolat, ocre, chamois, beige en patine ;
 - ° les coulées pyroxénitiques : leurs affleurements qui sortent à peine du sol sont plats et sont faits de roches de couleur gris vert, tendres, très friables (elles se taillent au canif). Leur cassure est irrégulière, "hachée" ("hackly") en petits fragments millimétriques en amande (Fig. 11 a, ci-contre).
 - ° les coulées basaltiques sont vert gris foncé, un peu plus massives que celles des komatiites pyroxénitiques.

5 mm

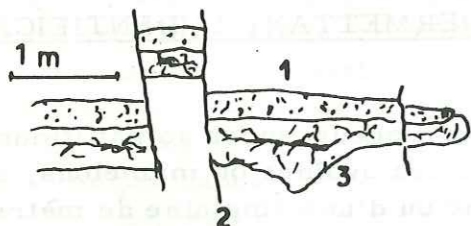


Quant aux basaltes tholéiitiques picritiques associés aux komatiites leur gisement est le suivant :

- morphologie du paysage identique ;
- affleurements en "bancs" métriques, à structure orientée ou non. Leur surface est rugueuse en raison de petits cristaux d'amphiboles en relief dans un fond plagioclasique.
- ° Les coulées picritiques coussinées, de couleur vert sombre à vert brun, se reconnaissent à leur débit caractéristique en rognons.

Fig. 15

Mégacoussin (éch. NA - 24 et 25).



1. croûte bréchoïde figée (sommet) bien développée.
2. diaclase.
3. base massive montrant les fissures de retrait centrifuge liées au refroidissement.

DEUXIEME PARTIE : PETROGRAPHIE - METAMORPHISME

1. CHOIX D'UNE CLASSIFICATION

Avant d'aborder ce chapitre il nous paraît utile pour prévenir le lecteur du type d'étude pétrographique qui suit de citer IMREH (1978, p. 120) :

"La paragenèse minéralogique des coulées méta-ultramafiques est à un tel point monotone que même le changement du degré de métamorphisme ne l'affecte que légèrement. Les paramètres minéralogiques sont donc d'une efficacité limitée pour l'étude spatio-temporelle des coulées. De plus ils ne fournissent aucune preuve directe du mode de formation intrusif ou effusif des ultramafites".

Ces considérations s'appliquent malheureusement parfaitement aux coulées méta-ultramafiques des secteurs étudiés ici.

Rappelons que le critère textural le plus marquant des komatiites est la texture spinifex. Il s'agit d' "un enchevêtrement de cristaux millimétriques à centimétriques, souvent aciculaires, dont l'habitus témoigne d'une croissance rapide au cours d'une trempe : formes dendritiques, squelettiques, cristaux creux, agrégats cruciformes ... Divers minéraux peuvent présenter ce faciès en particulier l'olivine et les oxydes (magnétite), et à moindre degré les pyroxènes. On note par ailleurs "l'absence de tout phénocrystal et l'existence d'une phase résiduelle (verre) souvent importante" (MOHAMMED - TOURET et TOURET, 1977, p. 973).

L'utilisation de l'analyse modale est pratiquement impossible. En effet les lames sont taillées dans des roches volcaniques orientées, porphyriques ou non, à pâte microlitique ou de verre dévitrifié dont la taille des grains (d'ailleurs des minéraux argileux) descend en-dessous de l'épaisseur des lames (ROUBAULT et coll., 1963, p. 314).

Entre autre ces lames bien qu'assez épaisses comportent de nombreux trous dont on ne peut pas toujours dire s'ils existaient dans la roche ou s'ils sont apparus lors du polissage.

Par contre, les paramètres CIPW - LACROIX permettent d'établir une classification satisfaisante (Tabl. 7 et 8) en accord avec celles tirées des examens pétrographiques, des diagrammes géochimiques en majeurs (par exemple $Al_2O_3 - MgO$; $TiO_2 - MgO$; $CaO - MgO$ dans le chapitre géochimie) et celle de l'analyse factorielle.

Il y a bien sûr des inconvénients de calculs inhérents à cette norme. Par exemple, comme certains barylites primaires (phlogopite, augite) sont aluminés, le calcul de la composition virtuelle de la roche fait apparaître une certaine quantité de feldspath virtuel supérieure à la quantité de feldspath exprimé (DENAËYER, 1951, p. 84).

Ainsi nous pouvons raisonnablement décrire ci-après deux groupes divisés chacun en cinq ensembles, eux-mêmes subdivisés en familles.

Tableau 7

CLASSIFICATION DES ROCHES ERUPTIVES (d'après le tableau de A. LACROIX).

Paramètres magmatiques CIPW - LACROIX

Echantillons	p	q	r	s	h	k	l	m
WE- 32	III	5	4'	'5	1	2	2	2
WE- 36	IV (V)	(3)4	5	4	1	1	1	(1) 2
WE- 44	V	5	5	3'	1	4	1	(1) 2
WE- 55	IV'	5	'5	(4)5	1	4'	1	(1) 2
WE- 57	IV (V)	3	'5	4	1	1	1	2
WE- 59	IV	5	5	5	1	2	1'	'2
WE- 83	'V	5	5	(4)5	1	'2	1	(1) 2
WE- 88	IV	5	5	4'	1	4	1	'2
KA- 16	III	5	4'	5	1 (2)	1	(1)2	3
KA- 25	(IV) V	4	5	4	1	1	1	'2
KA- 26	IV	5	5	4	1	2'	1	'2
KA- 29	(III)IV	5	(4) 5	'5	1'	3	1	2
KA- 31	IV	5	5	4	1	2	1(2)	'2
KA- 43	IV (V)	3'	5	3	1'	1	1	2'
KA- 69	IV	5	5	4	1'	2	1'	2
NA- 14	III'	5	4	5	1	2	1	2
NA- 20	IV	5	5	4	1	2'	1	'2
PO- 18	'V	5	'5	4 (5)	1	2'	1	2
PO- 27	III	5	4	'5	1'	2	2	2'
PO- 35	IV	2	'5	3'	1'	1	1	2
TY- 83	(III)IV	4'	'5	4'	1'	1	2	'3
TY- 88	III	'5	4	(4) 5	(1)2	1	'2	3
TY- 95	III	'5	4	'5	1(2)	1	2	3
TY-102	III'	5	4'	4 (5)	1'	1'	(1) 2	2 (3)
TY-113	'IV	5	(4)5	4 (5)	1'	2 (3)	1 (2)	2
TY-114	'IV	5	5	4 (5)	1'	2'	1	2
TY-127	'IV	5	'5	(4) 5	1'	2 (3)	1 (2)	2
TY-135	IV	5	(4)5	(4) 5	1'	'3	1	2
TY-140	IV	5	5	4	1'	(2)3	1	2
TY-141	III	5	'4	4 (5)	1'	'3	2	2'
TY-151	III	(4)5	4	'5	1'	1	(1) 2	2 (3)

Les paramètres sont calculés à partir des analyses standardisées, c'est-à-dire où $Fe_2O_3 = 15\%$ FeO total (cf. page 8, géochimie).

Tableau 8

Classification pétrochimique

d'après les paramètres magmatiques de CIPW - LACROIX

Roches phanéritiques hétéromorphes feldspathiques,
sans néphéline exprimée

- gabbro andésitique : W 32

- mélagabbros : pyroxénolites : hypersténites : W 36, W 57, K 25
 webstérites : K 26, K 29, K 31, K 69,
 N 20, W 59
 ariégite : P 27
 périclote : harzburgite : W 44, W 55, W 83, W 88,
 P 18

Roches aphanéritiques feldspathiques

- roches mésocrates : basaltes oligoclasiques : T 141
 labradoriques : K 16, N 14, T 88, T 95, T 151
 bytownitiques : T 102
 - roches mélanocrates : ankaramites : T 113, T 114, T 127, T 135
 T 140
 - roche aphanéritique feldspatho-quartzique :
 sakalavite : T 83

2. DESCRIPTION DES FACIES

Autant que possible, la description des faciès minéralogiques et pétrographiques, repose sur les critères les plus souvent présents (c. à d. le faciès "moyen") dans chaque ensemble ou famille, dont l'indication de la norme et le nombre d'échantillons figurent entre parenthèses. Les déterminations pétrographiques détaillées figurent en annexe au rapport SODEMI 448 (LOUP, in REGNOULT, 1978 b); les roches concernées sont classées dans le tableau 8.

2.1. Premier groupe : les roches éruptives hétéromorphes feldspathiques

L'absence de néphéline normative dans les roches basaltiques semble être une preuve que les basaltes alcalins à olivine sont généralement absents des ceintures archéennes de roches vertes (HAWKESWORTH et O'NIONS, 1976, p. 497).

2.1.1. Premier ensemble : les gabbros andésitiques (1).

En l'absence de lame mince nous ne donnerons que les caractères macroscopiques. La structure compacte et planaire, se traduit par une vague ségrégation de lits blancs et sombres.

Les amphiboles enchâssées dans une matrice leucocrate plagioclasique (structure doléritique à intersertale) confèrent à la roche un toucher rugueux et une couleur gris-bleu. A la loupe on voit que les lattes et les phénocristaux de plagioclase sont pigmentés d'oxydes et d'hydroxydes ferriques. Les amphiboles ont un habitus trapu, plus ou moins aciculaire; leur pourcentage représente près du tiers des plagioclases avec lesquels elles constituent environ 85 % des minéraux observés.

Amphiboles et plagioclases ont sensiblement la même taille soit 2 mm en moyenne. On observe également de rares chlorites et de la pyrite disséminée.

2.1.2. Deuxième ensemble : les mélagabbros

2.1.2.1. Famille des pyroxénolites

- ° hypersthénite (amphiboloschiste à talcschiste, 5).

Les talcschistes de serpentinites ont une couleur chamois, ocre ou une patine marron à orangé avec ou sans pigment rouille. La cassure a une couleur beige saumon ou vert jaune avec des reflets métalliques pour les roches les plus massives (cohérentes). Le débit est "haché", il se fait en petites amandes millimétriques jointives.

Les affleurements silliformes, soit sortent à peine de terre, soit se réduisent à des trainées de blocs arrondis.

Suivant leur couleur, fonction de leur nature, ces roches ont des propriétés physiques différentes; ainsi les roches "chamois" sont rayables à l'ongle, happent à la langue et leur toucher est gras à savonneux. Par contre les roches verdâtres sont un peu plus dures et moins grasses.

La texture est fluidale, rubanée, plus ou moins bulleuse.

La structure est nématoblastique ou lépidoblastique à diablastique; cependant une ancienne structure cumulative est bien reconnaissable (PO. 35, l. m. 35099).

Les olivines euhédrales sont pseudomorphosées en chlorite et trémolite qui a subi à son tour une rétro-morphose en talc (WE. 36, l. m. 35100). Les fantômes d'olivine sont reconnaissables grâce à leur auréole kéliphitique. Les pyroxènes sont remplacés par diverses amphiboles de la série trémolite-actinote qui est en proportion variable avec la cummingtonite et rarement l'anthophyllite. Les prismes d'amphiboles vont de 0,05 à 5 mm avec une moyenne de 2 mm.

Le talc (0,02 mm à quelques mm) est subordonné aux amphiboles (trémolite). Des traînées de chlorite, souvent du clinocllore, sont associées au talc ou aux rares micas (phlogopite ? biotite ?). Parfois on trouve de très rares quartz granoblastiques et de la muscovite.

Les oxydes et hydroxydes de fer sont fréquents ; la magnétite est en cubes (1 mm), en amas ou dans le plan de schistosité ; on a aussi de la martite et de la limonite. Ils proviennent de l'altération des péridots et des orthopyroxènes.

La paragenèse chlorite + trémolite + talc est la plus fréquente, parfois il semble y avoir en plus de la biotite ; le potassium nécessaire serait, soit primaire, soit métasomatique (léger apport à partir des granites bordiers).

Les deux diffractogrammes (Tabl. 9) sur agrégats orientés sont en accord avec cette paragenèse. Ils montrent la présence des minéraux suivants : chlorite magnésienne (pennine ou clinocllore), talc et phyllites qui seraient du type montmorillonite 12 ou 14 interstratifiées avec de la chlorite gonflante ou bien du type chlorite-vermiculite. Le talc serait de la willemséite selon la fiche ASTM n° 226711 qui indique la présence de ce minéral à BARBERTON en AFRIQUE du SUD, dans des occurrences identiques à celles de COTE D'IVOIRE.

En conclusion, l'intensité du faciès métamorphique se situe à la limite des faciès schistes verts et amphibolites à épidote.

- ° webstérite (ortho-amphibolochloritoschiste, 6).

Ces roches forment le contact entre les coulées ou les pillows komatiitiques et l'encaissant ; cette zone est bréchoidé, découpée en amygdales. Souvent, sur le bord des coulées de texture hétérogène, leur niveaux sont peu puissants, zébrés de filonnets millimétriques plus clairs et pigmentés de points noirs ou rouille. Ils sont tendres et légèrement talqueux.

La texture est fluidale, plissotée, très schistosée et la structure est némato-à diablastique.

Il est possible que des fantômes de péridots existent, mais on risque aussi de les confondre avec ceux de pyroxènes.

Les amphiboles, en cristaux aciculaires ou en plages xénomorphes (0,03 à 2 mm) ou encore dans un fond mématoblastique, sont essentiellement proches du pôle trémolite. En moindre quantité on a de la cummingtonite et de l'anthophyllite et peut-être aussi une variété de hornblende (WE. 59, l. m. 35106) ; elles composent avec les chlorites, moins abondantes qu'elles, près de 95 % de la roche.

Les pyroxènes sont transformés en amphiboles qui s'altèrent surtout en chlorite ou talc, serpentine, épidote. Le talc se trouve aussi en fins filonnets. On a également un peu de mica (phlogopite ?), de rares carbonates montrant l'existence d'une stéatitisation (KA. 26, l. m. 35096) et encore plus rarement des points de sulfures dans les clivages des silicates.

Les oxydes de fer sont fréquents (3 à 4 %) et en voie de martitisation et de limonitisation. La présence ponctuelle de phlogopite et de hornblende indique une élévation de température en accord avec le fait que cette sous-famille (webstérite) appartient à la base des coulées où la diffusion de la chaleur est plus faible que dans la partie supérieure en contact avec l'eau de mer : il est évident que le sommet de la coulée se refroidit plus vite que sa partie centrale ou basale.

Après avoir été serpentinisée, stéatisée, trémolitisée, cette famille se situe encore entre les faciès des schistes verts et des amphibolites à épidote.

- ° ariégite (métagabbro ou ortho-amphibolite).

La lame mince 31292 (PO. Lo 75/357) correspond à l'échantillon PO. 27 dont il n'a pas été vu d'affleurement mais seulement des blocs arrondis, non altérés, durs, à texture compacte et au toucher légèrement rugueux en surface.

Les cristaux sombres se détachent bien sur un fond leucocrate feldspathique. La structure est grenue (1 mm en moyenne) équante, poecilitique par place.

On trouve essentiellement de la cummingtonite, la suite trémolite-actinote, de la chlorite subordonnée aux amphiboles qui constituent pour moitié, avec les feldspaths damouritisés, kaolinisés, la majeure partie de la lame, soit près de 95 %.

En proportion égale on a accessoirement de l'épidote et du leucoxène.

Le métamorphisme appartient au faciès des amphibolites à épidote, à la limite du faciès des schistes verts.

2.1.2.2. Famille des péridotites

- ° harzburgite (péridotite serpentinisée, 5).

Elle affleure en coulées longues de plusieurs dizaines de mètres surtout au sein du complexe komatiitique de WE. Elles sont recouvertes d'un enduit latéritique marron. La roche holomélanocrate se débite grossièrement suivant des polyèdres de taille centimétrique homogène. Leur reflet est sombre à sub-métallique ; ses fragments sont denses, cohérents et rayables au canif. La texture est fluidale, rubanée, avec des microspinifex, rappelant parfois des stratifications entrecroisées (annexe 7 - 2) La structure est parfois vacuolaire avec certains péridots (4 à 8 mm) serpentinisés sub-kélyphitiques dont l'auréole est soulignée par des lamelles de talc, disposées radialement à la bordure de l'ancien cristal. Par contre, en son centre elles sont dispersées aléatoirement. Cette auréole est formée d'oxydes et d'hydroxydes ferriques, dont de la goéthite.

Les amphiboles sont essentiellement des trémolites aciculaires ou en grandes plages poecilitiques englobant des sections de péridot serpentinisé (WE. 55, l. m. 35104) et de petites plages d'orthopyroxène (faible biréfringence) en cours de serpentinitisation, avec de fines ponctuations d'oxydes le long des clivages orthogonaux. Cette structure des amphiboles (WE. 55) rappelle la figure 2D de MOHAMMED-TOURET et TOURET (1977) et correspond à l'annexe 7, photo 3.

Parfois ce sont des pyroxènes qui englobent des péridots en voie de serpentisation.

Les amphiboles sont partiellement altérées en talc. De rares lamelles de mica (phlogopite d'origine primaire ?) montrent des passages latéraux à une chlorite (WE. 44, l. m. 35103). Le talc, les serpentinites et aussi les petites lamelles de chlorite sont enchevêtrés et abondent. Ils constituent la matrice qui enveloppe les péridots et les pyroxènes serpentinisés.

De rares petits grains de carbonate (magnésite probable) sont liés à l'amphibole, aux chlorites et aux pyroxènes (WE. 55).

En général les oxydes et hydroxydes de fer (O, 1 mm) : punctuations disséminées, cristaux cubiques automorphes, agrégats, anastomoses, sont régulièrement répartis dans toutes les lames minces. Ces traînées ont tendance à s'orienter suivant la schistosité et représentent jusqu'à 15 % de la lame.

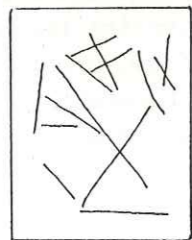
Quelques grains de sulfures ponctuent le clivage des silicates serpentinisés (péridots, pyroxènes).

Il semblerait, comme à PO., que la zone à spinifex ne soit pas attirée par l'aimant à main, contrairement au coeur des coulées, riche en olivines (plus ferrifères) altérées en magnétite, (est-ce dû à une différence de métamorphisme entre le coeur et la bordure ?

La norme des zones à spinifex indique une composition de l'olivine ayant 40 à 90 % de forstérite.

Le principal intérêt des faciès harzburgitiques de notre région est la présence de spinifex matérialisés par les cristaux des ex-olivines à croissance parallèle rappelant une figure de stratification entrecroisée conformément à la figure 2A de MOHAMMED-TOURET et TOURET. Les "olivines" sont aciculaires et pluricentimétriques dans la lame mince 35103 (WE. 44).

Fig. 16
spinifex
l. m. 31 306



WE. 75/328

Voici ci-contre (Fig. 16) la disposition des spinifex grandeur nature observés à contre-jour dans la lame 31306 (WE. Lo 75/328) où ils dessinent des figures en forme de "patte d'oie" caractéristiques mais à peine visibles au microscope.

Bien qu'il soit difficile d'établir la suite des recristallisations métamorphiques du fait que le minéral dominant, décelable en lame mince ou aux rayons X est le produit du dernier stade et masque les paragenèses initiales, on peut, à la suite de MOHAMMED-TOURET et TOURET (1977, pp. 975-976), donner néanmoins la succession suivante :

- serpentisation : la serpentine, surtout du genre lamellaire comme l'antigorite, se développe aux dépens de l'olivine et de l'orthopyroxène. De leur côté les paillettes de talc envahissent les restes de péridots, d'amphiboles (anthophyllite et trémolite) qui sont également chloritisées,
- stéatation : la roche est envahie par le talc (talcisation) et de rares carbonates (carbonatation), qui pourraient être de la magnésite comme chez TOURET.

Selon IMREH (1978, p. 25), dans les komatiites de la MOTTE-VASSAN (QUEBEC), le carbonate, en faible quantité, et le talc apparaissent dans les zones de cisaillement, ainsi que la serpentine d'après VISHNEVSKAYA (1977, p. 1293).

KNOFF (1965 b, p. 92) signale une importante stéatation liée aux granites ivoiriens et la subordonne à la serpentisation (op. cit. p. 50).

- amphibolitisation : finalement la roche est envahie par des amphiboles de la série trémolite-actinote qui se développent au détriment de la serpentine, du talc et du péridot. On a souvent des intercroissances avec de fréquents passages de lamelles de cummingtonite (primaire ?), polarisant dans les bleus, qui passent à l'actinote, polarisant dans le brun-rouge. De la chlorite est subordonnée aux amphiboles.

2.2. Deuxième groupe : les roches aphanéritiques feldspathiques

2.2.1. Premier ensemble : les roches mésocrates

- ° basaltés oligoclasiques (ortho-amphibolites, 1).

Leurs affleurements ont l'apparence banale des volcanites couramment rencontrées en COTE D'IVOIRE. Ils sont homogènes avec une texture compacte peu orientée ; en lames minces ils montrent une structure vacuolaire et parfois perlitique.

La structure est intersertale à nématoblastique et diablastique dominante avec les vacuoles étirées qui sont remplies de granoblastes de quartz à extinction roulante, de chlorite, de granules d'épidote et d'oxydes de fer. La roche est riche en amphiboles (0, 1 mm environ) du type trémolite-actinote et cummingtonite-grünérite. Les granules d'épidote (pistachite) sont disséminés et néoformés à partir des amphiboles et des feldspaths. Les lattes de plagioclases (jusqu'à 1 mm) enserrrent des lames d'amphiboles et vice-versa.

Les oxydes sont abondants, qu'ils soient titanés et altérés en leucoxène ou bien martitisés.

Le faciès métamorphique est à la limite des faciès des schistes verts et des amphibolites à épidote.

- ° basaltés labradoriques (ortho-amphibolites plus ou moins schisteuses, 4) Les affleurements ont une forme lenticulaire ou de sill, peu étendue et une apparence tectonisée.

La texture fluidale est vacuolaire avec un remplissage de quartz ou de calcite (?).

La structure granonématoblastique porphyrique, avec des phénocristaux de plagioclase atteignant 5 mm, permet de reconnaître une ancienne structure intersertale dans un fond plus ou moins orienté dont le grain moyen n'excède pas 0, 1 mm.

Les minéraux les plus abondants sont les amphiboles (près de 50 %) et les feldspaths. Les prismes d'amphiboles (jusqu'à 0, 5 mm) passent du pôle des actinotes à celui des hornblendes vert-bleu ; l'anthophyllite est rare ; les amphiboles s'altèrent en chlorite et même en talc.

Les plagioclases, maclés ou non, parfois poecilites sont tous altérés ; leur saussuritisation s'accompagne de granules et d'agrégats de pistachite.

Les minéraux opaques (maximum 0, 1 mm) représentent près de 5 % de la roche. Il s'agit d'oxydes et d'hydroxydes ferriques associés quelquefois à des sulfures.

L'association plagioclase intermédiaire + épidote (pistachite) et la coexistence de l'actinote avec une amphibole vert-bleu (hornblende ?) qui s'altèrent en chlorite, correspond au faciès de schistes verts (sans doute A 1-2 de WINKLER, 1965, p. 89). Le quartz existe à l'état de fins cristaux granoblastiques.

Cependant la présence de quelques anthophyllites laisse présager une température légèrement plus élevée, correspondant au début du faciès amphibolique.

Une phase hydrothermale a dû se produire en raison de la présence d'épidote et de quartz secondaire. Notons également de fines et rares paillettes de talc subordonnées aux amphiboles.

- ° basaltes bytownitiques (ortho-amphibolite, 1).

Un sill sort à peine de terre, entre des éboulis de la taille du galet ou du bloc, le long d'une butte étirée en longueur au pied du plateau latéritique de TY.

Le débit est fissile et la texture fluidale. La structure est orientée, cataclisée, avec une structure intersertale reconnaissable ; la pâte est diablastique.

Les lames de pyroxènes ouralitisés (Lo 75/56, l. m. 30416) et des prismes d'amphiboles, sont pris dans un feutrage de prismes aciculaires d'amphiboles, de fines lamelles de chlorite, de granules d'épidote, d'oxydes titanés (environ 3 %) altérés en leucoxènes et de rares carbonates.

Les rares indices de sulfures remplissent des veinules, au plus millimétriques, dans un affleurement près de TY. 114. Les paragenèses métamorphiques sont identiques à celles des basaltes labradoriques, sauf qu'ici la basicité accentue l'abondance des serpentines, talcs et carbonates.

2.2.2. Deuxième ensemble : les roches mélanocrates

- ° ankaramite (ortho-amphibolite équivalent d'une U. B., 5).

L'aspect et la texture sont assez semblables au précédent affleurement. Cet ensemble n'apparaît qu'à TY. et son chimisme le place parmi les basaltes picritiques. Comme à KOMATI (VILJOEN et VILJOEN, 1969, p. 108), il n'affleure que sous forme de petits dykes ou sills.

La structure est porphyrique, nématoblastique ou nématolépidoblastique ou même granolépidoblastique. Cette hétérogénéité donne à l'échantillon une orientation plus ou moins prononcée.

Des prismes trapus (0,5 à 2 mm) de diallage, d'ouralite, de cummingtonite-grunérite (proche du pôle cummingtonite), de trémolite-actinote (proche du pôle trémolite) sont pris dans un fond (0,05 à 0,2 mm) de trémolite-actinote, chlorite, épidote : pistachite et épidote ferrifère, serpentine, talc, carbonate, oxyde de titane altéré en leucoxène (jusqu'à 7 % de la lame mince).

Par ordre d'importance décroissante, nous avons les amphiboles et les chlorites qui occupent la quasi totalité de la plaque, puis les épidotes, les phyllites et les oxydes. De rares cristaux granoblastiques de quartz et de feldspaths sont présents.

2.2.3. Troisième ensemble : les roches aphanéritiques quartzo-feldspathiques

ne sont pas décrites en raison de l'absence de lame mince.

3. LA TOURMALINISATION

Déjà KNOFF (1965 a) et SONNENDRUCKER (1965) posaient le problème de l'origine des tourmalinites accompagnant les complexes M et U. M. Sont-elles liées au volcanisme initial, ou aux phases pneumatolytiques et hydrothermales accompagnant les venues granitiques ultérieures ?

On constate que des filons de quartz à tourmaline abondent à KA. et TY., précisément dans des secteurs où les hyaloclastites (KA. 25), "les coulées mousseuses" (KA. 43) et les faciès tufacés sont fréquents ; c'est-à-dire là où l'activité pneumatolytique du magma a été intense.

Bien que l'on ne dispose pas d'analyses chimiques sur les tourmalines et leur encaissant pouvant nous renseigner, par comparaison, sur leur origine nous remarquons l'absence de greisenisation, d'albitisation, de lépidolitisation, de gilbertisation (mica à K et Li) et de calcédonisation, qui sont des phénomènes hydrothermaux liés aux intrusions granitiques (FERSMAN, 1937), et plus spécialement développés lors du front de muscovitisation du granite à 2 micas de type FERKE (BARD, 1975a).

D'ailleurs MAJIDI (1978, p. 93) reconnaît que des filons de quartz à tourmaline (ferrifère) sont, peut-être, d'origine primaire dans les schistes métamorphiques sous-jacents d'ex-coulées U. B. "hercyniennes" dans la région de MASHAD (N. E. IRAN) ; le bore serait donc lié aux fluides juvéniles accompagnant l'éruption sous-marine des U. B.

4. CONCLUSION SUR LA PETROGRAPHIE ET LE METAMORPHISME

4.1. Observations

D'après les paramètres CIPW - LACROIX et les observations en lames minces, les faciès pétrographiques varient des :

- roches phanéritiques à silice saturée ou déficitaires en silice, plagioclasiques : des gabbros ou des mélagabbros à Opx et/ou Cpx ;
- aux roches aphanéritiques, à silice saturée, plagioclasiques allant des microgabbros aux basaltes et aux océanites.

Les caractères du métamorphisme qui se retrouvent dans toutes les RUM et RM étudiées sont les suivants :

- localement des structures primaires résiduelles subsistent sous l'aspect d'amas de minéraux de pseudomorphose respectant la forme des cristaux (cristaux d'olivine à texture spinifex dans un verre dévitrifié). Ceci témoigne soit d'une autopneumatolyse (magma riche en gaz) déstabilisant les olivines et les pyroxènes, soit d'une hydrolyse produite lors de la mise en place des coulées dans un milieu aqueux ; soit de ces deux phénomènes ;
- le plus souvent la schistosité dominante est N 030 à 040 sur les cartes mais en lame mince on a pu observer 2 ou 3 schistosités superposées,

TROISIEME PARTIE

DYNAMISME ET MAGMATOGENESE DES KOMATIITES

L'étude microscopique a permis, entre autre de déceler, malgré les recristallisations métamorphiques, des structures qui, à notre avis, sont primaires et témoignent de l'existence de coulées komatiitiques : textures fluidales, cristaux déformés mécaniquement, spinifex et bulles.

1. La texture fluidale

La fluidalité est soulignée par des liserés d'oxydes de fer contournant des phénocristaux ou des bulles, ou par la rythmicité des "filets laviques" parallèles et discontinus qui ont une granulométrie et une structure variées échantillon KA. LO 75/112, l. m. 30 784 (Pl. 2 c) ; KA. 25, l. m. 35 095 ; WE. LO 75/287, l. m. 31 301. Cette structure rappelle d'ailleurs celle des "pseudo-flammes".

Parfois l'écoulement laminaire moule les obstacles (Pl. 3 e). Il s'agit là de textures primaires engendrées lors d'un écoulement et ne correspondant pas à une schistosité primaire.

2. Cristaux déformés

Les cristaux à extinction roulante sont fragmentés, lézardés, fendillés, dissociés et leurs fragments subissent des déplacements relatifs selon le sens d'écoulement car ils se surimposent aux lignes de flux (Pl. 2 a).

Les phyllites (chlorites, talc, muscovites) sont des éléments fragiles, facilement déformés autour des obstacles ou par des "filets" de vitesse différente qui sont des marqueurs de l'écoulement planaire.

3. Spinifex

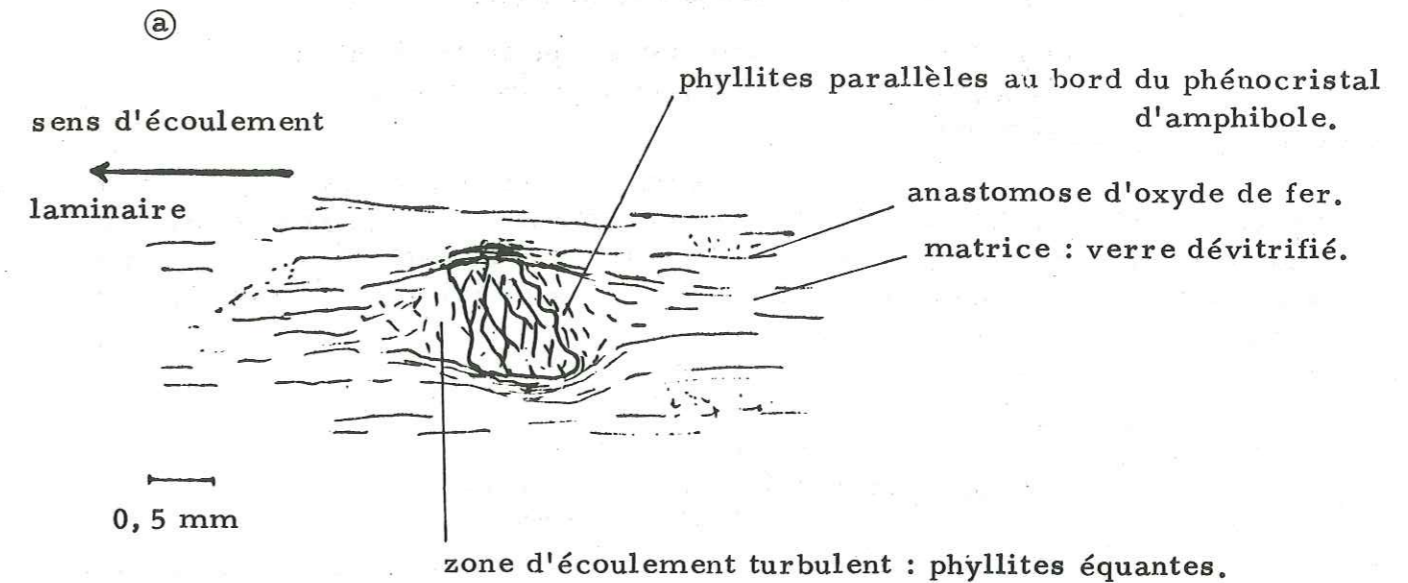
Selon VILJOEN et VILJOEN (1969), le mécanisme de formation des textures spinifex est le suivant : lors du refroidissement brutal du magma, des nucléus d'olivine en suspension dans le liquide, cristallisent en donnant des cristaux aciculaires squelettiques, allongés suivant l'axe C.

YACE (1976) signale dans les spilites une structure microlitique primaire non recristallisée, prédominante dans certains cas. Les microlites ont un aspect "rachitique, squelettique et bifide" qui ressemble beaucoup à la définition des textures spinifex de VILJOEN. Il conviendrait alors de vérifier par analyse chimique si ces spilites ne sont pas d'anciens basaltes komatiitiques ($MgO \approx 7\%$) Ceci conforterait l'hypothèse émise page 58 : qu'on pourrait trouver ailleurs, dans le Birrimien, des coulées de la suite komatiitique.

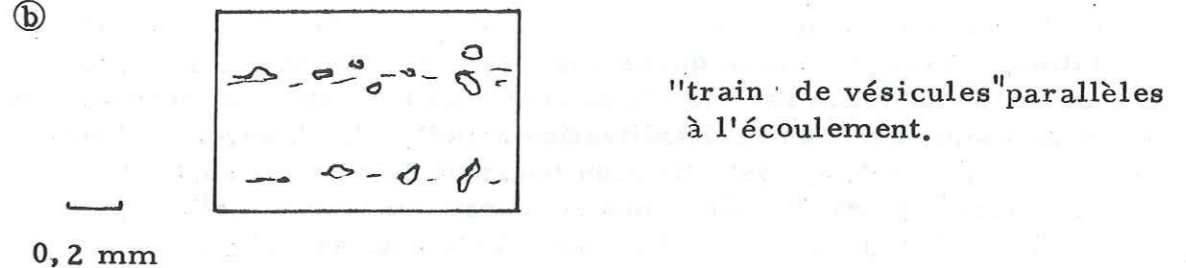
KUNO (1968, p. 641) attribue la formation de schlieren pisciformes à microspinifex (WE.) à la ségrégation (fractionnée) des liquides résiduels du magma en cours de cristallisation après son extrusion, dans des basaltes à olivine et hypersthène ou à olivine - augite du JAPON et d'HAWAÏ.

TEXTURES FLUIDALES

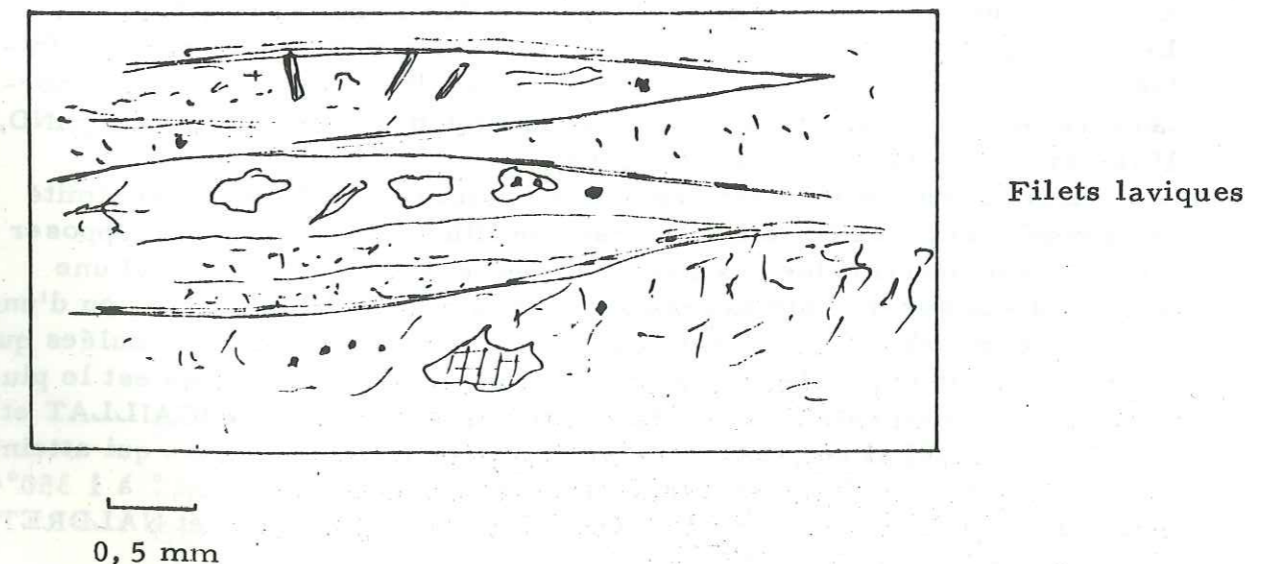
(KA. 75/112)



(b)



(c)



En COTE D'IVOIRE, 3 types de spinifex ont été observés en lame mince dans les coulées de komatiites péridotites-pyroxénitiques :

- des spinifex à croissance lamellaire : "plate spinifex" ;
- des spinifex poecilitiques : "harristitic spinifex" ;
- des spinifex aciculaires.

En raison de leur croissance du sommet vers le centre de la coulée, les spinifex recoupent plus ou moins perpendiculairement les "filets laviques". Des spinifex aciculaires, brisés ou parallèles à l'écoulement, suggèrent que des filets ont pu rejoindre et ainsi entraîner ces cristaux ou fragments de cristaux.

4. Bulles

4.1. Moment de la formation des bulles

Il est possible que les bulles observées soient dues à la déshydratation du magma lors de sa cristallisation, ou bien à son extrusion en milieu aqueux, ou encore à l'autométamorphisme. Nous pensons pour notre part qu'elles témoignent d'une cristallisation rapide des produits de fusion mantéllique qui donne des structures de trempe par déshydratation, "deshydratation quenching" (BROOK et HART, 1974, p. 109). Le départ de l'eau favorise la diffusion de la chaleur interne du magma et provoque ainsi une cristallisation rapide. La déshydratation à grande échelle pendant la cristallisation pourrait être responsable de ces bulles et conduire à des "coulées mousseuses" du type de celles décrites par Mc DONALD (1972, p. 167) (échantillons KA. 44, PO. 35).

Les facteurs qui entrent en ligne de compte pour la formation des bulles sont essentiellement, la température de mise en place, la viscosité de la lave, la pression des fluides.

Pour GREEN, la viscosité de la lave komatiitique au liquidus est très basse (10 poises selon BOTTINGA et WEILL, 1972, in ARNDT et al., 1977) vers 1 450 - 1 500 ° C. A titre de comparaison le lac de lave du KILAUEA possède une viscosité de 500 à 8 000 poises vers 1 100 ° C. Le dégazage du magma komatiitique doit, non pas être gêné par une faible viscosité, mais au contraire favorisé car "une teneur en eau importante est une condition favorable à l'expansion des verres (CHARMAND, 1976, in CAILLAT et al., 1978, p. 98).

Les bulles apparaissent vers le sommet des coulées, à proximité de la zone à spinifex où la faible pression lithostatique ne peut s'opposer à la pression interne due aux gaz : ceci est également en faveur d'une tranche d'eau sus-jacente assez mince : bassin peu profond, lac, ou d'une coulée peu puissante ... C'est également vers le sommet des coulées que le choc thermique provoqué par un refroidissement très rapide est le plus intense. Ainsi en est-il au contact entre un milieu aqueux (CAILLAT et al., 1978, p. 98) et une lave à texture spinifex riche en olivine qui atteint lors de sa mise en place des températures de l'ordre de 1 300 ° à 1 350 ° C (ARNDT et FLEET, 1979) ou de 1 450 ° à 1 500 ° C (SHIMA et NALDRETT, 1977, in ARNDT et al., 1977).

La présence de bulles dans les coulées komatiitiques est incompatible avec les propositions de GREEN et al. (in ARNDT et al., 1977, p. 343) pour qui les laves komatiitiques péridotitiques de la zone A₂ (cf. Fig. 14) sont sèches.

Cependant puisqu'en COTE D'IVOIRE le coefficient d'explosivité atteint 30 % selon YACE (1976) et que dans toute la région prédominent des roches volcano-sédimentaires, il est raisonnable de penser que la pression interne du magma, d'où dérivent les komatiites, était importante et qu'elle a libéré au moins une partie de son énergie à la surface sous forme de bulles.

Dans le cas de travaux complémentaires, on pourrait avoir une idée de la composition des gaz de ces bulles d'après la valeur du rapport fer ferrique sur fer ferreux dans les chrome - spinelles trouvés en roches ou dans les concentrés (NALDRETT et GASPARINI, 1971). En effet, les gaz sont riches soit en H₂ et CH₄ (donc réducteurs) quand les bulles se forment en profondeur, soit en H₂O (donc oxydants) quand elles apparaissent près de la surface (MARAKUSHEV, 1979).

4.2. Observations

Dans les roches étudiées ici, cette phase gazeuse devrait être assez dispersée dans le liquide car la densité des bulles est faible. Elles sont synchrones de l'écoulement (sous l'eau) des coulées ou des sills porphyriques U. M. car les bulles déforment et corrodent des cristaux et des "filets de lave" (Pl. 3 e).

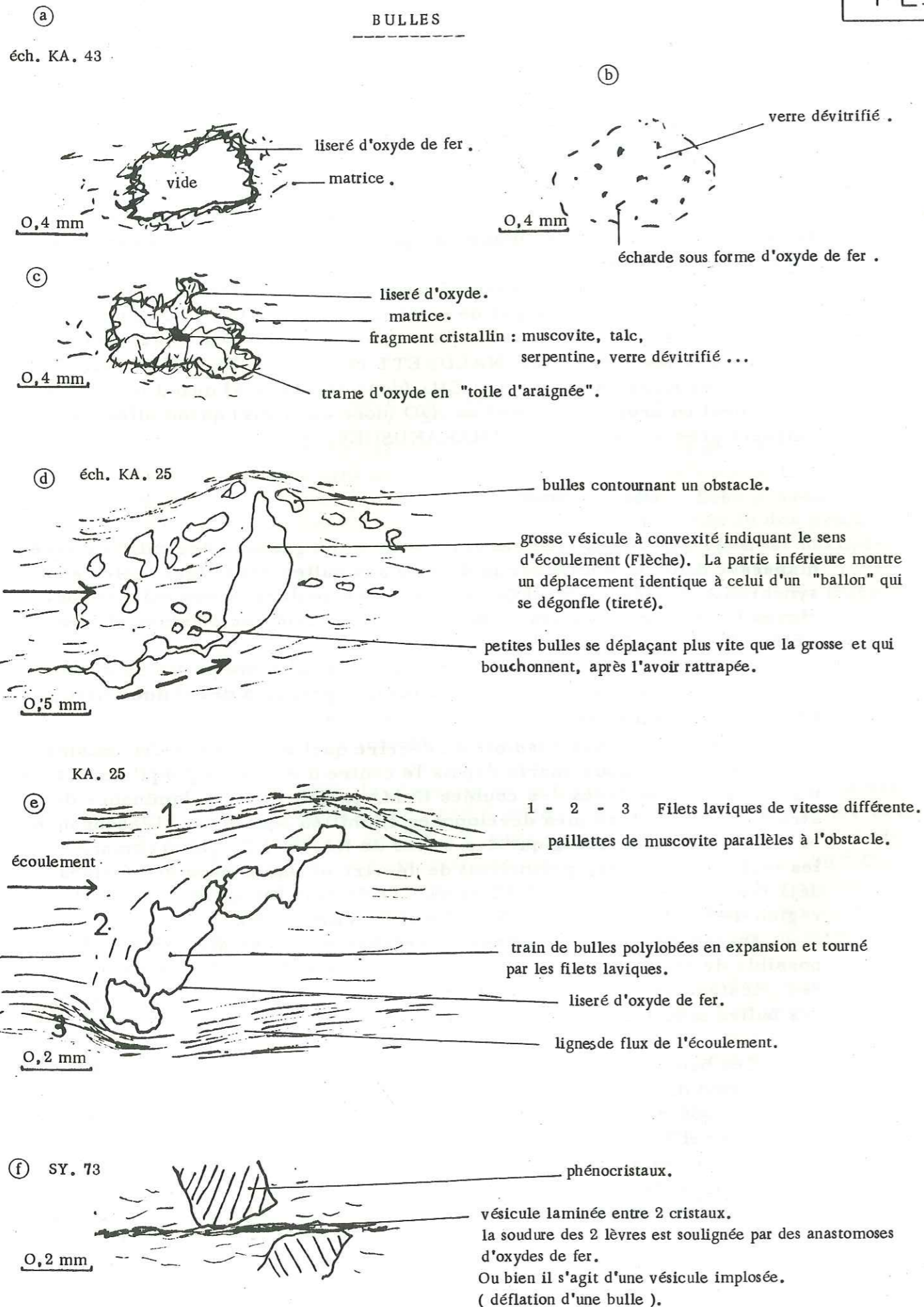
Les bulles sont apparues alors qu'une importante partie du matériel était cristallisée, donc au sommet où la pression des fluides (H₂O, CO₂ ...) était maximale.

Il ne nous est pas possible de décrire quel a pu être le dynamisme de ce volcanisme sous-marin depuis le centre d'émission jusqu'aux extrémités les plus évoluées des coulées U. M. en raison de la dominance des structures vitroclastiques développées en milieu aquatique. L'abondance et la diversité morphologique des bulles de KA. et PO. qui accompagnent les textures fluidales, permettent de décrire quelques unes des formes déjà rencontrées par CAILLAT et al. (1978) dans les ignimbrites de la région de SAVEH (130 km au Sud-Ouest de TEHERAN).

Du fait de l'échantillonnage hétérogène dont nous disposons, il est possible de présenter non pas, le "film de l'écoulement" mais seulement des "instantanés" observés en lames minces. Ils figent la morphologie des bulles suivant la viscosité du magma qui conditionne sa vitesse d'écoulement.

Ces bulles, toujours bordées d'un liseré d'oxydes et d'hydroxydes de fer, sont dilatées avec un rapport longueur/épaisseur faible, conformément au modèle de CAILLAT et al. pour qui ce rapport est inversement proportionnel à la viscosité.

Les bulles s'alignent suivant les lignes de flux (Pl. 2 b) et leur contact avec la matrice apparaît sinueux, festonné, effiloché, dentelé. Certaines bulles sont vides (Pl. 3 a) ou avec un fragment cristallin qui "flotte" au milieu d'une trame dentelée d'oxydes de fer (Pl. 3 c). D'autres figures (Pl. 3 b) rappellent des bulles qui auraient explosé en libérant des échardes actuellement pseudomorphosées par les oxydes.



Au contraire l'implosion des vésicules survient lorsque "le produit expansé reste trop longtemps à haute température, perdant ses gaz par diffusion à travers les parois" (HARMAND, 1976, in CAILLAT et al., 1978). Ce "dégonflement" serait souligné par des anastomoses d'oxydes mais le schéma f de la planche 3 indiquerait plutôt le laminage d'une bulle entre 2 phénocristaux.

Les conditions d'écoulement laminaire apparaissent dans les figures d et e de la planche 3 où un train de petites bulles est agglutiné derrière une plus grosse qui se dégonfle et qui est finalement contournée. Des paillettes de phyllite se placent parallèlement à l'obstacle constitué par l'accolement des bulles : celles-ci subissent une rotation sous l'effet de l'écoulement différentiel.

Les grosses bulles (Pl. 3, d, e) sont souvent obliques par rapport au flux.

4.3. Critiques sur ces considérations

Dans les descriptions précédentes nous nous sommes placé dans l'hypothèse d'une "vésiculation" de laves. Elle n'est pas toutefois démontrée de façon péremptoire car on n'est pas à l'abri d'artefacts dus par exemple à l'altération poussée des roches et aux difficultés rencontrées dans la confection des lames minces.

Ainsi certaines bulles pourraient être des vides laissés par des cristaux arrachés. De même lors du métamorphisme, l'épigénisation des silicates, le long de leurs clivages, par des oxydes de fer, aurait pu conduire aux structures "en toile d'araignée" ou aux textures de "plate spinifex". Ces oxydes de fer pourraient également avoir migré de ces silicates et donné "les écharde de verre".

En outre il ne faut pas oublier que toutes ces roches ont subi diverses recristallisations métamorphiques, qui certes ont pu préserver certaines structures primaires mais qui ont dû surtout en effacer le plus grand nombre.

5. Conclusion sur le dynamisme des coulées komatiitiques

Les observations microscopiques (textures spinifex, textures planaires d'ensemble des filets laviques, "vésiculation", cristaux tronçonnés) précédentes militent en faveur de l'hypothèse d'un écoulement de gravité laminaire, donc d'une origine effusive sous-marine et non intrusive de nos U.M. Ces caractères n'ayant été observés que dans l'unité supérieure et au sommet des coulées, nous conduisent à considérer les premiers mètres comme un "pyromagma" analogue à celui décrit pour les ignimbrites et non pas comme ils sont interprétés par certains auteurs : paroi froide bréchique, hyaloclastites.

QUATRIEME PARTIE :

CADRE GEOTECTONIQUE DE MISE EN PLACE DES KOMATIITES IVOIRIENNES

1. Données antérieures

1.1. Généralités

A notre connaissance, il n'a jamais été décrit de coulées komatiitiques ni en COTE D'IVOIRE, ni dans les pays limitrophes. Par contre, on parlait de "métavulcanites du magmatisme initial" et de "plutons UB et B" (TAGINI, 1971) pour les orthométamorphites ivoiriennes. Pour YACE (1976), le chimisme de ces dernières tantôt tholéitique, tantôt calco-alcalin, conférait un caractère mixte au volcanisme éburnéen.

1.2. Cadre tectonique des roches vertes birrimiennes

Cet environnement a fait l'objet de deux théories. La première, classique, était celle d'un système de géosynclinal ; la seconde, plus récente, s'inspire de la théorie de plaques. Mais aucun argument décisif n'était apporté.

1.2.1. Système géosynclinal

La croûte sialique éparchéenne s'est fracturée et le magma s'est infiltré le long des failles bordières pour s'épancher sous la mer au fond des fosses (TAGINI, 1971). Cet auteur s'étonnait de l'absence de "serpentine belts", généralement associées à ce système.

En HAUTE-VOLTA, HOTTIN et OUEDRAOGO (1975) trouvaient que l'évolution tectonique du système birrimien représentait de nombreux points de convergence avec celle des ceintures vertes.

1.2.2. Tectonique de plaques

En s'appuyant sur le modèle de géophysique sismique établi dans la région de TOUMODI, BARD et al. (1976, fig. 2) confirmaient leur hypothèse de subduction émise en 1975(b, fig. 16). Là le manteau plongerait plus rapidement vers le NW que vers le SE et une faille (linéament ?) Ng 065 affecterait toute la croûte continentale.

Pour HOTTIN et OUEDRAOGO (1975, p. 31) ce "plan de subduction" correspondait à la bordure occidentale de l'unité DORI dans le Nord de la HAUTE-VOLTA (fig. 13).

BARD (1975 a) optait empiriquement pour un système d'arc volcanique où les granodiorites précoces (abronien) seraient formées, vers 2100 Ma, par fusion sèche de la base de la croûte, en réponse à l'ascension du magma d'origine mantellique ; elles seraient génétiquement liées, selon lui, au fonctionnement d'une marge active péri-procontinentale (c. à. d. sur une zone à croûte amincie) et peuvent être reliées à la 2ème phase de plissement (BARD et LEMOINE, 1976). Déjà TEMPIER (1972) avait dit que

Fig. 17 : Projection dans l'espace réduit aux 2 premiers facteurs des échantillons possédant un F1 et F2 sensiblement équivalent à ceux des opérations. Seule la partie des roches de BOUNDIALI et NIELLE est reportée. Effectif=44 analyses "anonymes" d'après ALSAC (1988), BESSON et CAPITANT (1976), bulletin SGPM (1958), GAMSONRE (1975), HENRY (1973), KNOPF (1965 b, 1967).

Légende :

COTE D'IVOIRE : BOUNDIALI, NIELLE,

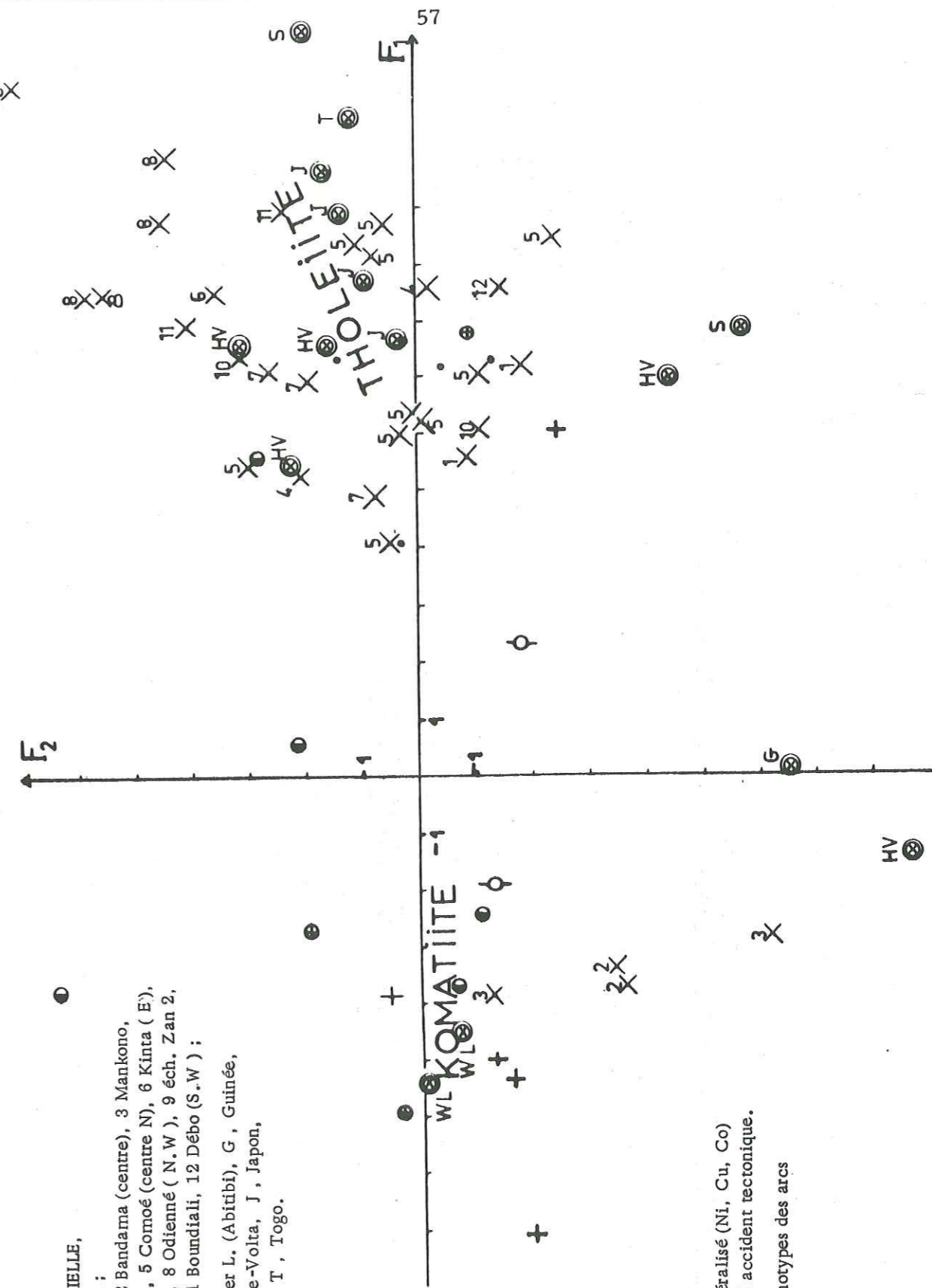
symboles usuels :

X : 1 Aboisso, 2 Bandama (centre), 3 Mankono,
4 Bondoukou, 5 Comoé (centre N), 6 Kinta (E),
7 Man (W), 8 Odienné (N.W), 9 éch. Zan 2,
10 Nielle, 11 Boundiali, 12 Débo (S.W) ;

ETRANGER: ⊗ : W.L., Werner L. (Abitibi), G., Guinée,
H.V., Haute-Volta, J., Japon,
S., Soudan, T., Togo.

N. B. : W.L. est un champ minéralisé (Ni, Cu, Co) aligné le long d'un grand accident tectonique.

J, sont des tholéites cénotypes des arcs insulaires du Japon.



les plis isoclinaux dans le Birrimien de COTE D'IVOIRE avaient affecté un matériel plastique.

Selon YACE (1976), les andésites et surtout les rhyolites étaient rares évoquant une contamination silico-potassique pendant la traversée de la croûte et de sa couverture, il supposait que les granodiorites précoces, relativement abondantes, étaient les équivalents des rhyolites.

Comme BARD (1975 b) le soulignait déjà, ce modèle d'arc volcanique s'accordait mal avec l'absence d'une double ceinture métamorphique, de schistes-bleus et de nappes de charriage. Aussi semblerait-il préférable d'imaginer le modèle de tectonique de plaque ensialique du Précambrien dont KRÖNER (1979) fait une mise au point à propos de l'orogénèse pharusienne qui, selon lui, serait de type himalayen.

1.3. L'océanisation

Cette océanisation est proposée lors du cycle pharusien dans le craton africain du Nord (BOU AZZER dans l'ANTI-ATLAS), de l'Est (HOGGAR) et de l'Ouest (MAURITANIDES) (ROCCI, 1977), et lors du cycle éburnéen en COTE D'IVOIRE par BARD (1975 b).

Cette optique s'accorde bien avec le régime de migration des "orogènes" africains qui se fait d'Ouest en Est : orogénèse panafricaine, ouverture des Grands Lacs, séparation de MADAGASCAR.

2. Apports du présent travail

2.1. Probabilité d'existence d'autres komatiites "birrimiennes"

Le choix, non exhaustif, des 111 analyses "fer total" de COTE D'IVOIRE, des pays limitrophes ou non, du JAPON et d'ABITIBI est basé sur leurs ressemblances chimiques et pétrographiques avec les opérations de BOUNDIALI et NIELLE (Fig. 17).

Le but de la projection de ces analyses dans l'espace réduit à nos 2 premiers facteurs est de voir si on peut escompter d'autres komatiites en AFRIQUE DE L'OUEST. Rappelons que le facteur F 1 isole parfaitement les tholéiites dans la moitié positive et les komatiites dans la moitié négative.

2.1.1. En COTE D'IVOIRE

L'échantillon DK 300 de KNOPF (1965 b, p. 74) prélevé près de MANKONO, à une centaine de kilomètres au Sud de BOUNDIALI (Fig. 18), se place parfaitement au milieu des komatiites ivoiriennes déjà reconnues et de celles d'ABITIBI.

Voici, résumée, la description de cette "U.B. attardée" ou "ophiolite attardée" selon les termes de KNOPF et que nous avons transcrite dans l'optique d'une suite komatiitique :

- "l'ultrabasite affleure sur un espace restreint (20 x 5 m), sous forme de gros blocs arrondis alignés ...", ces dimensions et ce débit pourraient être ceux d'une coulée massive à débit polygonale.

"La patine noire ..., la cassure verte ..., les gros cristaux d'amphibole (3cm) ..., la composition minéralogique : clinocllore, serpentine, clino-enstatite, trémolite abondante, talc et minéral opaque abondant ...

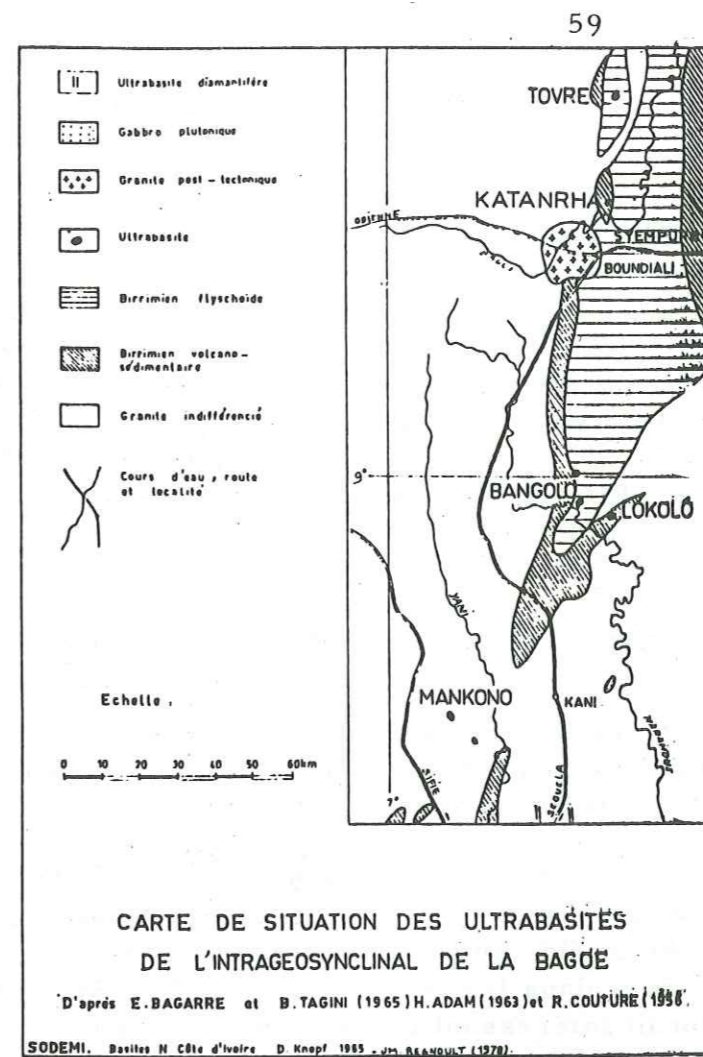


Fig. 18

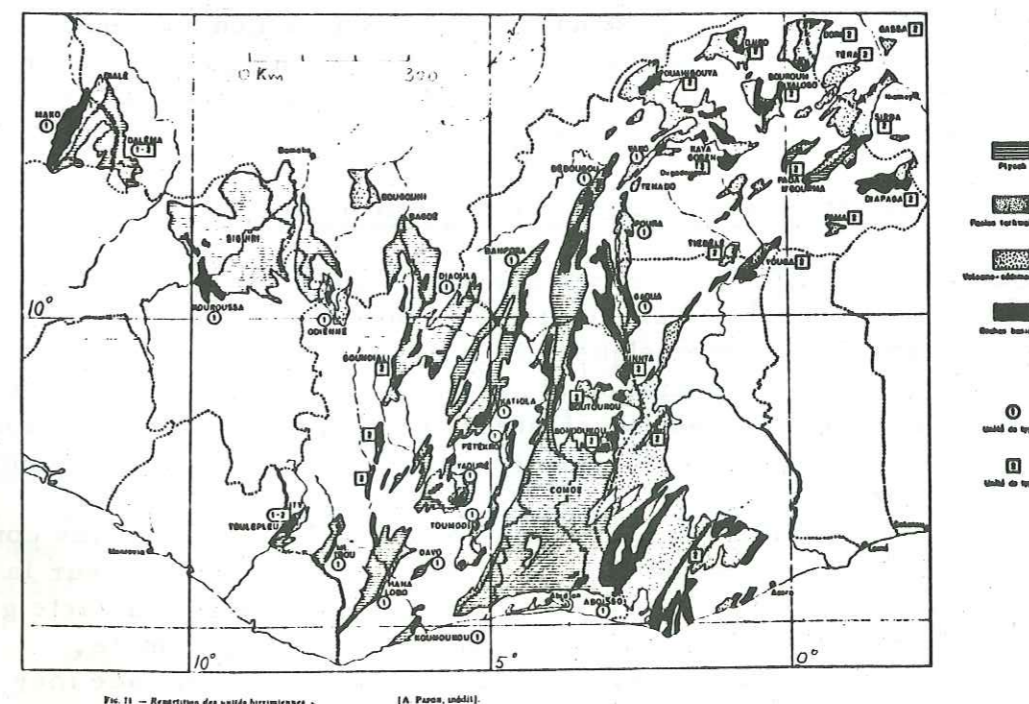


Fig. 19 : Répartition des unités birrimiennes d'après PAPON (in BESSOLES, 1977).

structure lamellaire ... grandes lames de trémolite incolore et de chlorite ... les paramètres magmatiques coïncident parfaitement avec ceux des komatiites ivoiriennes décrites précédemment.

KNOFF signale, d'après COUTURE, une roche macroscopiquement semblable à 10 km au SE de BOUNDIALI et une autre à une cinquantaine de kilomètres au Nord (TOVRE). Les komatiites s'aligneraient ainsi sur près de 170 km entre TOVRE et MANKONO (Fig. 18) et selon quelques dizaines de kilomètres de large.

A l'Est de cet alignement existent d'autres komatiites possibles telles que "la hornblendite de LOKOLO", décrite par KNOFF (1965 b, p. 77) 70 km au Sud de BOUNDIALI. Elle se dispose symétriquement à celle de BANGOLO par rapport à l'extrémité sud de "l'intragéosynclinal de la BAGOE" (Fig. 18).

2.1.2. En AFRIQUE de l'Ouest et en AMERIQUE du Sud

La surface occupée par les unités birrimiennes en Afrique de l'Ouest selon PAPON (inédit, in BESOLES, 1977, fig. 71) (Fig. 19) est suffisamment vaste pour qu'il y ait une grande probabilité de découverte d'autres komatiites.

En HAUTE-VOLTA, HOTTIN et OUEDRAOGO (1975) signalent d'une part des lentilles d'U.B., péridotites serpentinisées et pyroxénolites, courantes dans les granitofides antébirrimiens, d'autre part des U.B. stratiformes associées aux laves dans les régions d'OUGA YARSE et de KORSIMOGHO-KAYA. Il serait intéressant de prospecter le sillon de BANFORA (HAUTE-VOLTA) dont l'âge de 2170 Ma. est voisin de celui de la mise en place des komatiites et qui est dans le prolongement du sillon de NIELLE. Au HOGGAR CENTRAL, FABRIES et GRAVELLE (1977) décrivent des U.M. en "couches" boudinées ou en amas lenticulaires stratifiés dans le Protézoïque supérieur volcano-sédimentaire.

Dans le BRESIL du Sud, la récente découverte de komatiites par SCHRANK et BROUSSE (1980) est un argument supplémentaire en faveur de la dérive des continents africain et sud américain. Il conviendrait donc d'en rechercher dans le Précambrien de GUYANE et du BRESIL du Nord et de découvrir l'extension possible de la C.V.B. (cf. ci-dessous).

2.2. La ceinture de roches vertes de BOUNDIALI

Si, en COTE D'IVOIRE, la présence d'autres komatiites, que nous venons d'admettre comme très probable était confirmée, on aurait ainsi à faire à un alignement sur 200 km de long et quelques dizaines de kilomètres de large (Fig. 21 entre A et B), d'une association d'une part de laves tholéitiques et komatiitiques en coussins, de sédiments schisteux, grauwackes, pélites, arkoses (YACE et CASANOVA, 1976, p. 1244) déposés en milieu sous-marin et d'autre part de granitofides abroniens.

Le cycle volcanique inférieur est de nature océanique. En effet les coulées sous-marines komatiitiques sont à la base de la pile volcanique : sur la figure 18 elles sont sur les bords du géosynclinal représentée sur la carte géologique de COTE D'IVOIRE au 1 : 1 000 000 et sur les figures 2 B et 18.

Cet alignement de "fragments discontinus ... engloutis dans une mer granito-gneissique" représentant le socle épi-libérien, correspond donc à la

définition des ceintures archéennes de roches vertes selon CONDI (1976, in BLAIS et al., 1977) et sera baptisé, par commodité, ceinture verte de BOUNDIALI ou C.V.B.

Cette ceinture qui constitue une zone de faiblesse de l'écorce terrestre est dans le prolongement des failles transformantes de Saint Paul et Romanche. Ce type de faille serait, selon SYKES (1978, in CHEVALLIER, 1979, p. 175) dans le prolongement d'anciennes zones tectoniques continentales, telles que la C.V.B., ou l'accident du SASSANDRA qui a rejoué ultérieurement en cisaillement.

La consanguinité entre les RB et RUB (cf. chapitre géochimie) nécessiterait comme dans le cas des rides médio-océaniques (HEIKEN, 1978, in CHEVALLIER, 1979, p. 118) que ces laves différenciées soient issues d'une chambre magmatique de faible volume.

Le magma primaire des komatiites, de composition picritique selon la littérature, aurait pu occuper une telle chambre, comparable au "manteau désorganisé" présent à l'aplomb des rides actuelles, et alimenter la C.V.B.

2.3. Relation socle-ceinture

On sait que le contexte tectonique des ceintures de roches vertes est variable. BROOK et HART (1974, p. 108) en rappellent quelques uns : plancher océanique, arc insulaire, voire même impact de météorite ou croûte primitive.

Nous ne pensons pas qu'il y ait eu une véritable océanisation (cf. page 63) A notre avis une étude paléomagnétique ne montrerait pas un renouvellement des flancs du rift de la C.V.B., identique à celui des rides médio-océaniques actuelles ; il serait plutôt semblable à celui des fossés continentaux est-africains (GUIBERT, 1978).

En tout cas il y aurait lieu d'établir des isochrones Rb/Sr sur roches totales du socle et de la ceinture qui désigneraient, peut-être, leur chronologie au moins relative.

En outre des dosages de terres rares comme ceux faits par HERRMAN et al. (1976, p. 7) permettraient de trancher : l'environnement éburnéen se rapprochait-il plus des associations d'arcs insulaires que d'un plancher océanique ou bien encore avec un simple "rifting" ?

En ce qui concerne cet encaissement sialique des ceintures de roches vertes, on peut se demander, à la suite de VILJOEN et VILJOEN (1969, p. 112) en AUSTRALIE et au CANADA, de BAGARRE, ARNOULD (1963, in KNOFF, 1965 b, p. 72) en COTE D'IVOIRE, si "les complexes fortement métamorphiques constituent le substratum des ceintures" ou, au contraire, si les gneiss plus ou moins migmatitiques, sont "les équivalents métamorphiques de la ceinture" (MOHAMMED-TOURET et TOURET, 1977, p. 973). La question est également valable en HAUTE-VOLTA où HOTTIN et OUEDRAOGO (1975) signalent des lentilles U.B. dans des granitofides antébirrimiens. La majeure partie de la suite komatiitique a ainsi pu être "digérée".

Le fait que le socle soit polymétamorphique avec des panneaux migmatitiques, et que la ceinture monométamorphique présente des paragénèses de schiste vert ou amphibolite n'est pas une preuve absolue de l'antériorité du socle par rapport à la ceinture.

Pour résoudre ce problème on pourrait d'abord étudier la répartition des zircons alluvionnaires pour voir si elle est contrôlée par les sédiments associés aux volcanites B et U.B. ou par les formations du socle antérieur à ces dernières ou bien encore par les granites qui lui sont postérieurs. Par exemple

dans le rapport 334 de MADON (1976 b), on remarque que les zircons se trouvent au milieu des isanomaies Co et Mn qui semblent se superposer aux roches volcano-sédimentaires associées aux roches vertes.

En outre, un intérêt tout particulier devrait être porté aux conglomérats polymictiques de la ceinture de roches vertes. Si leurs éléments apparaissaient arrachés au socle et étaient identiques de part et d'autre de la C.V.B., cela impliquerait pour cette dernière un site proto-océanique (rift) comme en Finlande d'après BLAIS et al. (1977) et écarterait l'hypothèse d'un vaste océan commun.

En conclusion l'encaissant très divers des komatiites pose le problème de leur âge : archéen ou birrimien ?

2.4. Choix d'un modèle : volcanique ou orogénique ?

2.4.1. Modèle volcanique

On aurait eu à faire à un volcanisme fissural lié à un système de horst et graben. Il est parfaitement concevable dans notre cas, du fait de l'absence d'appareil volcanique qui laisse présager des émissions fissurales et en raison d'un métamorphisme et d'une tectonique faible. On peut alors envisager le processus suivant : à la fin de l'Archéen l'apport de matière crée par la montée du magma provoque un bombement de la croûte puis sa fracturation et son affaissement. Au droit de l'emplacement actuel de la C.V.B. un graben se crée par effondrement, subsidence du bloc central et s'accompagne en profondeur de fractures d'extension, peut-être à pendage interne comme dans les modèles retenus pour les caldeiras. Par ces zones de faiblesse le magma monte sous pression comme en témoignent le fort coefficient d'explosivité des orthométamorphites (30 % selon YACE, 1976) et les "coulées mousseuses" komatiitiques de KA. et PO. L'injection de ce magma dans les fractures est à l'origine des dykes qui peuvent être considérés comme les filières des coulées sous-marines. Le mécanisme de mise en place de ces dernières a pu être semblable à celui mis en évidence aux Kerguelen par MAROT et ZIMINE (1977, in CHEVALLIER, 1979, p. 55) ou en IRAN (M. H. EMANI, com. or.). L'âge de l'ouverture E-W de ce paléorift dans une croûte ensialique mince, a pu avoir lieu vers 2200 Ma. d'après la datation des dolérites de BOUNDIALI alignées selon N-S (Fig. 2 B). Mais étant donné que les RB et RUB birrimiennes ne représentent qu'un volume relativement faible, le stade d'océanisation pouvant conduire à un eugéosynclinal typique, n'a sans doute jamais été atteint.

Ce système de fractures bordières, analogue à celui délimitant les bassins intracratoniques (fossé des Grands Lacs) ou des rifts protocontinentaux, expliquerait la répartition sporadique des affleurements de komatiites ivoiriennes.

Toutefois la ressemblance s'arrête là car, il n'y a pas de carbonatite (TAGINI, 1971, p. 43). Par contre on a signalé que la quasi totalité de nos roches vertes avaient été affectées par une trémolitisation nécessitant un stock-calcium important. Quelle en est l'origine ? En outre ce caractère est-il lié à une augmentation de la fraction moléculaire de CO₂ dans la phase fluide comme l'attesterait les bulles de nos laves ultrabasiques provoquées par la richesse en gaz primaire comme celle observée dans les émissions du NYARAGONGO (SAHAMA, 1961-1962, in GUIBERT, 1978).

En tout cas, il est peu probable, comme le pensent MOHAMMED - TOURET et TOURET (1977, p. 977) que ce calcium ait été contenu dans la roche originelle. Est-il concevable qu'il y ait eu assimilation d'un magma carbonatitique ?

En définitive ce modèle de mise en place, au Birrimien inférieur, de komatiites et de roches associées par volcanisme fissural, c'est-à-dire de manière "passive" sans marge active, peut se concevoir dans la mesure où la minceur de la croûte archéenne facilite d'une part sa fracturation et d'autre part la montée rapide du magma basique. Rappelons que la formation d'une ceinture de roches vertes s'effectuerait sur un court laps de temps, soit 100 à 200 Ma. selon HAWKES WORTH et O'NIONS (1976, p. 515), BLAIS et al. (1977), ARNDT et al. (1977). L'ascension du magma basique peut selon l'hypothèse de BARD (1975 b) s'accompagner de la fusion sèche de la croûte subsidente à l'origine des granodiorites précoces abroniennes.

2.4.2. Modèle "orogénique"

Nous allons tenter ici de voir si les caractères géochimiques, métamorphiques et métallogéniques des komatiites ivoiriennes permettent de concevoir leur genèse dans l'optique de la tectonique des plaques.

a) - Caractères géochimiques

Bien que les roches B et UB ivoiriennes suivent la dérive géochimique des basaltes de la ride médio-océanique (M.O.R.B.), les rapports CaO / TiO₂ et Al₂O₃ / TiO₂ (Fig. 22) ne sont pas aussi élevés que dans les séries ophiolitiques lorsque la teneur en TiO₂ est basse (SUN et NESBITT, 1978). Subjectivement il semble impossible de trouver des ophiolites (au sens alpin) et de concevoir des collisions tectoniques intercontinentales dans les ceintures mobiles du Protérozoïque. En effet à cette époque, les mouvements de convection et les points chauds étaient insuffisamment ordonnés pour provoquer la rupture de la croûte et l'ouverture d'un vaste bassin océanique.

Lors du traitement A.C.P.N. (Fig. 17), la structure géochimique des 111 analyses anonymes projetée dans l'espace réduit aux deux premiers facteurs, place les tholéiites s. lat. ivoiriennes dans la partie positive de l'abscisse, parmi les cénotypes du JAPON, c'est-à-dire dans un environnement d'arc insulaire simple.

En tout cas, les komatiites et tholéiites ivoiriennes associées restent liées à un domaine marin (océan ou arc insulaire simple), dans un milieu essentiellement ensialique.

b) - Caractères métamorphiques

Le métamorphisme éburnéen est de basse pression dans les faciès schistes verts et épidote - amphibolite.

c) - Caractères métallogéniques

En considérant les diagrammes des coefficients d'accumulation des "U.B. attardées" (Fig. 20) auxquelles les komatiites ivoiriennes peuvent être comparées (cf. page 58), on constate que :

° les sous-types de MANKONO et NIELLEPUO, à 80 km au Nord de KATIOLA (Fig. 20), sont presque aussi riches en Cu qu'en Ni et proviendraient à notre avis de coulées komatiitiques à spinifex.

° le sous-type KOUME, au Nord de DORI (N-E HAUTE-VOLTA, Fig. 19) est nettement plus riche en V et indique une contamination sialique plus importante et par conséquent une moins grande abondance de croûte océanique. Les occurrences U.B. migmatisées de KOUME (KNOFF, 1965 b, p. 89) proviendraient de la différenciation d'un pluton et non pas d'une coulée komatiitique. La raison en serait que vers le GHANA le bassin marginal était essentiellement ensialique.

On sait que l'association Cu - Pb - Zn des ensembles volcano-sédimentaires est typique des minéralisations d'arc insulaire ou de marge continentale active. Or de tels amas sulfurés semblent exister vers ODIENNE (SODEMI, travaux en cours), au NW du pays.

En outre, si l'altération de nos roches a pu fausser les résultats des dosages géochimiques en cuivre, à MANKONO par contre on a décelé des teneurs élevées en Cu dans les komatiites que nous supposons.

Ces "arguments" d'ordre métallogénique sont en faveur d'une croûte océanique ou d'une marge continentale active fini-libérienne à birrimienne. Dans cette hypothèse, MANKONO appartiendrait au domaine interne de l'arc, donc à la C.V.B., alors que KOUME serait en position externe.

d) - Problème de l'océanisation

Selon GALE (1973, in BROOK et HART, 1974), les basaltes komatiitiques paléozoïques associées aux tholéiites pauvres en potassium prouvent un régime de croûte océanique. Par contre BROOK et HART (1974) écrivent que les komatiites péridotitiques et basaltiques ne prouvent pas une mise en place selon un modèle orogénique. Cependant à WAWA (ONTARIO) l'association de basaltes komatiitiques avec des basaltes, andésites, dorites et rhyolites témoignerait, d'après une étude statistique portant sur 20 000 échantillons, d'un arc volcanique plutôt que d'une croûte océanique.

En ce qui concerne la COTE D'IVOIRE, on a à la fois, des tholéiites pauvres en potassium (YACE, 1976) et des komatiites associées à des laves calco-alcalines (YACE et présent mémoire). Le choix du mode de mise en place des komatiites en fonction de ce qui vient d'être dit, est donc délicat.

Bien que, rappelons le, les échantillons basaltiques de TY, principalement, et certains de KA. (et PO.) suivent (Fig. 22) la dérive géochimique des basaltes de la ride médio-océanique (M.O.R.B.). "Au fur et à mesure que le degré de fusion partielle augmente, c.à.d. lorsque TiO_2 décroît, les rapports CaO / TiO_2 et Al_2O_3 / TiO_2 se rapprochent de ceux des komatiites péridotitiques à texture de spinifex et du modèle pyrolitique"

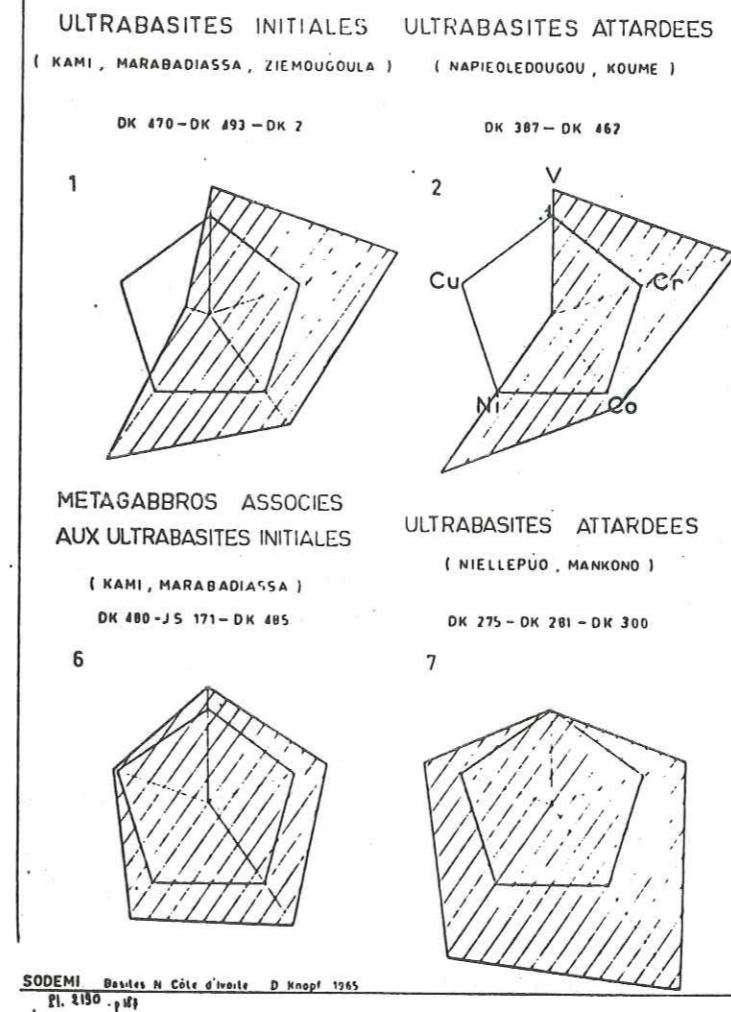


Fig. 20

Diagramme des coefficients d'accumulation pour : V, Cr, Co, Ni et Cu. L'échelle est logarithmique, le rayon du pentagone vaut l'unité. MANKONO se trouve sur la figure 18.

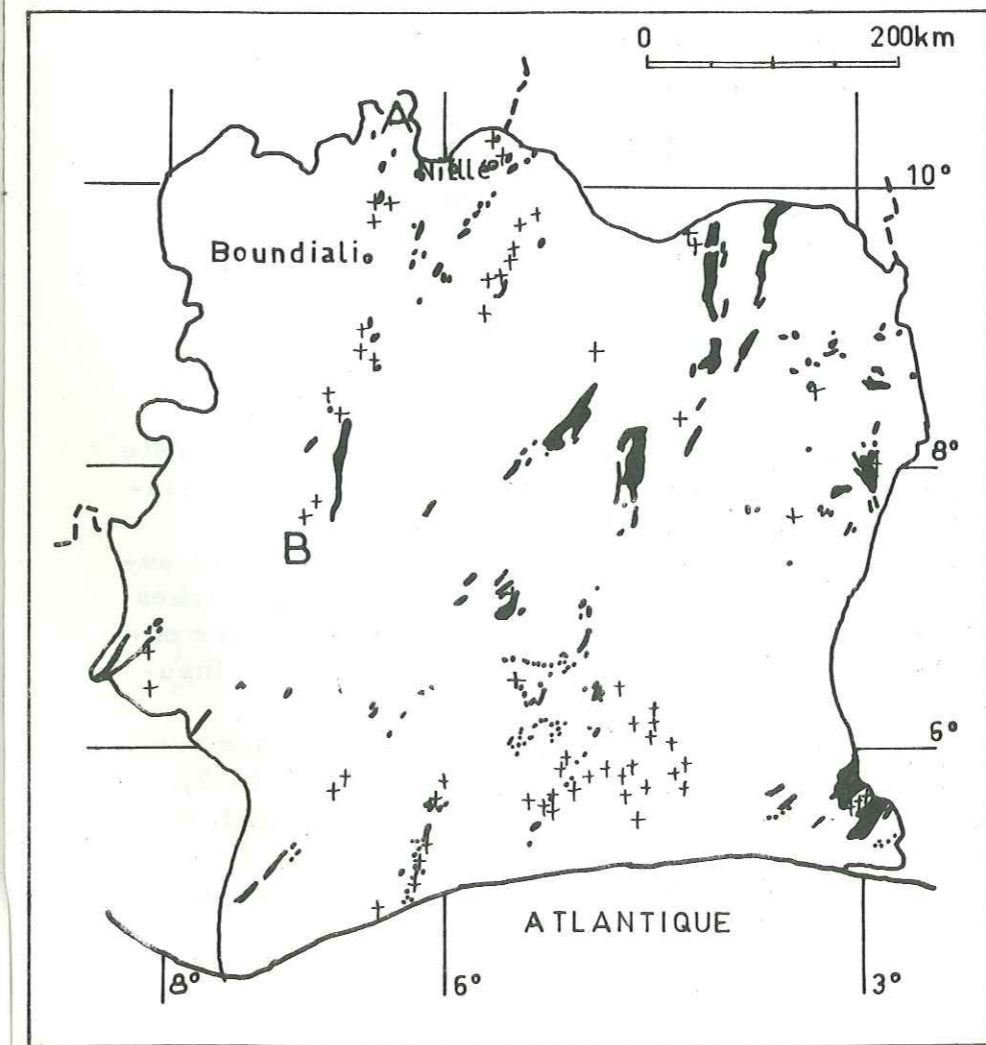


Fig. 21

Métavulcanites du magmatisme initial (noir) et plutons U.B. et B. (croix) (d'après TAGINI, 1971).

De A à B, ceinture de roches vertes de BOUNDIALI (C.V.B.).

(SUN et NESBITT, 1978), assurant ainsi la continuité magmatique entre les tholéiites s. lat. et les komatiites. Cependant le caractère pulsatif du volcanisme éburnéen est loin de celui du volcanisme des rides médio-océaniques, toujours plus continu et homogène.

En outre la répartition des basites birrimiennes (Fig. 19) et plus spécialement des "plutons UB et B" équivalents, semble-t-il, des komatiites (Fig. 21), est trop peu dense pour qu'il y ait eu océanisation. A moins bien sûr de supposer que la granitisation baoulée ait tout assimilé, ce qui est peu probable car son chimisme plutôt alcalin ne permet pas d'envisager une telle contamination.

En fin de compte, l'association des granites recoupants, tels que les granites précoces d'âge abronien (Fig. 3), avec nos complexes komatiitiques nous amène à la comparer avec celle des arcs insulaires (TONGA, ILE SANDWICH du SUD, RINGWOOD, 1974, in HAWKESWORTH et O'NIONS, 1977), plutôt qu'avec celles d'un plancher océanique.

D'ailleurs cette mise en place volcanique selon un arc s'accorde parfaitement avec le fait que les coulées komatiitiques de WE. par exemple, sont concordantes sur leur encaissant volcano-sédimentaire peu métamorphique.

2.5. Comparaisons avec d'autres occurrences komatiitiques dans le monde

La C.V.B. présente de nombreux points communs avec les ceintures de roches vertes de RHODESIE et d'AFRIQUE du SUD. On retrouve en effet le même continent (GONDWANA), des cratons stables, un métamorphisme polyphasé (BARD et LEMOINE, 1976) et surtout un chimisme voisin de celui des komatiites.

Leur pauvreté relative en MgO les rapproche de celles d'AFRIQUE du SUD (VILJOEN et VILJOEN, 1969, cf. tableaux 1 et 3) mais les éloigne de celles du CANADA ou d'AUSTRALIE. Dans la figure 22 b, $\frac{Al_2O_3}{TiO_2}$ - TiO_2 où sont situées nos coulées U.M. et M. par rapport à d'autres associations (M.O.R.B. pyrolite, etc. ...), celles de WE., PO., KA. tombent dans le domaine des komatiites de BARBERTON, confirmant ainsi leur rapprochement avec celles d'AFRIQUE du SUD.

2.6. Conclusion

Cette étude tend à montrer l'existence, en COTE D'IVOIRE, d'une croûte océanique, fragmentaire ou non, durant le Protérozoïque inférieur et matérialisée par des coulées komatiitiques péridotitiques sous-marines (WE.).

En l'état actuel des travaux il paraît prématuré d'opter pour l'un ou l'autre des modèles proposés pour l'évolution structurale de la ceinture de roches vertes de BOUNDIALI (Fig. 21). La solution pourrait être intermédiaire entre un volcanisme fissural dans un domaine continental et un arc insulaire lié à un jeu de plaques et à une amorce d'océanisation.

Après la mise en évidence d'une croûte océanique au Protérozoïque supérieur au Nord et à l'Est et à l'Ouest du craton ouest africain (ROCCI, 1977), la découverte récente de komatiites anté-Précambrien supérieur au BRESIL du Nord (SCHRANK et BROUSSE, 1980) et de komatiites protérozoïques inférieures, dans le Nord de la COTE D'IVOIRE, on peut penser qu'un

régime d'océanisation, proche de celui envisagé dans le modèle de la tectonique intraplaques (cf. la subfluence de KRONER, 1979), a pu exister au Protérozoïque.

Dans ce cas le craton guinéen qui est cerné par une double ceinture orogénique d'âge précambrien inférieur (cycle éburnéen) et précambrien supérieur (cycle pharusien) apparaît comme une proto-plaque d'âge au moins archéen.

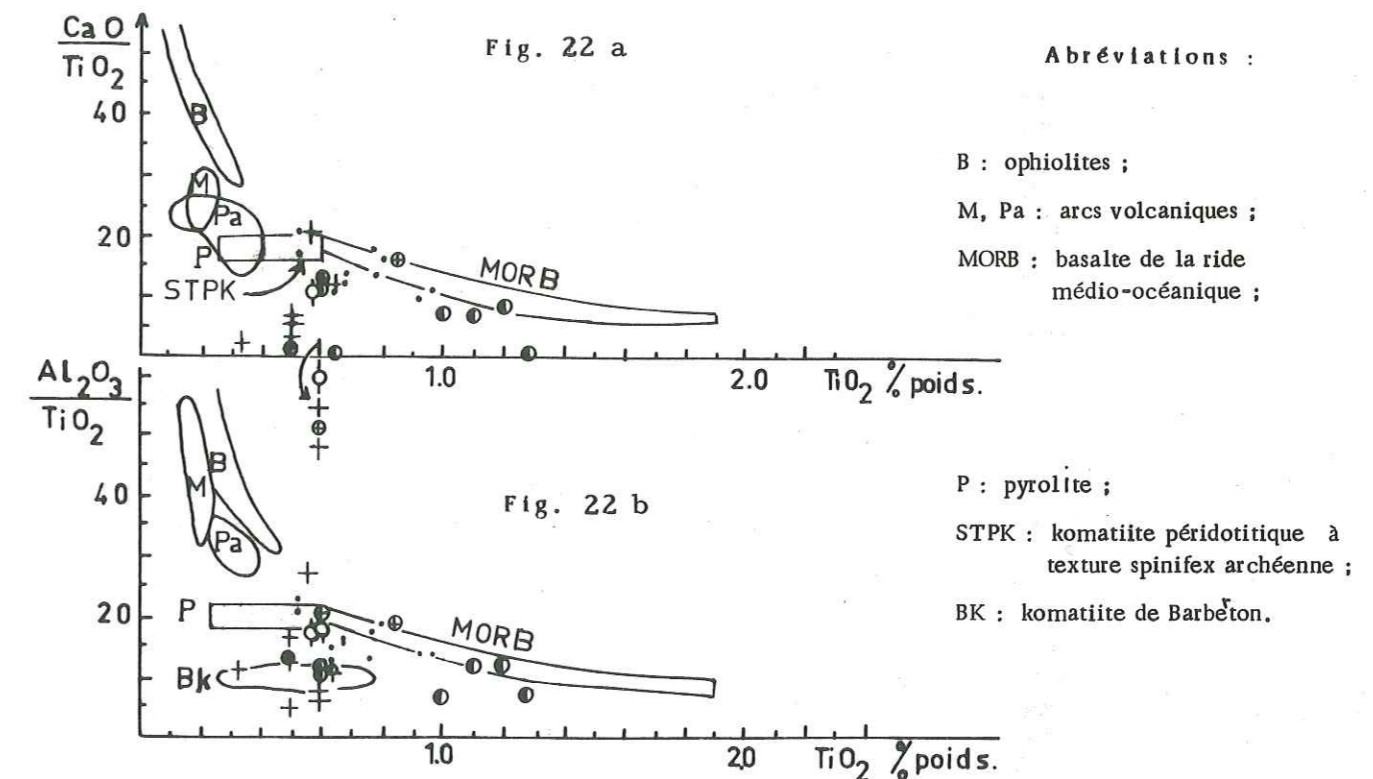


Fig. 22 : Diagramme montrant la variation de TiO_2 en fonction de $\frac{CaO}{TiO_2}$ et

$\frac{Al_2O_3}{TiO_2}$ pour des laves très magnésiennes et des basaltes dérivant d'ophiolites, d'arc insulaire, de bassins inter-arcs et de rides médio-océaniques. Lorsque le degré de fusion partielle augmente (c. à d. quand TiO_2 décroît), les rapports $\frac{CaO}{TiO_2}$ et $\frac{Al_2O_3}{TiO_2}$ du M.O.R.B. croissent et se rapprochent de ceux du SBTk et de P (d'après SUN et NESBITT, 1978).

CHAPITRE III

PREMIERE PARTIE - GEOCHIMIE

I. CHIMISME DES COULEES U. M. ET DES ROCHES ASSOCIEES.1.1. Avertissement

L'étude porte sur les éléments majeurs et en traces traités dans les conditions exposées page 7 .

On a choisi les diagrammes d'identification et d'évolution le plus fréquemment utilisés dans la bibliographie afin de faciliter les comparaisons avec les résultats qui y figurent.

1.2. Classification géochimique1.2.1. Rappels

Depuis VILJOEN (1969) les classifications géochimiques des komatiites ont fait l'objet de nombreuses définitions, finalement ARNDT et al. (1977, p. 366) proposent la suivante : " - la suite komatiitique comprend des roches non cumulatives avec une composition allant de la péridotite (env. 30 % MgO, 44 % SiO₂) à un basalte (8 % MgO, 52 % SiO₂) ou à l'andésite (12 % MgO, 56 % SiO₂), et des roches cumulatives allant de la péridotite (plus de 40 % MgO) au mélagabbro (env. 12 % MgO). Les compositions des roches non cumulatives ressemblent fortement à celles des liquides silicatés dont elles dérivent (. . .)

- Tous les membres de la série (komatiitique) ont un bas FeO / (FeO + MgO), des teneurs faibles en TiO₂ et fortes en MgO, NiO, Cr₂O₃ et quelques uns, mais pas tous, ont un rapport CaO / Al₂O₃ élevé."

Vu la fréquence des komatiites pyroxénitiques dans les boucliers archéens, ARNDT (comm. or. in FRANCIS et HYNES, 1979) ne parle de komatiites que s'il y a présence de liquide ayant la composition des komatiites péridotitiques.

ARNDT et al. précisent, et c'est notre cas, que s'il y a mélange des lignées tholéitiques s. str. et calco-alcalines (ALSAC, 1968 . YACE, 1976), il est délicat d'extraire les critères d'identification chimique d'un type komatiitique particulier (ex. : les komatiites péridotitiques).

Parallèlement, aux possibilités de contamination par les granitofides environnants, d'assimilation des magmas des séries ivoiriennes, le rôle de la métasomatose varie suivant les auteurs. Ainsi AUVRAY et MAILLET (1977, p. 957) énoncent après les restrictions d'usage, qu'une mobilité importante des alcalins et de la silice au cours de la spilitisation ne peut être mise en évidence dans les volcanites calco-alcalines infracambriennes du Massif armoricain. De même LASSERRE et LAVERNE (1976, p. 135) démontrent que Al, Fe, Mg, Ti, Co, Cr, Ni sont stables dans les processus d'altération, comme la spilitisation.

1.2.1 bis Les observations

Une première subdivision géochimique peut se baser sur l'oxyde présentant l'éventail de concentration le plus large (Annexe 1) :

$4.96 \leq \text{MgO} \% \leq 34.86$, avec une moyenne arithmétique proche de 23 % si l'on ne tient pas compte des échantillons de TY., considérés comme non komatiitiques à cause des critères de terrain et de leur chimisme. Le hiatus entre 12 et 16 %, probablement imputable à l'échantillonnage, correspondrait au domaine des basaltes et des gabbros picritiques. Même si les coupures délimitant les différentes classes pétrographiques sont assez variables selon les auteurs (ARNDT, NALDRETT, VILJOEN . . .) elles correspondent assez bien à la classification pétrochimique CIPW (chapitre pétrographie, page 40) et mettent en évidence (Ann. 1 A) chaque membre de la suite komatiitique de Nord COTE D'IVOIRE à partir des analyses chimiques anhydres recalculées à 100 (les échantillons de TY. placés entre parenthèses n'appartiennent pas à cette suite) :

- $40 < \text{MgO} \%$, dunite : WE. 44 = 39,72 % atteint presque cette valeur;
- $30 \leq \text{MgO} \% < 40$, péridotite : WE. 55 - 83 - 88, PO. 18 ;
- $20 \leq \text{MgO} \% < 30$, pyroxéno-péridotite (harzburgite) : WE. 36 - 57 - 59, KA. 25 - 26 - 31 - 43 - 69, NA. 20, (TY. 135 - 140) ;
- $12 \leq \text{MgO} \% < 20$, pyroxénolite (hypersthénite, webstérite) : WE. 32, KA. 29, NA. 14; PO. 35, (TY. 113 - 114 - 127) ;
- $10 \leq \text{MgO} \% < 12$, basalte magnésien (basaltes mésocrates) : (TY. 102 - 141) ;
- $\text{MgO} \% < 10$, basalte : KA. 16, PO. 27, (TY. 83 - 88 - 95 - 151).

La présence de textures spinifex typiques du liquide des coulées komatiitiques montrent que ces analyses (WE. 44 - 55 - 88 ; KA. 26 ; PO. 18 ?) sont représentatives du magma silicaté primaire (PYKE et al. in NALDRETT et CABRI, 1976, p. 1134).

Dans un premier temps nous allons étudier la géochimie de nos laves et roches associées à l'aide des diagrammes de KUNO et de YODER et TILLEY, précurseurs de ce genre de classification dans les séries alcalines et subalcalines.

1.2.2. Les diagrammes de KUNO (Fig. 23) et de YODER et TILLEY (Fig. 25).

Les divisions de KUNO (1968) relatives aux lignées évolutives des roches basaltiques ne sont guère adéquates pour subdiviser les séries komatiitiques. Cet auteur (1968, p. 627) reconnaît que le diagramme $\text{Al}_2\text{O}_3 - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ (Fig. 23) ne s'adapte pas aux basaltes riches en fer qui représentent un stade avancé du fractionnement (si l'on admet cette théorie pour les komatiites).

Le comportement des alcalins change suivant qu'ils appartiennent à la série komatiitique ou tholéiitique. On notera d'une part l'absence de l'intervalle de la silice compris entre 52,5 et 56,0 % et d'autre part une concentration en Al_2O_3 pour un SiO_2 donné toujours inférieur aux domaines initialement définis par KUNO.

La faible différenciation des séries doit provenir de l'échantillonnage qui n'intéresse que les faciès U.M. et M. : la majorité des points sont à tendance tholéiitique, sans jamais atteindre le domaine tholéiitique franchement alumineux.

Les échantillons de TY., à tendance tholéiitique, sont bien sûr plus riches en alcalins que ceux de la tendance komatiitique (WE., PO., KA.) qui sont peu représentés.

Dans ce diagramme $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$, les échantillons, fortement décalés vers l'origine, se placent dans le domaine des tholéiites aphyriques ou des basaltes effusifs ou hyaloclastiques des coulées U.M. sous-marines d'IMREH (1978, fig. 5).

Le diagramme complémentaire du précédent est celui de YODER et TILLEY, $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$ (Fig. 25), qui étudie le comportement de la silice par rapport aux alcalins. Son objectif, qui est de classer les différentes catégories de basalte en fonction de leur fractionnement n'est guère davantage valable : plus de la moitié des points s'alignent près de l'abscisse de référence et ne dépassent pas 0,5 % d'alcalins. Ces points se placent dans le domaine alcalin et un peu dans le domaine alcalin-calcique selon les coupures inspirées du diagramme de calco-alcalinité de BARTH (1951, in YACE, 1976, fig. 30). De LA ROCHE (1978, fig. 7) modifie le diagramme YODER-TILLEY en remplaçant les ordonnées par $\text{Na}_2\text{O} + 0,7 \text{K}_2\text{O}$ et en reportant en abscisse la position des minéraux types.

K_2O étant très faible dans les komatiites, on peut l'assimiler à $0,7 \text{K}_2\text{O}$, dans ce cas les roches se rangent entre l'olivine magnésienne (vers l'origine) et Cpx - Opx donc vers des "basaltes" très peu fractionnés (hormis les roches de TY.).

YACE (1976, fig. 30) dans les orthométamorphites de DIVO, avait noté la forte dispersion des alcalins qui atteignent 6, contre 2,5 ici, pour le même intervalle de variation de SiO_2 . Pour YACE les spilites et les kéraatophyres (issus d'un magma basaltique : simique) sont relativement rares, par contre le fort enrichissement en potasse est sans doute dû à un magma anatectique (sialique).

Le fractionnement des ferromagnésiens est assez prononcé puisque MgO / FeO total varie de près de 3 à WE. et 0,4 à TY. dans le diagramme où la majorité des points s'alignent sur le côté FeO - MgO du triangle, avec une forte attraction par le pôle Mg ; cependant les komatiites birrimiennes restent nettement moins fractionnées que les basaltes cénozoïques du JAPON, de COREE et de MANDCHOURIE.

En raison du métamorphisme, "la reconnaissance des roches du type calco-alcalin et tholéiitique doit être basée sur des critères chimiques plutôt que minéralogiques". D'après ce qui a été dit sur les alcalins par AUVRAY et LASSERRE (cf. page 46) nous utiliserons le diagramme A.F.M., à la suite d'IRVINE, BARAGAR et HAWKESWORTH, O'NIONS (1977, p. 497). Cependant ce diagramme est actuellement très controversé car pour d'autres auteurs le rôle de ces alcalins au cours du métamorphisme le rendrait peu fiable.

1.2.3. Diagramme A.F.M. (Fig. 24) de WAGER et DEER

Les roches sont de plus en plus différenciées. Elles montrent un enrichissement en fer de WE. vers KA. puis NA. et PO., en suivant le "trend" de différenciation extrapolé des tholéiites. Quant à celles de TY., elles s'alignent suivant le trend calco-alcalin.

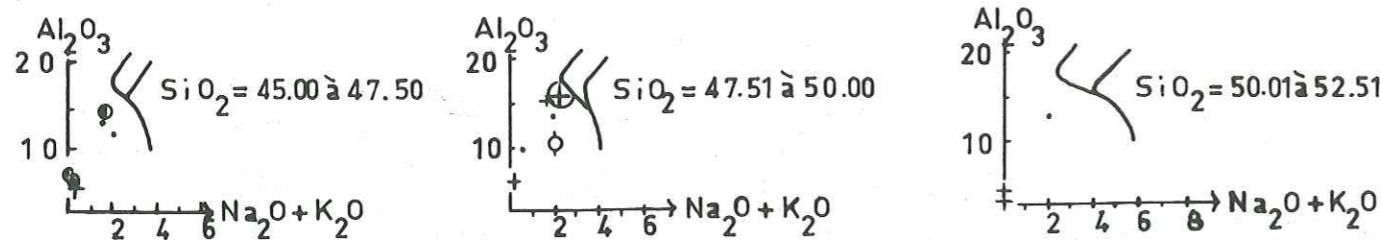


Fig. 23.

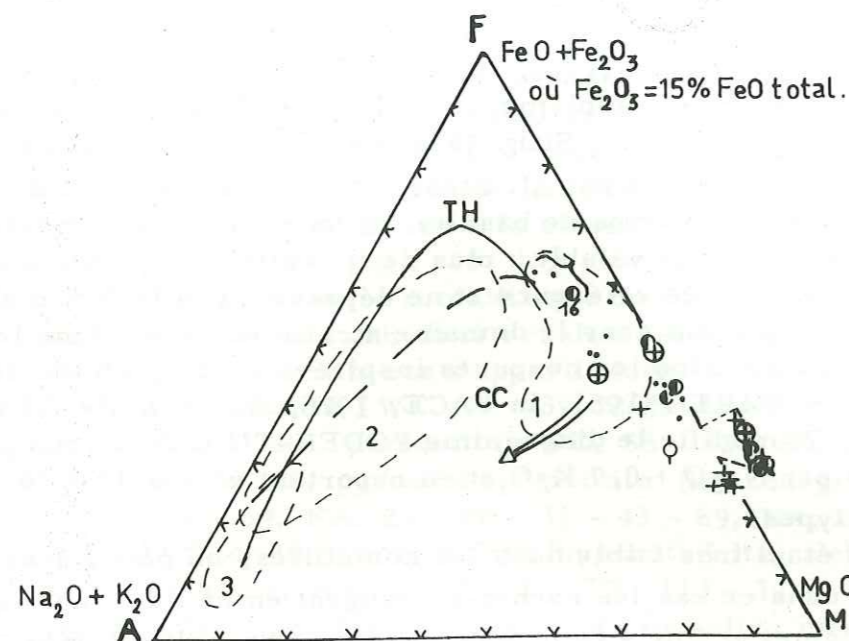


Fig. 24.

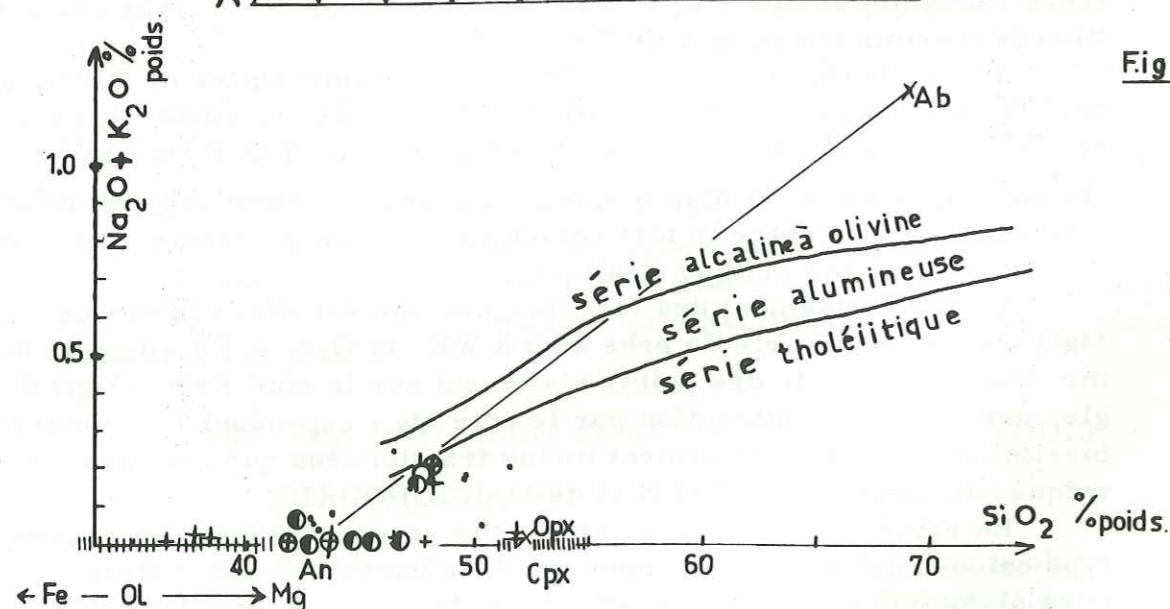


Fig. 25.

Fig. 23 : Diagramme $Al_2O_3 - (Na_2O + K_2O)$ des lignées évolutives de roches basaltiques de KUNO (1968). Noter l'absence de roches dans l'intervalle $SiO_2 = 52.51 - 56.00$ et le décalage vers l'origine des lignées à tendance komatiitique. Les oxydes sont en % poids.

Fig. 24 : Diagramme A. F. M. de WAGER et DEER. Les roches sont pauvres en alcalins mais riches en Fe, Mg. Noter l'importante variation de MgO / FeO^* . Symboles des différents domaines : TH, tholéiitique ; CC, calco-alcalin ; selon YACE (1976) : 1 méta-gabbro, dolérite ; 2 métadacite ; 3 métarhyolite ; double flèche, contamination hydrothermale (granitisation, autopneumatolyse). Accolade : les orthométamorphites de TYASSO s'inscrivent dans le domaine des métavolcanites non U. M. d'IMREH (1978).

Fig. 25 : Diagramme de YODER et TILLEY sur lequel figurent les minéraux types (croix et hachures) d'après De La ROCHE (1978) en supposant $Na_2O + K_2O$ peu différent de $Na_2O + 0.7 K_2O$.

Les orthométamorphites de TY. et KA. 16 s'inscrivent bien dans le domaine des métavolcanites non U. M. d'IMREH (1978) et dans celui des métagabbros-dolérites de YACE (1976, fig. 29).

Comme chez GUIBERT (1978, p. 84) nous avons une série méso-à mélanocrate où les orthométamorphites les plus mafiques sont le long du côté F - M (cumulat). Il est important de noter que la séparation des phases MgO et FeO se fait sans hiatus, de façon progressive. Ceci ne "prouve" pas malgré tout une différenciation continue car comme nous le verrons ultérieurement, l'évolution magmatique peut être plus complexe.

Si on compare les échantillons de Nord COTE D'IVOIRE aux métagabbros-dolérites (1), aux métadacites (2), aux métarhyolites (3) de YACE (1976, fig. 29), les domaines définis par ce dernier montrent un enrichissement en fer moins prononcé et un nuage plus diffus, plus "ventru" qui les rapproche du trend calco-alcalin, alors que nos échantillons décrivent une pente plus redressée et étroite, plutôt en faveur du "trend tholéiitique".

Cette comparaison a l'avantage de montrer qu'en COTE D'IVOIRE on peut penser à une continuité magmatique des rhyolites aux komatiites.

Dans le diagramme de la figure 24 les points s'alignent parfaitement avec les roches vertes archéennes de RHODESIE d'HAWKESWORTH et O'NIONS (1978, fig. 3).

1.2.4. Diagramme de FONTEILLES : $Al_2O_3 - FeO$ total - MgO (Fig. 26)

Un diagramme complémentaire du précédent est celui de FONTEILLES (1976) "qui situe l'apparition des plagioclases par rapport au processus de la différenciation des silicates ferro-magnésiens et est fondé sur les éléments chimiques les moins mobiles au cours des phénomènes de métamorphisme ou de serpentinisation" (BESSON et CAPITANT, 1976, p. 353). Ces deux auteurs, à la suite de FONTEILLES et MIYASHIRO constatent que MgO, $FeO + Fe_2O_3$, Al_2O_3 , TiO_2 demeurent inertes (ceci est équivalent à un système clos), et que SiO_2 et CaO ont une mobilité modérée.

Sur ce diagramme nous avons porté les domaines des komatiites U. M. et M., et ceux des basaltes tholéiitiques et calco-alcalins d'après la figure 4 de FRANCIS et HYNES (1979) qui correspondent respectivement aux cumulats et aux liquides de BESSON et CAPITANT.

Au cours du refroidissement les points qui appartiennent presque tous aux domaines U. M. et M., s'étirent en suivant approximativement les courbes des cumulats en direction du pôle des plagioclases :

- en suivant les courbes de fractionnement (VENSEN, in FRANCIS et HYNES, 1979, fig. 5) de l'olivine (cumulat T.T.) et de l'olivine-pyroxène (cumulat C.C.) pour la majorité des points, la teneur moyenne en anorthite normative du plagioclase varie de An 89 à An 66 alors que celle en TiO_2 décroît régulièrement de 1.0 à 0.5 % poids ;
- moins du cinquième des analyses s'aligne sur la courbe d'évolution du liquide tholéiitique (T.T.). Hormis peut-être PO. 27, aucun point ne semble se disposer sur la courbe "liquide" calco-alcalin (C.C.).

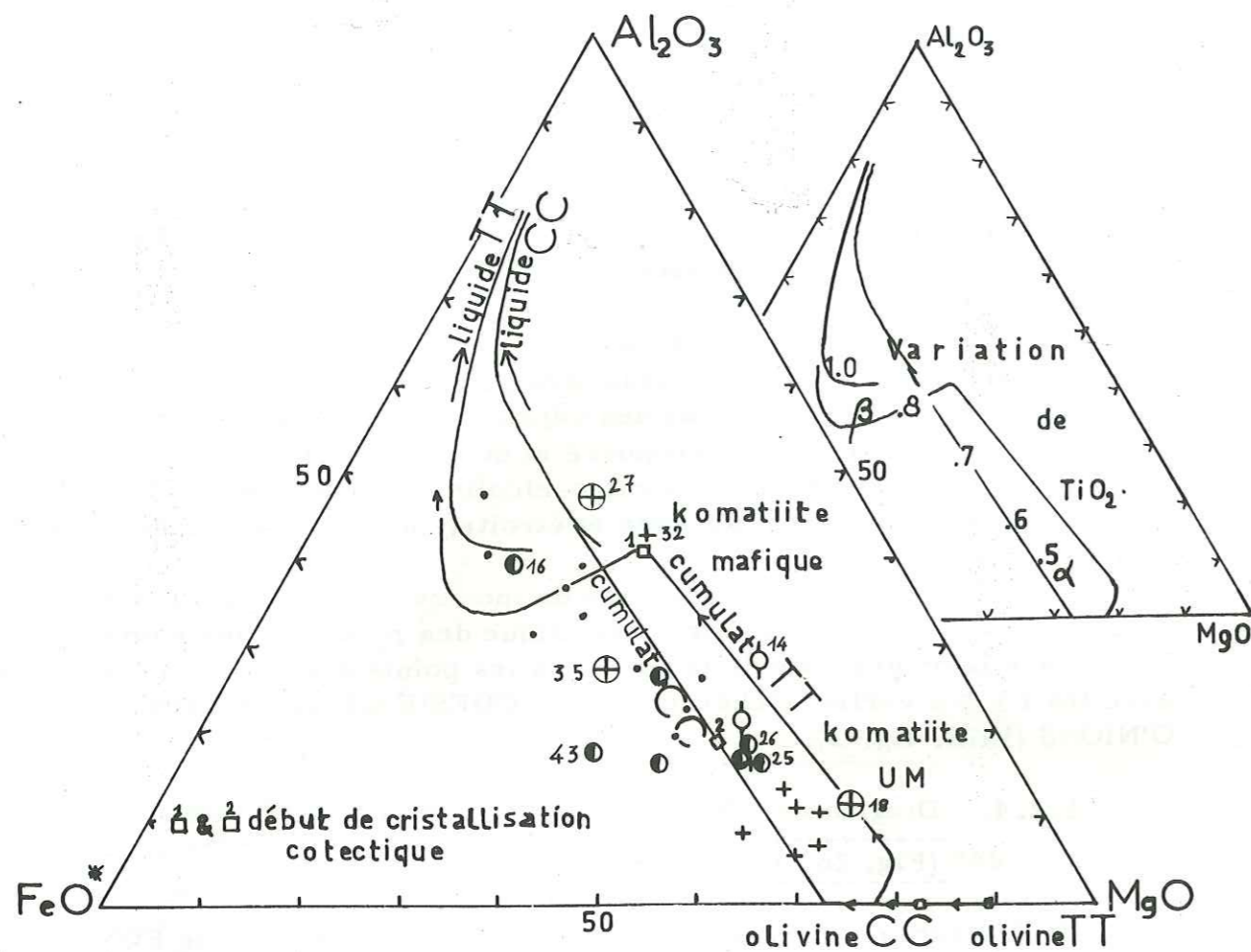


Fig. 26 : Diagramme de FONTEILLES, $Al_2O_3 - FeO - MgO$. Il situe l'apparition des plagioclases par rapport au processus de différenciation des silicates ferro-magnésiens. Les domaines des komatiites U, M, et M. sont reportés d'après DONALD et al. (1979).
 Ci-contre figure la variation TiO_2 dont la régularité est plutôt en faveur de l'évolution d'un liquide picritique tholéiitique (BESSON et CAPITANT, 1976).
 Symboles : α , fractionation intensive des olivines et des pyroxènes dans la suite komatiitique ; β , fractionation précoce des plagioclases dans la suite tholéiitique ; CC, calco-alcalin ; TT, tholéiitique.

Le fractionnement précoce des feldspaths dans les roches volcaniques (TY. et KA. 16) se produit quant on approche de la courbe d'évolution du liquide des tholéiites ; simultanément le liquide résiduel s'enrichit en TiO_2 et FeO (cf. KA. 16).

Remarquons deux coupures qui correspondraient au début de cristallisation cotectique 1 (WE. 32 ?) et 2 de la figure de BESSON et CAPITANT avec la cristallisation normative de :

- bytownite An 89 dans le cas d'un magma calco-alcalin ;
- labrador An 66 dans le cas d'un magma tholéiitique.

En l'absence de lame mince d'un échantillon analysé chimiquement et présentant une structure harrisitique (Cpx et plagioclase, par exemple) il n'est pas possible de définir le début de cristallisation cotectique de nos roches.

L'échantillon KA. 43 est à l'extérieur du nuage de points parce que la "vésiculation", les oxydes de fer, la matrice basaltique sont abondants. Il possède les plus fortes teneurs en Ni (2 120 ppm) et Cr (3 280 ppm) de la série komatiitique de KA. A cause de l'altération, des trous, les sulfures ne se voient pas sous le microscope, mais les teneurs de KA. 43 restent élevées par rapport à celles des komatiites de BARBERTON et de l'ABITIBI québécois (Fig. 31, page 79).

D'après des études à la microsonde, le contrôle des olivines et des pyroxènes sur le nickel et le chrome semble avoir été exagéré dans le passé : leurs compositions chimiques ne contiennent qu'un infime pourcentage de ces métaux qui proviennent des rares gouttelettes de sulfures et de spinelles, piégées dans leurs réseaux silicatés (comm. or. PIBOULE, 1980).

Par conséquent la notion, trop théorique, de coefficient de partage de Ni et Cr entre l'olivine et le pyroxène serait à reconsidérer à la lumière de cette technique d'analyse fine.

La dérive géochimique vers le "trend" calco-alcalin peut être liée à l'assimilation de roches granitiques ou de sédiments siliceux ou être indépendante.

La déshydratation à grande échelle pendant la cristallisation (KUSHIRO et YODER, 1969, in BROOK et HART, 1974, p. 109) serait à l'origine de la "vésiculation" qui conduit à la création de "coulées mousseuses", au sens de Mac DONALD (1972, p. 167), du genre de celles de KA. 43 et PO. 35.

Conclusion :

Du début à la fin du fractionnement, la figure 26 subdivise en cinq nuages les lithoséquences rencontrées, qui sont accompagnées de leur teneurs moyennes en TiO_2 pondéral :

- a) komatiites U. M. de cumulat à périclase (PO. 18) ;
 $TiO_2 = 0.5 \%$;
- b) komatiites M :
 - à texture de spinifex à olivine (KA. 26) ou de base de coulée riche en pyroxène (KA 25) ; $TiO_2 = 0.6 \%$;
 - de paroi froide aphyrique de base de coulée à pyroxène, $TiO_2 = 0.7 \%$;
 - c) cumulat gabbroïque à Cpx et plagioclases $TiO_2 = 0.8 \%$
 - d) gabbro résiduel riche en Fe et Ti à tendance tholéiitique $TiO_2 \simeq 1.0 \%$.

Le fait que la quasi totalité des points soit à l'extérieur des courbes d'évolution des liquides et suivent assez régulièrement la voie des cumulats, tient à ce que les R. U. M. et R. M. sont essentiellement constituées de cumulats dont l'origine reste à préciser.

1.2.5. Diagrammes CaO - MgO et Al₂O₃ - MgO (Fig. 27 et 28.)

1.2.5.1. Observations

L'intervalle de variation des teneurs en MgO est considérable par rapport à celui observé dans les roches volcano-sédimentaires courantes d'Afrique de l'Ouest : GAMSONRE (1975) en HAUTE-VOLTA, KNOFF (1965 b), ALSAC (1968), YACE (1976) en COTE D'IVOIRE (Annexe 5). Pour fixer un ordre de grandeur, MgO oscille entre 6 et 7 % en poids chez ces auteurs, alors qu'ici MgO atteint presque 35 %.

L'absence de hiatus caractéristique (hormis celui entre 12 et 16 % de MgO, page 47) suggère une suite magmatique continue allant des komatiites aux tholéiites s. lat.

Les échantillons à forte teneur en MgO (entre 23 et 35 %) renferment des textures spinifex (KA. 26, WE. 44, 55, 88).

L'examen de ces deux diagrammes suggère la suite de cristallisation suivante : d'abord celle de l'olivine et de l'Opx (roches à très fortes teneurs en MgO) ce qui conduit à un enrichissement du bain résiduel en CaO et Al₂O₃ lequel en dernier lieu donne les plagioclases. En outre la comparaison de notre diagramme CaO - MgO avec celui de HAWKESWORTH et O'NIONS (1976) met en évidence dans les komatiites de Nord COTE D'IVOIRE, l'absence de changement de pente observée vers 20 % de MgO chez ces auteurs. Cela peut être dû à un artefact d'échantillonnage : les faciès pauvres en MgO n'ayant pas été échantillonnés.

L'inflexion du graphe du diagramme Al₂O₃ - MgO coïncide avec celle du diagramme Cr - MgO (Fig. 34) pour MgO variant entre 18 et 30 % poids. Ceci signifie que cette rupture de pente correspond aux échantillons de WE., qui sont les plus chromifères (lits de chromite à l'affleurement) et ceux de KA., les plus aluminés. Ainsi, selon BICKLE et al. (1976) et HAWKESWORTH et O'NIONS (1977, p. 500), les phases initiales devraient être riches en Cr₂O₃ et Al₂O₃.

Ceci est en accord avec le fait que dans les diagrammes Co - MgO (Fig. 35) et Ni - MgO (Fig. 34), Co et Ni augmentent de façon identique et beaucoup moins rapidement que le chrome, assurant un plus grand contrôle du pyroxène sur l'olivine (HAWKESWORTH et O'NIONS, 1977, p. 506) ce qui correspond encore à un contrôle de Ni par l'olivine et de Cr par les pyroxènes.

1.2.5.2. Comparaison avec des graphes d'autres pays

Sur les diagrammes CaO - MgO et Al₂O₃ - MgO ont été reportées les droites de régression, les graphes géochimiques et les moyennes des analyses chimiques des R. U. M. et R. M. des ceintures de roches vertes d'AFRIQUE du SUD, d'AUSTRALIE, d'ABITIBI et de FINLANDE ORIENTALE.

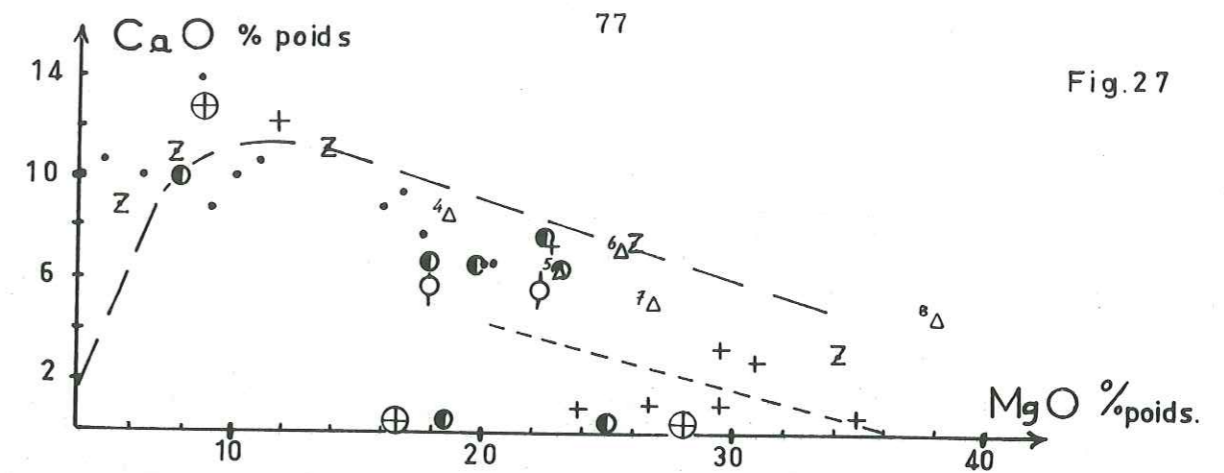


Fig.27

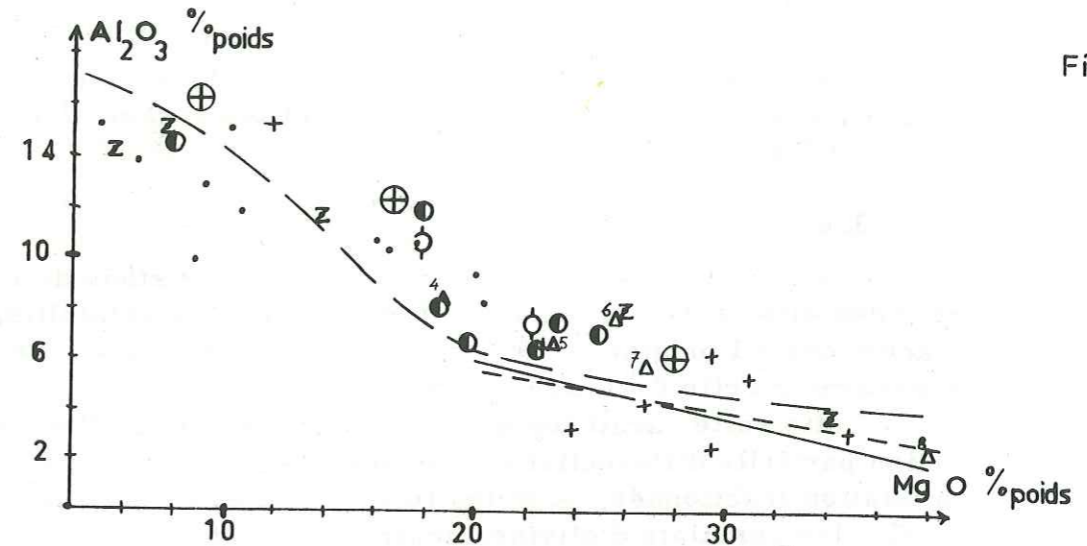


Fig.28

Fig. 27 et 28 : Diagrammes CaO - MgO et Al₂O₃ - MgO. Remarquer que le changement de pente du graphe aux environs de 20 % MgO correspond à celui du diagramme Ni ou Cr - MgO (n° 32, 33 et 34). Symboles des graphes géochimiques de HAWKESWORTH et O'NIONS (1976) pour les volcanites archéennes d'Afrique du Sud (tiret long), de BICKLE et al. (1977) pour les komatiites de la ceinture verte du Belingwé (tiret court), de ROSS et HOPKINS (1976) pour les ultramafites de Kambalda en Australie (trait continu). Z, komatiites de Finlande orientale (BLAIS et al., 1977). Δ, ultramafites d'Abitibi québécois (moyennes des analyses d'après IMREH, 1978, cf. fig. 34).

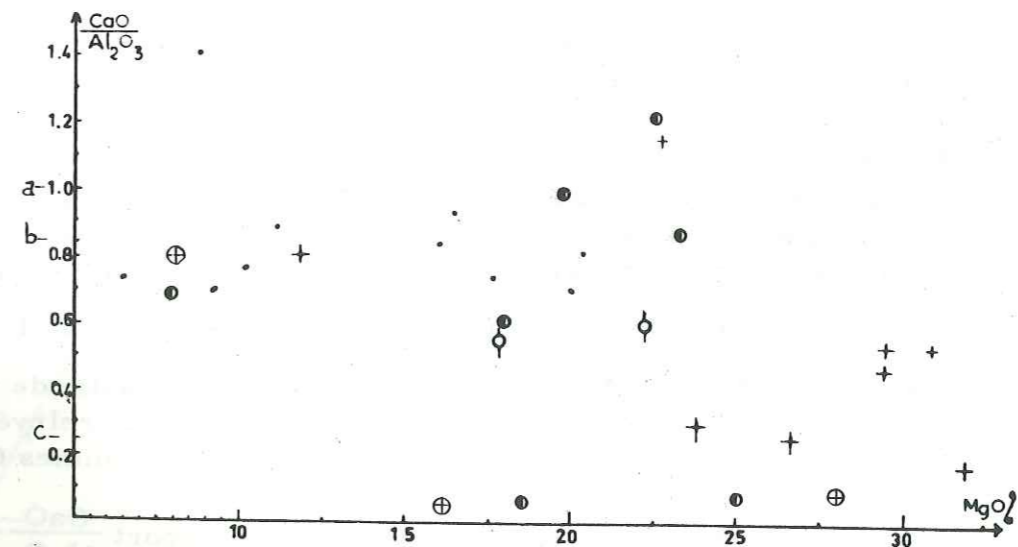


Fig. 29 : Diagramme $\frac{CaO}{Al_2O_3}$ - MgO montrant la similarité entre komatiites et tholéiites. Dans les suites komatiitiques le rapport $\frac{CaO}{Al_2O_3}$ est égal à : a = 1.0 selon ROCCI (1977), b = 0.84 à Munro, Abitibi (ARNDT et al., 1977), l'intervalle a c (c = 0.25) selon ROSS et HOPKINS, (1976).

Pour l'essentiel, on note une très bonne corrélation avec les échantillons de NORD COTE D'IVOIRE.

Toutefois quelques divergences existent. Ainsi "la courbe en cloche" d'HAWKESWORTH et O'NIONS (1976, fig. 5) n'apparaît pas dans nos diagrammes ni dans ceux de ROSS et HOPKINS (1977, fig. 21) ni de BICKLE et al. (1977, fig. 1). Elle doit provenir d'un échantillonnage étalé vers les termes faiblement magnésiens.

Une évolution qui n'apparaît pas dans les diagrammes tirés de la littérature existe dans le diagramme CaO - MgO. Les échantillons de KA., PO., WE. s'alignent parallèlement à l'abscisse MgO : c'est-à-dire avec CaO constant et presque nul. En se dirigeant vers l'origine, on évolue des cumulats (WE. 57, PO. 18) vers une "coulée mousseuse" (cumulats dans une matrice ou liquide résiduel très bulleux, KA. 43, PO. 35) ; simultanément les roches s'enrichissent en fer et légèrement en chrome.

1.2.5.3. Interprétation

Bien qu'il soit impossible d'envisager à ce stade de l'étude le rôle des différents degrés de contamination ou de cristallisation fractionnée à l'origine de ces variations, il est possible de tenter de représenter cette évolution géochimique en fonction de la lithologie.

Cette suite paraît logique si on admet que dans l'hypothèse de fusion partielle différentielle du manteau supérieur et/ou une cristallisation fractionnée, pour les termes riches en MgO (entre 17 et 30 %), les cumulats d'olivines contrôlent Ni et MgO, ensuite le matériel intercumulus constitué essentiellement par des Cpx (Fig. 28) "piège" bien la chromite (Fig. 36) et le fer, mais mal Ni (Fig. 36) et Co (Fig. 35).

Les lithoséquences étudiées sont replacées dans le diagramme CaO - Al₂O₃ (Fig. 31) où les tholéiites s. lat. dérivent directement des textures spinifex, représentatives des liquides primaires.

1.2.6. Le diagramme $\frac{CaO}{Al_2O_3}$ - MgO (Fig. 29)

Ce diagramme synthétise en quelque sorte les deux précédents. Deux lignes subparallèles à l'abscisse MgO correspondent à des valeurs de $\frac{CaO}{Al_2O_3}$ respectivement égales à environ 0.8 et 0.1.

La première lignée est celle de la suite des komatiites péridotitiques, pyroxénitiques, basaltiques, des picrites et des tholéiites s. lat. ; la seconde lignée est celle des cumulats qui passent aux coulées mousseuses.

Les rapports $\frac{CaO}{Al_2O_3}$ de ROCCI (1977, p. 950), ARNDT et al. (1977, p. 321), ROSS et HOPKINS (1976, p. 114) ont un intervalle de variation important (de 0.25 à 1.00) en accord avec les divergences relevées dans la littérature et avec les "trends" d'évolution des diagrammes CaO - MgO et Al₂O₃ - MgO.

Pour un même intervalle de variation, le rapport $\frac{CaO}{Al_2O_3}$ est plus élevé dans les komatiites (environ 1.0) que dans les tholéiites (env. 0.8), qui apparaissent donc moins mafiques.

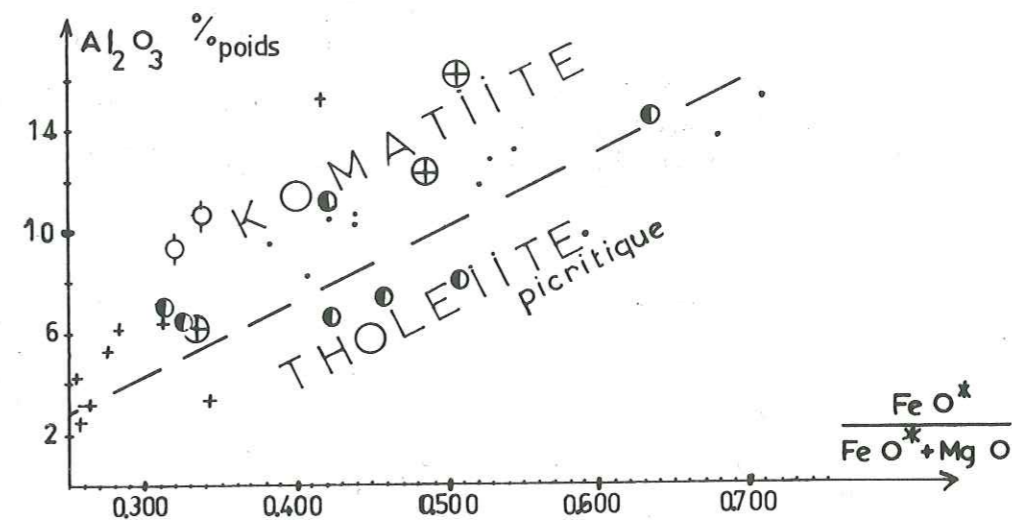


Fig. 30 : Diagrammes $Al_2O_3 - \frac{FeO^*}{FeO^*+MgO}$ servant à différencier les laves komatiitiques des sills tholéiitiques différenciés. Les roches à affinité tholéiitique ont, pour une même valeur de Al_2O_3 , des rapports $\frac{FeO^*}{FeO^*+MgO}$ plus élevés que les roches à affinité komatiitique. Le tireté sépare approximativement les 2 domaines d'après ARNDT et al., 1977).

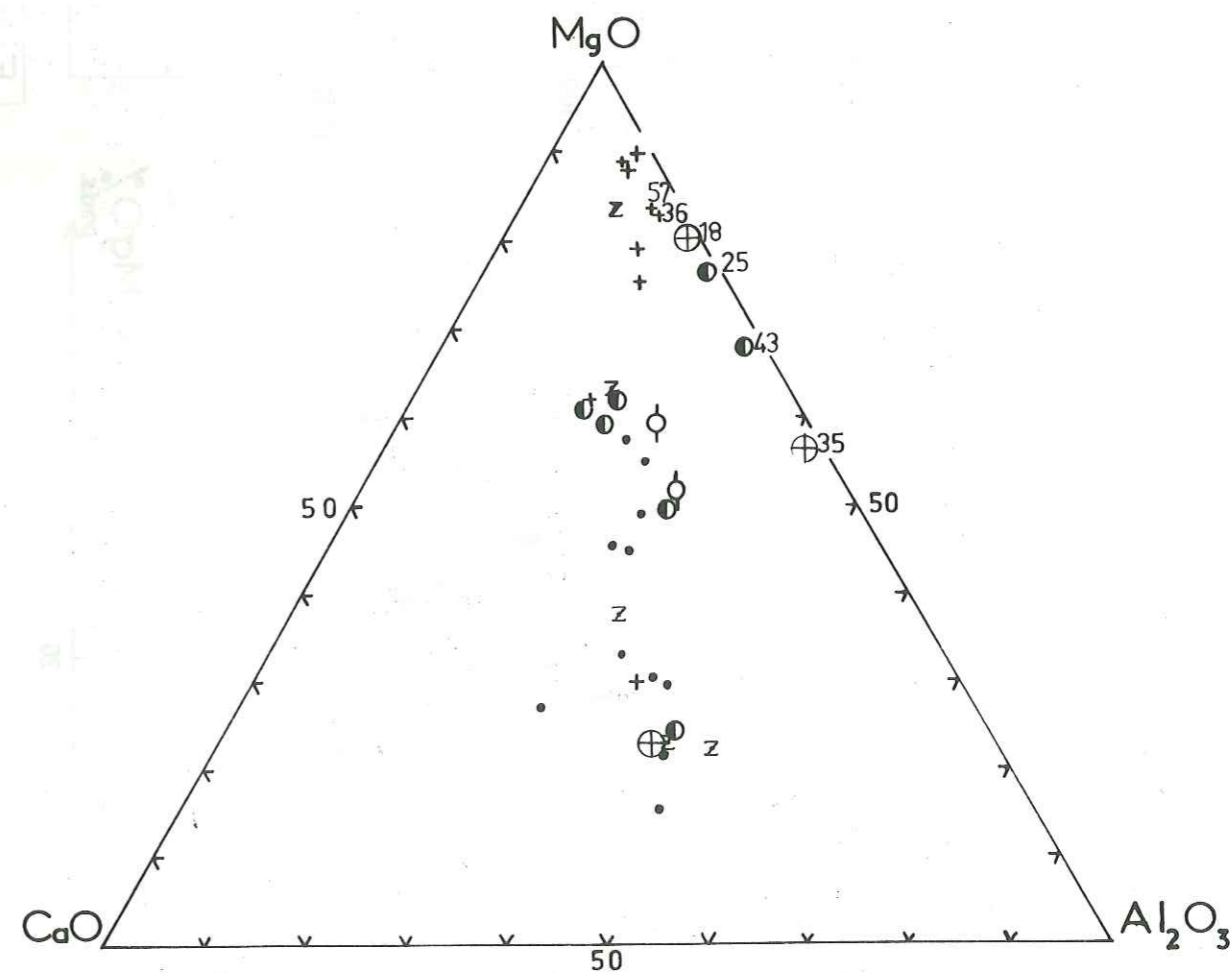
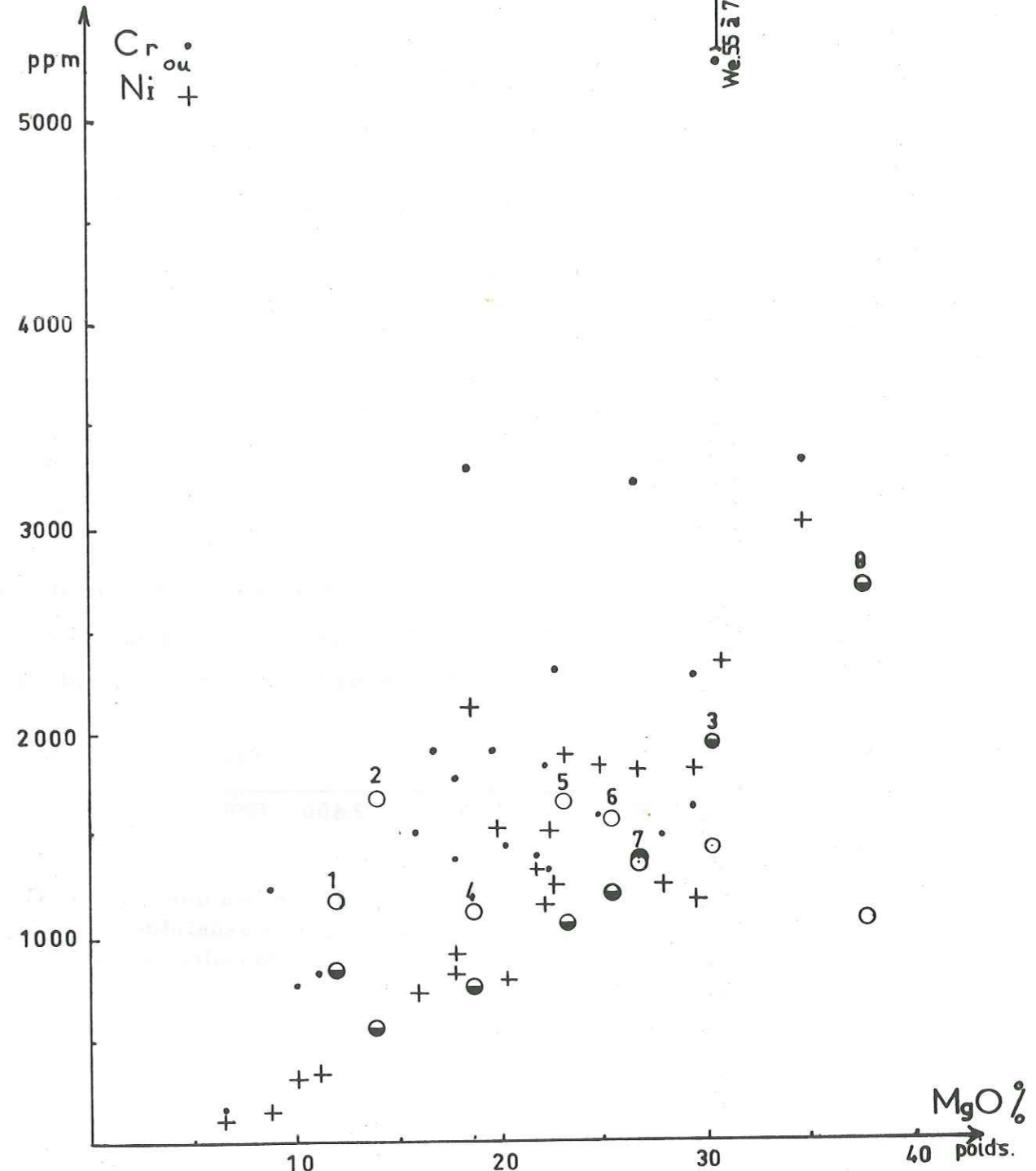
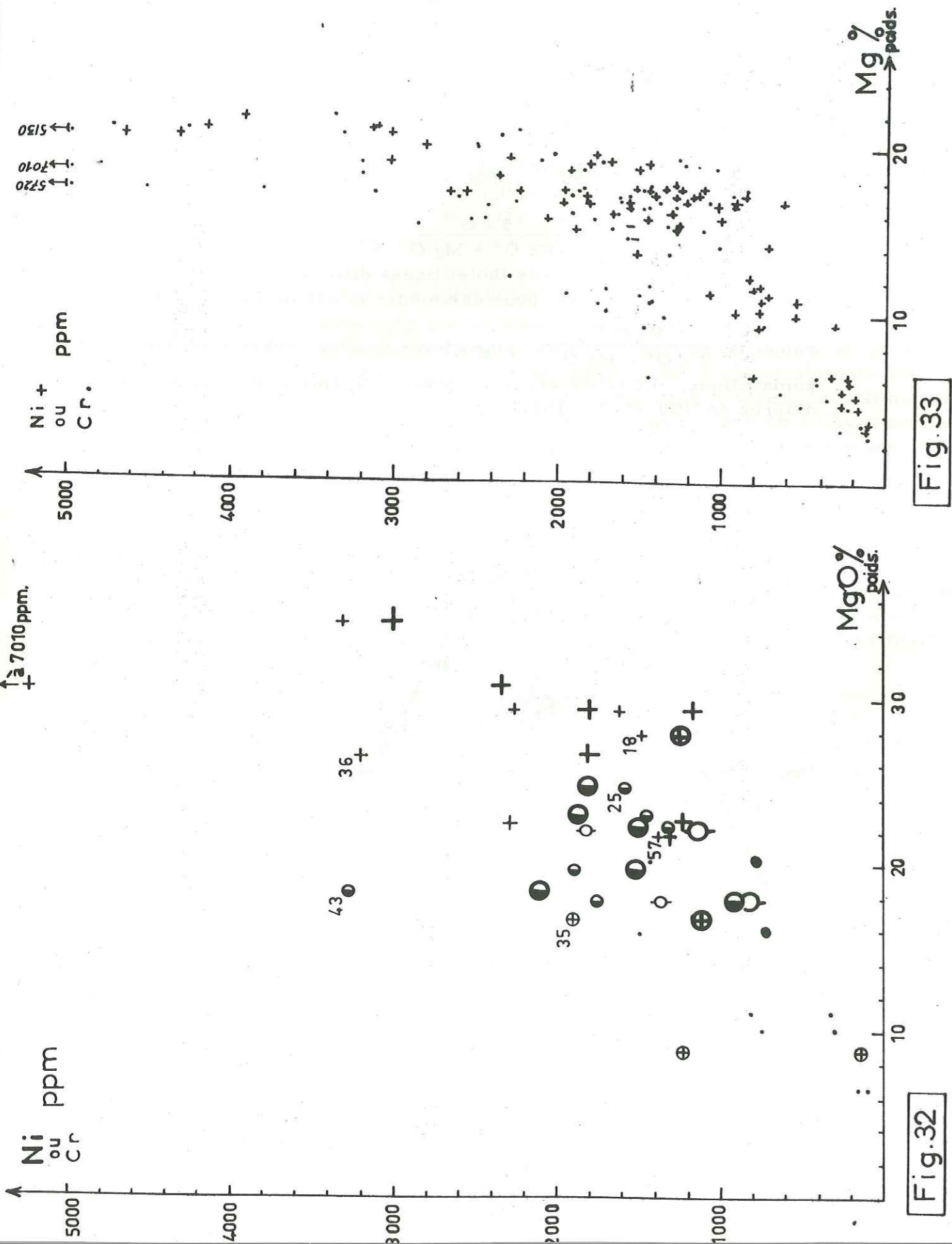


Fig. 31 : Diagramme CaO - Al₂O₃ - MgO des coulées méta-ultramafiques, mafiques, et des roches associées du Centre Nord de COTE D'IVOIRE. Symboles : z, roches de la ceinture verte de Finlande orientale (BLAIS et al., 1977).

Variations de Cr et Ni (ppm) en fonction de Mg O (% poids). Notez les teneurs anormalement élevées en Cr dans les roches où $18 < \text{Mg O} < 30$.

Fig. 32 : Pour chaque opération, Gros symboles = Ni. Petits symboles = Cr.
 Fig. 33 : Echantillons dosés pour Ni (+) et Cr (.) par spectrométrie d'absorption. Notez la saturation du compteur lorsque $\text{Mg O} > 22\%$.



○ Cr ● Ni :
 — 1, BK4 basalte de type Barberton ; 2, DN3 gabbro ; 3, A27 périclote ;
 (analyses de HERMANN et al., 1976).
 — Moyennes arithmétiques des komatiites de l'ABITIBI québécois
 (d'après les analyses d'IMREH 1978):
 4, picrite ; 5, croûte figée d'un mégacoussin ; 6, zone à spinifex d'une coulée
 à deux zones ; 7, zone massive d'une coulée à deux zones ; 8, coulée massive.

Fig. 34 : Identique à la figure 32, mais la provenance de Cr (.) et Ni (+) n'est pas indiquée.

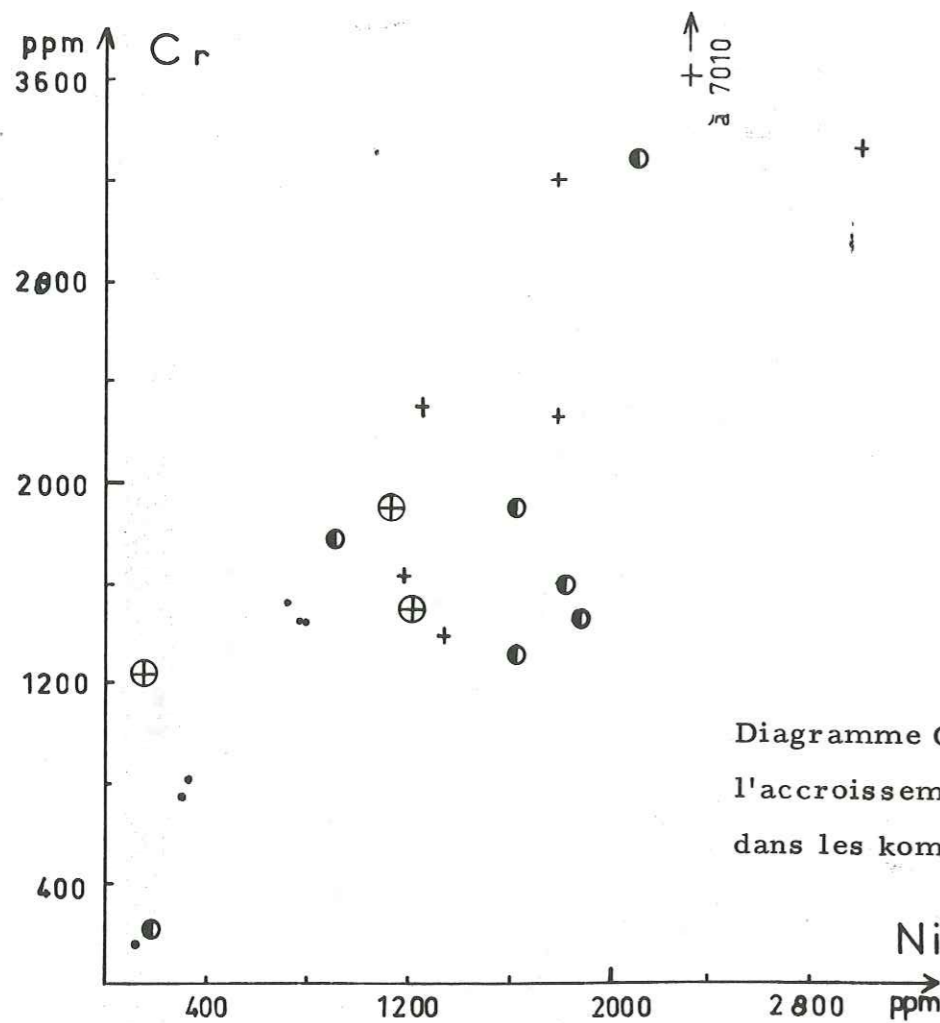


Fig. 36

Diagramme Cr - Ni montrant l'accroissement rapide du Cr dans les komatiites péridotitiques.

Fig. 35 et Fig. 36 :

Rappelons que Co, Ni, Cr sont des traceurs des processus magmatiques, peu sensibles au métamorphisme et aux fluides, qui permettent de comprendre la cristallisation des péridots, des pyroxènes et des minerais.

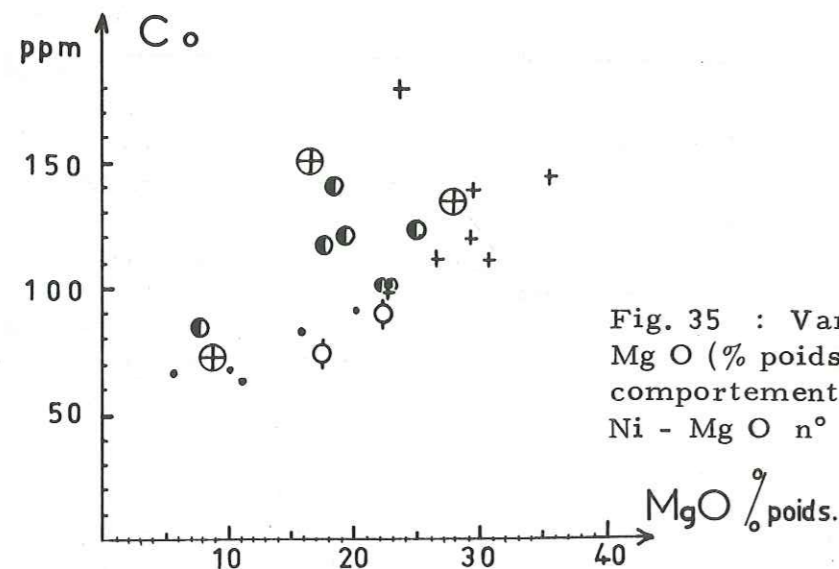


Fig. 35 : Variation de Co en fonction de MgO (% poids). Le cobalt a le même comportement que Ni dans le diagramme Ni - MgO n°

D'après les observations de terrain, l'échantillon TY, 83 correspond soit à une hyaloclastite picritique au toit d'une brèche, soit à une paroi foide bréchoïde de base de coulée différenciée. Cet échantillon "tombe" d'ailleurs dans le domaine tholéiitique picritique) sur le diagramme Al_2O_3 - coefficient d'Osborn (Fig. 30); sa composition chimique est voisine des hyaloclastites et roches associées du tableau 2 de NALDRETT et CABRI (1976, p. 1134).

Si les roches de BARBERTON (AFRIQUE DU SUD) qui ont un faible Al_2O_3 , se distinguent bien des tholéiites d'après leur rapport $\frac{CaO}{Al_2O_3}$ élevé ($\frac{CaO}{Al_2O_3}$ moyen = 2.01 d'après VILJOEN et VILJOEN, 1969, in ROSS et HOPKINS, 1976, p. 114), celles d'ABITIBI (CANADA) relevées dans ARNDT et al. (1977, p. 360) comme celles de NORD COTE D'IVOIRE ne se distinguent pas bien des sills ou des basaltes tholéiitiques comme le montre le diagramme de la figure 29. La distinction est par contre possible sur celui de la figure 30.

1.2.7. Diagramme $CaO - Al_2O_3 - MgO$ (C. A. M.) (Fig. 31)

Remarque : ce diagramme, comme $Al_2O_3 - FeO^* - MgO$ (Fig. 26) peut s'utiliser directement sous réserves des remarques faites pour les diagrammes A F M (Fig. 24), et de KUNO (Fig. 23) et de YODER et TILLEY (Fig. 25).

1.2.7.1. Description

La répartition des points représentatifs des R. U. M. et R. M. de COTE D'IVOIRE, sur les diagrammes C. A. M. et $Al_2O_3 - FeO^* - MgO$ (cf. page 48, Fig. 26) est proche de celle des coulées de BESSON et CAPITANT (1976), ARNDT et al. (1977), de BLAIS et al. (1977) et d'IMREH (1978) en ABITIBI, AUSTRALIE occidentale, FINLANDE orientale et dans le sillon de la MOTTE-VASSAN.

Le pôle magnésien attire fortement les termes U. M. qui sont aussi les plus riches en Cr et Ni (cf. diag. Cr et Ni - MgO (Fig. 34)).

Une série de points, identiques à ceux des diagrammes $CaO - MgO$ (Fig. 27) et $\frac{CaO}{Al_2O_3} - MgO$ (Fig. 29), se comporte "anormalement" en suivant le côté MgO - Al_2O_3 du triangle : ils correspondent aux cumulats et aux "coulées mousseuses".

Le déficit en CaO de cette "mousse" pourrait s'expliquer ainsi : lors de l'autométamorphisme et/ou du métamorphisme général, la serpentinisation lessive le calcium et l'importante phase fluide, essentiellement aqueuse (MOHAMMED-TOURET et TOURET, 1977, p. 976) serait également responsable de la "vésiculation" visible en lame mince. Cette digression étant juste, la lignée komatiitique comprend une suite continue, des péridotites aux basaltes, caractérisée par des rapports $\frac{CaO}{Al_2O_3}$ élevés à MgO constant (Fig. 29 page 76) qui reflètent l'importance du fractionnement de l'olivine lors de la cristallisation jusque vers les komatiites à composition basaltique. A ce stade le Cpx cristallise et enfin le plagioclase devient dominant.

La légère concavité vers le côté CaO - MgO près du pôle MgO est due à la perte de CaO lors de la serpentinisation ; celle qui est à l'autre extrémité de la courbe, attirée par le pôle Al_2O_3 , est due à la cristallisation du Cpx (ARNDT et al. 1977, p. 355).

La dérive de cet alignement vers le pôle alumineux est en accord d'une part avec la présence de feldspaths en lame mince et dans la norme, et d'autre part avec l'abondance de TiO_2 , P_2O_5 , FeO^* témoin d'une différenciation croissante.

1.2.7.2. Classification

De tous les diagrammes binaires ou ternaires utilisés pour les éléments majeurs, le C. A. M. est le plus utilisé dans la littérature et donne les meilleurs résultats d'ordre pétrochimique et d'identification. Aussi, bien que le C. A. M. ne soit pas conçu à cet effet, nous nous proposons de l'utiliser pour classer nos formations en accord avec nos observations pétrographiques.

Après avoir reporté sur le diagramme C. A. M. (Fig. 31) "la composition moyenne des principaux types de roches trouvés dans les ceintures archéennes de roches vertes de FINLANDE orientale" (BLAIS et al., 1977, tabl. 1), nous retrouvons les différents types cités dans les précédents diagrammes, à savoir en s'éloignant du pôle magnésien :

- des cumulats péridotitiques à $30 < MgO \% < 40 \%$;
- des picrites komatiitiques ;
- des basaltes komatiitiques ;
- des basaltes picritiques komatiitiques ;
- des basaltes tholéitiques.

Plus précisément nous classons par secteurs :

- WE. : WE. 83, cumulat pérido-pyroxénitique komatiitique possible d'après les observations de terrain, mais non vérifié faute de lame mince ;
 WE. 36 et 57, cumulat pyroxénitique komatiitique ;
 WE. 44, 55, 88, péridotite komatiitique à spinifex ;
 WE. 59, picrite komatiitique équivalant à une paroi froide de base de coulée ;
 WE. 32, basalte picritique,
 KA. : KA. 69, picrite komatiitique à cumulat ;
 KA. 26, 29, 31, picrites komatiitiques à spinifex certains pour le premier, et probables pour les autres ;
 KA. 16, basalte komatiitique ou tholéiite,
 NA. : NA. 14, 20, picrite komatiitique (méga-coussins).
 PO. : PO. 18, péridotite komatiitique de coeur de coulée ;
 PO. 27, gabbro picritique ;
 TY. : TY. (113, 114, 127), 135, 140, basaltes picritiques, quoique les trois premiers appartiennent plutôt à la catégorie ci-après ;
 TY. 83, 88, 95, 102, 141, 151, basaltes tholéitiques.
 KA. 43 et PO. 35 sont classés à part parce qu'ils ne s'inscrivent parmi aucune lignée. Ils appartiennent à la classe des "coulées mousseuses" liées aux komatiites, mais leurs relations avec ces dernières devront être réexaminées sur le terrain.

2. STADES DE CRISTALLISATION DE LA SERIE KOMATIITIQUE

2.1. Rappels.

Le but de ce mémoire n'est pas de proposer un modèle de cristallisation des komatiites ivoiriennes alors que, dans le reste du monde, les auteurs en proposent plusieurs.

Rappelons simplement les modèles de BICKLE et al. (1977, p. 102) :

- fusion partielle ;
- cristallisation fractionnée et accumulation ;
- assimilation polybarique

2.2. La fusion partielle mantellique en équilibre

2.2.1. Le diagramme $R_1 - R_2$ De LA ROCHE (1978) (Fig. 37) permet une visualisation graphique du modèle de fusion partielle.

D'une part le "modèle de genèse des magmas basaltiques par fusion partielle mantellique (GREEN et RINGWOOD, 1967) (. . .) couvre une bande très peu inclinée". D'autre part "les péridotites tenues pour des reliquats solides de la fusion partielle mantellique" (U.B. résiduelles) se groupent avec les analyses moyennes des komatiites d'IMREH (1978), et de celles de Nord COTE D'IVOIRE.

Il est clair que la lignée de différenciation basaltique ne s'aligne pas avec les U.B. résiduelles qui correspondent aux komatiites précitées. "Or ce devrait être le cas si un taux de fusion variable à partir d'une même composition initiale "pyrolitique" expliquait à lui seul la différenciation basaltique. Pyrolite, reliquats solides et basaltes seraient alors alignés" (De LA ROCHE, 1978).

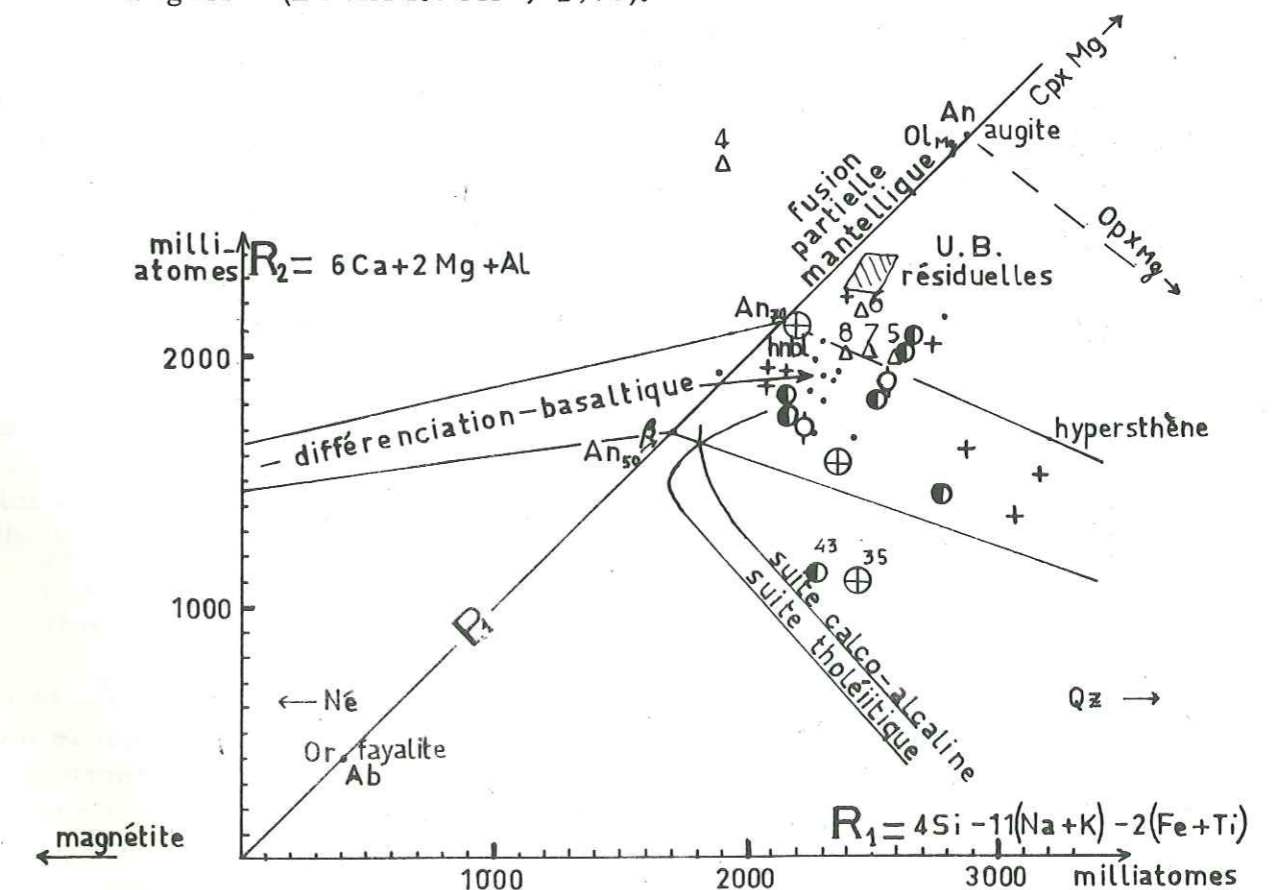


Fig. 37 : Diagramme de classification (De LA ROCHE, 1978) où la projection de l'espace chimique est parallèle au plan critique P 1. β est le point moyen des basaltes selon LE MAITRE (1976).

Symboles : Δ analyse "moyenne" de komatiites et de picrites d'après IMREH (1978) ; cf. descriptions sur la figure n° 34 .

Si l'on conserve le modèle général, il faudrait alors imaginer "un décalage systématique des basaltes par un début de cristallisation - différenciation à partir de magmas initiaux picritiques", c'est-à-dire dont les valeurs de R_2 seraient supérieures à celles des basaltes. On voit par exemple que la picrite d'IMREH est nettement au-dessus du "basalte moyen" de LE MAITRE.

Sinon il faut "admettre que les compositions pyrolitiques peuvent varier en même temps que la composition des reliquats solides et que le taux de fusion", ce qui équivaut à "l'assimilation polybarique" de BICKLE et al.

2.2.2. Commentaire du diagramme $R_1 - R_2$

Ce diagramme de classification ne tient pas compte des "minerais (magnétite, ilménite) que la représentation place du côté des différenciés". Cette "fonction spécifique" des basaltes est discriminante entre les basaltes alcalins (domaine sous-saturé) et sub-alcalins (domaine saturé), "avec les réserves d'usage".

Presque tous les échantillons tombent dans le champ des tholéiites s. lat., "fortement alumineuses". Ce mélange des basaltes tholéiitiques avec les basaltes picritiques et les différents types de komatiites vient de ce que les axes R_1 et R_2 mélangent des éléments chimiques utilisés dans la formule des plagioclases et des ferro-magnésiens. Ainsi les komatiites pyroxéno-péridotitiques WE. 44, 55, 88 tombent à la limite des domaines des basaltes tholéiitiques et alumineux.

La migration du nuage parallèlement à l'abscisse R_1 s'explique par l'accroissement en fer, c'est-à-dire un enrichissement en magnétite qui permet le franchissement du plan critique P 1 au stade premier de la différenciation ; dans le sens de R_1 positif on constate un enrichissement en Opx normatif (KA. 25) ; en même temps les échantillons ayant une même perte au feu s'accouplent : WE. 83 et KA. 25 ; WE. 36 et WE. 57.

Les komatiites d'IMREH (1978) et de NALDRETT, CABRI (1976, tabl. 2) sont avec les cumulats et les minéraux les plus réfractaires. La position de TY. 83 parmi les komatiites et les cumulats est normale puisqu'il dérive probablement d'un cumulat gabbroïque.

Les "coulées mousseuses" KA. 43 et PO. 35 s'inscrivent anormalement dans le champ des andésites en raison de leur composition minéralogique (cf. lm.35102, 35176 et rayons X, Tabl. 9) : talc, chlorite, olivine, trémolite, cummingtonite. S'agissant essentiellement des minéraux ferro-magnésiens, on comprend que ces roches pauvres en alcalins s'éloignent du domaine occupé par les komatiites.

2.3. , Cristallisation fractionnée et accumulation

Ce modèle peut s'expliquer à partir du diagramme $Al_2O_3 - FeO^* - MgO$ (Fig. 26) à la suite de BESSON et CAPITANT (1976, p. 353) pour qui le modèle picritique est "fondé sur un mélange de basaltes et de silicates ferro-magnésiens plutôt que par référence à un modèle cumulatif". En effet "une cristallisation cumulative place les points à proximité de la tangente à la courbe d'évolution des liquides, alors que les roches picritiques ne s'y placent pas".

Le fait que les points (Fig. 31) ne se placent pas à proximité de la "tangente des liquides" et que TiO_2 varie de façon très régulière est plutôt en fa-

veur de l'évolution de liquide picritique tholéiitique (BESSON et CAPITANT, 1976).

Mais quelques points (PO. 18, NA. 14, WE. 32, PO. 27, KA. 43) semblent échapper à ce modèle pour s'aligner sur la courbe d'évolution des cumulats tholéiitiques (cf. page 73) ; PO. 27 qui est un gabbro s. str. à Cpx et plagioclase semble évoluer vers les liquides calco-alcalins. PO. 18 en lame mince est bien un cumulat.

Plus récemment FRANCIS et HYNES (1979, p. 479) pensent que les sillités associés aux komatiites sont produits par cristallisation fractionnée, à basse pression, à partir d'un magma mobile dont la composition était au moins aussi basique que celui des échantillons à texture de trempe. Cette hypothèse semble propre à expliquer la formation des "coulées mousseuses" de PO. et KA. (cf. page 83).

Vu la variation régulière de TiO (Fig. 26) nous admettons, à la suite de ces auteurs, que "les compositions du magma initial correspondent aux komatiites pyroxénitiques (assimilables à un magma picritique du type komatiitique à 14 % MgO) d'où dérivent des liquides franchement tholéiitiques, riches en fer et titane".

Auparavant on croyait (VILJOEN et VILJOEN, 1969 ; ARNDT et al., 1977 ; ARTH et al., 1977 ; HALBERG et WILLIAMS, 1972 in FRANCIS et HYNES, 1979) que komatiites et tholéiites étaient issus de deux suites magmatiques distinctes formées lors d'épisodes différents de fusion partielle du manteau supérieur.

2.4. L'assimilation polybarique

Le magma primaire serait fondu à grande profondeur (environ 300 km) à partir d'un manteau appauvri ou non, ensuite vers 100 km il se séparerait en une fraction cristalline harzburgitique ou dunitique (soit près de 40 % MgO en moyenne) et en un liquide riche en MgO (environ 24 %). A ce niveau ce magma assimilerait un manteau plus riche en Al et Cr que le précédent.

Les xénolites sont complètement ou presque complètement fondus dans le liquide avant son extrusion en surface.

L'ascension du magma serait adiabatique pour sortir à 1425° C pour les coulées à spinifex à 23 % MgO et à 1650° C pour celles dont $MgO > 35$ % (NALDRETT et CABRI, 1976, p. 1135).

L'assimilation polybarique se heurte à la difficulté de produire des liquides à rapport CaO/Al_2O_3 relativement constant (cf. Fig. 29) pour des taux de fusion partielle très différents (BLAIS et al., 1977, p. 968).

Pour vérifier que les komatiites péridotitiques dérivent par assimilation polybarique d'une source mantellique dont la composition est "voisine de celle des suites de nodules cisailés de lherzolite à grenat dans les kimberlites" (BICKLE et al., 1977, p. 105), on pourrait doser les nodules des kimberlites (visibles sur la figure 18) du Nord de SEQUELA.

DEUXIEME PARTIE - GEOSTATISTIQUES

1. COMMENTAIRE DES TABLEAUX (n° 10 et 11) DES MOYENNES ET DES ECARTS-TYPES DES DOSAGES EN ROCHES

Ces tableaux ont une valeur plus quantitative que qualitative, car il cumulent tous les pourcentages pondéraux sans tenir compte de la lithologie. L'anisotropie majeure provient de TY, qui ne comporte pas de coulée komatiitique. Pour connaître la correspondance entre les paramètres statistiques élémentaires tels que : teneurs, maxima, minima, moyennes et la lithologie des opérations il faut se reporter aux tableaux de notre rapport SODEMI n° 448, 1978).

Les tableaux 10 et 11 révèlent bien le chimisme ultrabasique des 31 roches analysées car SiO₂ ne dépasse que légèrement la limite des 45 %. Il est donc logique d'avoir de fortes valeurs de MgO (env. 19 %) et FeO total (env. 12 %). L'important écart-type de MgO (env. ± 8 %), d'une part illustre bien son vaste intervalle de variations et d'autre part conforte la classification pétrochimique basée sur différentes valeurs de cet oxyde (cf. chapitre géochimie, p. 69).

Le faible écart-type de FeO total doit provenir d'une homogénéisation par les phénomènes de ferruginisation et ferralitisation classiques aux climats tropicaux.

Ce climat hydrolysant se devine à la variabilité du fer ferrique (env. $\sigma = 3$) supérieure à celle du fer ferreux. Le rapport des moyennes de CaO sur Al₂O₃ est voisin de 0.7, et se place dans l'intervalle des komatiites tel qu'il est défini par les auteurs (cf. chapitre géochimie p. 78 ou diag. $\frac{CaO}{Al_2O_3} - MgO$ (Fig. 29)).

L'écart-type voisin de ces deux oxydes prouverait qu'ils réagissent de manière identique lors des processus de cristallisation, puis de métamorphisme.

2. EXPLICATIONS DES MATRICES DES FACTEURS DE RELATION ENTRE LES VARIABLES (éléments, Tabl. 12, 13, 14, 15, et annexe 2).

Pour le choix des matrices on se reportera aux généralités (p. 8 et 9).

2.1. Comparaisons des matrices des éléments majeurs entre elles. (analyse de module R)

Les tableaux 12 et 13 des matrices traitent les 31 échantillons des environs de BOUNDIALI et NIELLE. Ils sont comparables ou plutôt complémentaires, bien qu'un traitement porte sur 11 roches (Tabl. 12) avec Fe²⁺, Fe³⁺, P₂O₅ et l'autre sur 9 roches (Tabl. 13) où le fer total est converti en FeO* sans P₂O₅.

Quelles informations fournissent ces tableaux ? D'une part la teneur en silice et en alcalins varie selon un mode inverse par rapport aux teneurs en Fe et Mg dans les facteurs 1 et 4 (Tabl. 12) et dans les facteurs 1 et 3 (Tabl. 13). Ceci apparaît clairement dans la colonne SiO₂ du tableau 16 c.

D'autre part, pour les relations inter-éléments on relève que :

- le facteur 1 (F₁) montre une relation assez floue entre Mg et Mn ; il contrôle le jeu des silicates, mais pas celui des ferromagnésiens (Fe, Mg) qui possèdent des coefficients opposés,

Composition chimique des roches mafiques et ultramafiques

altérées des environs de BOUNDIALI et NIELLE.

Tableaux des moyennes et des écarts-type des valeurs, pour chaque variable (majeurs et traces) du traitement statistique ; les résultats sont arrondis par excès à la 2ème décimale pour les majeurs et à l'unité pour les traces.

\bar{X} , moyenne arithmétique ; σ , écart-type ; — non traité dans le programme ; x x x x, valeur supérieure au format utilisé.

Tabl. 10 : 31 échantillons dosés par voie chimique.

oxydes (% poids)	\bar{X}	σ
Si O ₂	45.41	3.92
Al ₂ O ₃	9.33	3.73
Fe ₂ O ₃	5.97	2.87
Fe O	6.70	1.68
Fe O total	12.08	2.12
Mg O	18.67	7.75
Ca O	6.44	4.13
Na ₂ O	0.63	0.72
K ₂ O	0.11	0.11
Ti O ₂	0.70	0.22
P ₂ O ₅	0.08	0.10
Mn O	0.21	0.05

Tabl. 11 : Dosages par spectrométrie d'absorption (ppm).

Effectif :	\bar{X}		σ	
	103	157	103	157
Cu	49	56	47	40
Pb	16	—	6	—
Zn	117	—	74	—
Co	115	107	45	3.7
Ni	1317	1233	882	879
Cr	6381	1635	xxxx	xxxx
Mn	1762	—	xxxx	—
Fe %	—	9.18	—	2.34
Mg %	—	12.54	—	5.23

- le facteur 2 (F_2) oppose Fe^{2+} à Fe^{3+} , qui sont respectivement liés à Mn (F_2) et à Ti (F_3) dans le tableau 12 ;

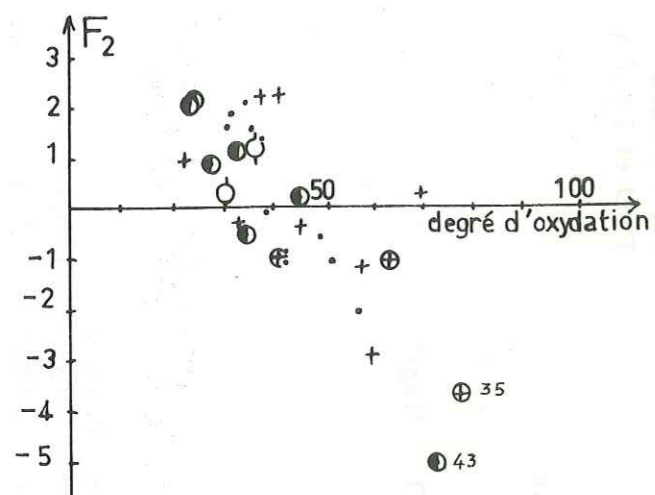


Fig. 38

Diagramme F_2 - degré d'oxydation
des 31 échantillons

- d'après le facteur 3 (F_3) (Tabl. 12), le fer ferreux lié au titane représenterait l'association titano-magnétite.

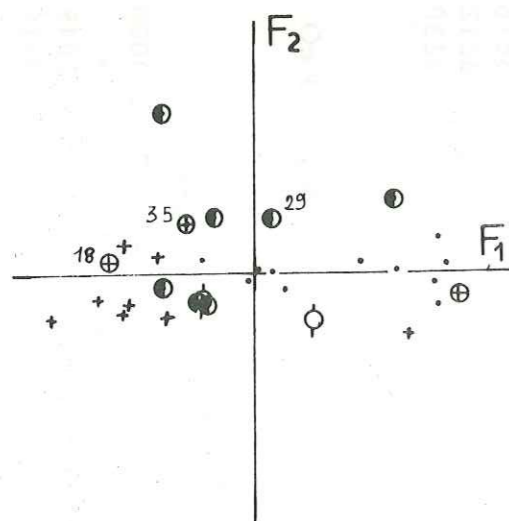


Fig. 39

Espace F_1 - F_2 des 31 échantillons
(fer total)

Le graphe F_2 - degré d'oxydation (Fig. 38) montre une corrélation entre le pôle positif de F_2 qui attire les échantillons peu oxydés alors que l'ordonnée négative correspond aux "coulées mousseuses" (PO. 35, KA 43) riches en oxydes et hydroxydes de fer. Selon MARAKUSHEV (1979) l'augmentation du degré d'oxydation favorise la sulfurisation avec précipitation d'éléments chalcophiles. Comme cette corrélation se fait par l'intermédiaire de Fe^{3+} , Mn, (Ti) et non du cuivre, elle ne serait pas un indice de minéralisation (les teneurs oligoélémentaires de PO. 35, WE. 57 sont normales, mais pas celles de KA. 43) mais d'altération deutérique.

Dans l'espace F_1 - F_2 (Fig. 39) les roches riches en magnétite (PO. 35, PO. 18) se placent du côté des ordonnées positives alors que celles qui le sont moins, se placent dans la moitié négative.

- le facteur 4 (Tabl. 12) et le facteur 3 (Tabl. 13) montrent un jeu différentiel de la silice vis à vis de métaux à valence élevée, tels que Fe^{3+} et Mn qui se solubilisent rapidement et qui sont à l'état stable sous un climat hydrolysant,
- les facteurs 4 et 5, ne dépassant guère 7 % de la variance, sont difficiles à interpréter si l'on ne se réfère qu'à la matrice. Ces facteurs indiquent que P et K se comportent indépendamment vis à vis des autres constituants.

Voici résumée, la signification à donner à chacun de ces facteurs de majeur du tableau 12 :

(les facteurs entre parenthèses appartiennent au tableau 13),

- facteur 1 : opposition des silicates alcalins (feldspath) et de la silice (quartz), à l'extrémité positive, aux ferromagnésiens (olivine, pyroxène, amphiboles . . .) et aux minerais, à l'extrémité négative ;
- facteurs 2, 3 et (2) : rôle des minerais "primaires" (magnétite, sulfure . . .) ;
- facteurs 4 et (3) : altération deutérique signalée par la présence d'oxydes et d'hydroxydes stables, de fer et de manganèse ;
- facteurs 5 et (4) : activité hydrothermale (P, K) ?

2.2. Interprétation des matrices de corrélation entre les majeurs (Tabl. 16)

Dans le tableau 16 (page 87), le fait marquant est l'antagonisme des ferromagnésiens d'une part entre eux et d'autre part avec les alcalins.

L'opposition Fe - Mg pourrait s'expliquer par une différenciation fractionnée au sein des coulées komatiitiques avec olivines à la base (Mg) et pyroxènes au sommet (Fe).

L'apparition du Cpx, durant ce fractionnement, n'apparaît pas parce que Ca n'est jamais lié aux ferro-magnésiens.

Ce sont sans doute les feldspaths de TY, qui attirent Ca vers les alcalins et Al ; à moins que cet élément légèrement en retrait des alcalins (Fig. 40) et montrant une préférence pour Al (Fig. 41 et Fig. 42) ne soit lié à l'épidote souvent vue en lames minces.

Le comportement indépendant de K et P s'explique soit par l'attraction qu'exerce TY., secteur très différencié par rapport aux komatiites, soit par le fait que ces éléments migrent facilement sous l'action de fluides hydrothermaux ; ceux-ci pourraient être de nature magmatique mais comme le laisserait suggérer les facteurs 5 et 4, ils pourraient être issus des intrusions granitiques proches.

Le coefficient de corrélation positif et relativement constant du titane avec CaO , Na_2O , SiO_2 indiquerait qu'il serait en site de substitution dans les plagioclases ou lié au rutile, altéré en leucoxène d'après les lames minces.

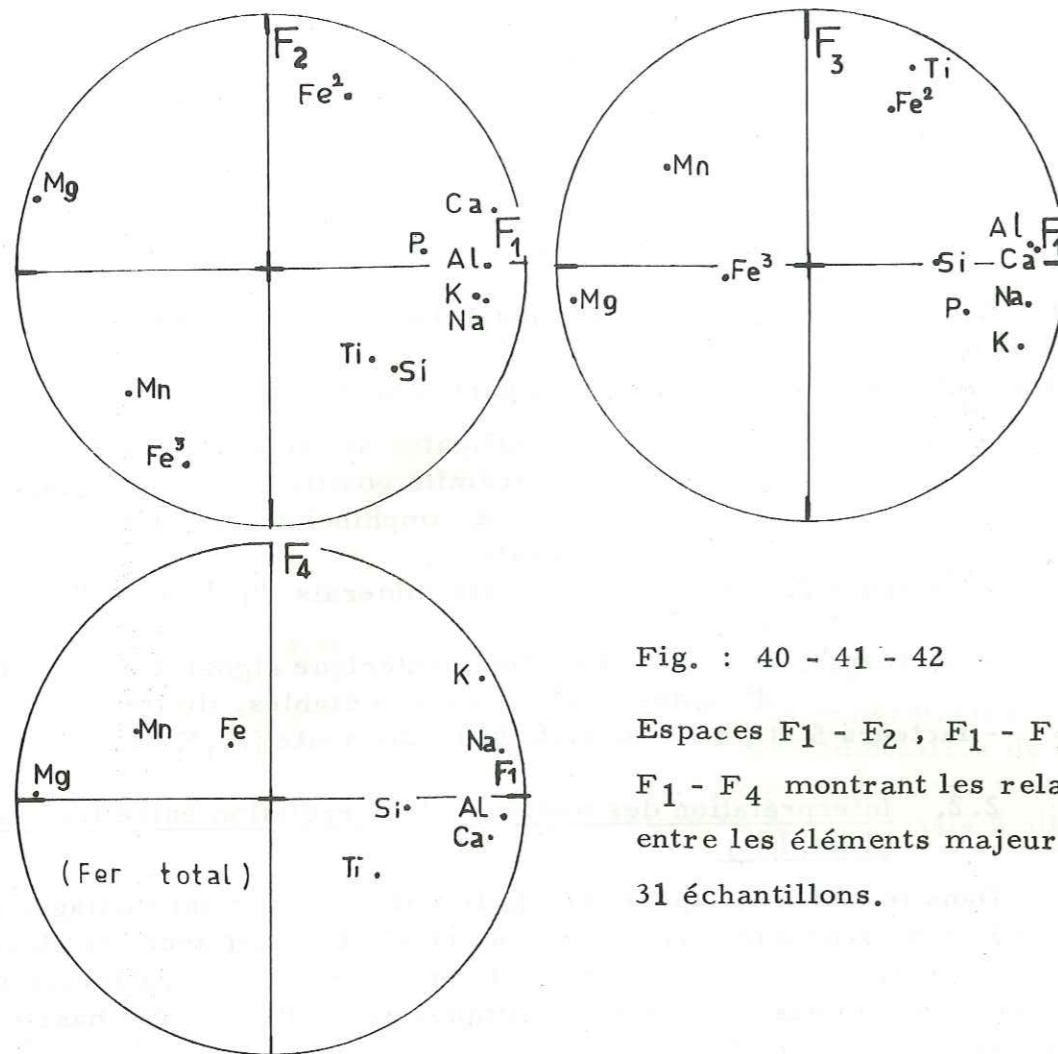


Fig. : 40 - 41 - 42

Espaces F₁ - F₂, F₁ - F₃ et F₁ - F₄ montrant les relations entre les éléments majeurs des 31 échantillons.

Le manganèse se corrèle négativement avec les alcalins, Al, P O et positivement avec Mg et Fe. On peut imaginer que Mn soit d'une part en site de substitution dans les orthosilicates (Mg) et d'autre part un produit de lessivage des roches riches en manganèse car cet élément est facilement soluble et les anastomoses de Mn fréquents en lame mince.

Si on raisonne non pas avec des minéraux mais des processus d'altération, l'espace F₁ - F₂ (Fig. 40) peut s'interpréter ainsi :

- pour F₁ négatif on va vers une talcisation ;
- quand on va vers les extrémités positives de F₁ et F₂ on va vers une carbonatation, en accord avec MOHAMMED-TOURET (1977) et MARAKUSHEV (1979), qui relie cette phase au dépôt des sulfures (représentés ici par Fe) ;
- trémolisation quand on va de F₁ positif vers le groupement Si - Ti ;
- Mn et Fe³⁺ représentent les phénomènes d'altération deutérique.

2.3. Comparaison des traces et de Fe - Mg (Tabl.14 et 15) Commentaire du tableau (Fig. 43)

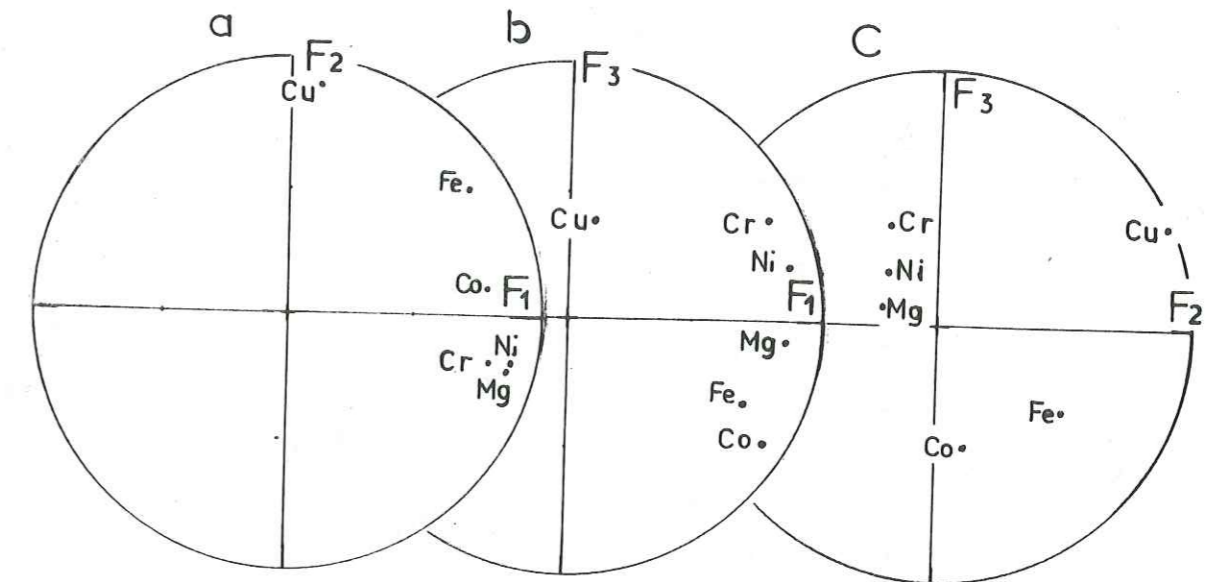


Fig. : 43 a, 43 b, 43 c : Espaces F₁ - F₂, F₁ - F₃, F₂ - F₃ des traces Cu, Co, Ni, Cr, Fe, Mg dosées dans 157 roches.

Le facteur 1 groupe Fe - Mg avec Ni - Cr qui par comparaison avec la matrice des majeurs (Tabl.12 et 13) seraient subordonnés aux silicates (Fig. 43).

Le fait que Ni soit associé à Mg (Fig. 43 a) correspond à ce que dans les olivines, Ni varie de façon inversement proportionnelle à Fe/Mg (in litt. MARAKUSHEV, 1979, p. 86) ; la forte attraction de Ni pour Mg laisse donc prévoir une olivine fortement magnésienne. Le cuivre n'appartient pas au groupement Ni-Cr-Mg qui représente quand même plus de la moitié des échantillons.

Le facteur 2 symboliserait le rôle des minerais "primaires", notamment les sulfures, en raison de la présence simultanée du Cu et du Fe.

Le cuivre représente près de 20 % des échantillons, mais ici encore l'influence de TY. (le 1/3 des échantillons) plus riche en sulfures se fait sans doute sentir. On aboutit donc à la même conclusion que celle tirée de la matrice des majeurs où ce facteur contrôlait la magnétite.

Le facteur 3 isole le cobalt, bien que la valeur du fer dans la matrice puisse être corrélée à la sienne. Le cobalt, relativement mobile, pourrait être lié soit à l'altération deutérique ou à des arsénio-sulfures d'origine hypovolcanique.

Commentaire du tableau 15

Le sommet des coulées komatiitiques s'enrichit en pyroxènes, donc en Cr, et en exhalaisons volcaniques sous-marines (cf. KAMBALDA, REGNOULT, 1978 a) qui déposent du Zn et du Co (liés aux arséniures). Il en découle une corrélation Cr - Zn - Co (facteur 1) et parfois Pb dont le comportement est relativement à part (facteur 4). En effet Pb s'associe tantôt au Cu (Fig. 44), tantôt au Zn qui a un coefficient de corrélation voisin.

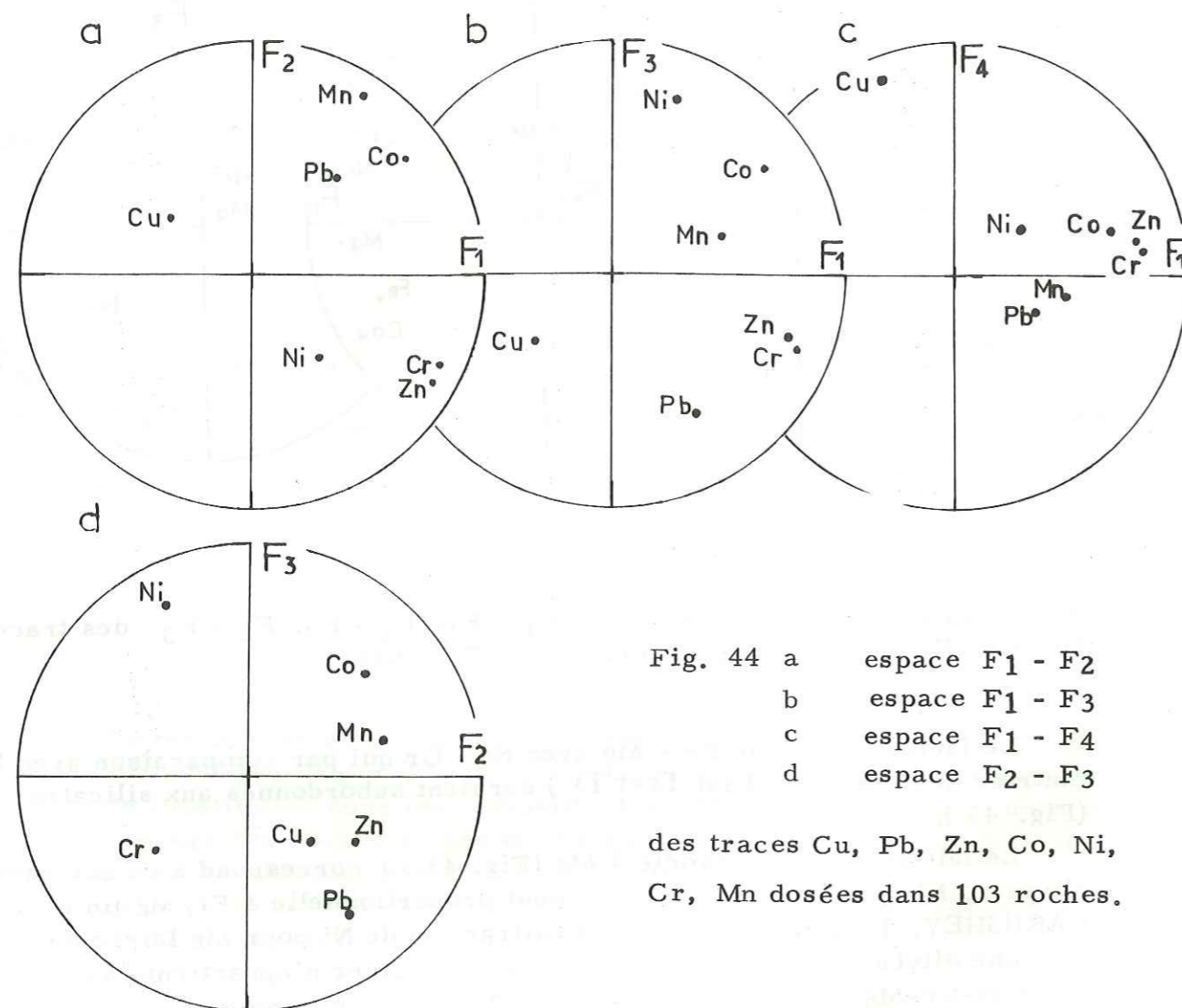


Fig. 44 a espace F₁ - F₂
 b espace F₁ - F₃
 c espace F₁ - F₄
 d espace F₂ - F₃

des traces Cu, Pb, Zn, Co, Ni, Cr, Mn dosées dans 103 roches.

Le cuivre n'est jamais lié ni à Ni, ni à Cr.

Mn est toujours lié à Co ; ils semblent liés tous deux aux tufs ; d'ailleurs les schistes manganésifères sont fréquents dans le Birrimien.

En résumé on peut imaginer la succession suivante du sommet vers la base de la "pile volcanique" :

- Co - Mn représentent les arséniures, les oxydes disséminés par les exhalaisons à travers les tufs. Leur coefficient de corrélation aux environ de - 0.07, très différent de celui de Cu (Tabl. 16 b, page 91), ne semble donc pas lié aux sulfures ;

- Cu - Pb - Zn se trouvent liés dans près de la moitié des cas (la somme de la variance cumulée = 43,73 pour les facteurs F₂ et F₃ du tableau 15), toutefois le cuivre peut être également indépendant. Ces métaux de base, surtout Cu, s'opposent à Cr - Ni et ils sont liés aux volcanites neutres à intermédiaires ;
- Cr s'associe à Zn (facteur 1) et cela se voit bien à TY. ou à WE. où les fortes teneurs se correspondent ;
- Cr et Ni s'opposent suivant le facteur F₃.

Conclusion sur les tableaux n° 14 et 15 (des traces et de Fe - Mg)

Ni et Cr ont un comportement différentiel entre eux et par rapport à Mg - Fe d'une part et Cu d'autre part. La reconstitution du jeu de mise en place des traces étudiées pourrait être :

- vers la base ou le milieu des coulées, c'est-à-dire vers la zone des cumulats, les olivines (Mg) riches en Ni s'accumulent ;
- vers le sommet des coulées, il y a enrichissement, par différenciation, en pyroxènes (Fe) donc en Cr (cf. chapitre géochimie) et les exhalaisons volcaniques (dégazage) riches en Zn et Co se déposent. Ces deux éléments sont sans doute liés à des arséniures sulfurés, mais puisque l'arsenic n'a pas été dosé, il ne peut nous confirmer ou infirmer cette relation qu'il serait intéressant de connaître ;
- si Cu représente les sulfures (Fig. 43 c, page 95), ceux-ci ne semblent aucunement liés aux ferro-magnésiens (Fe, Mg) ni aux métaux associés (Ni, Cr). Ils devraient donc être rapportés, soit à une phase d'hydrothermalisme, soit à une formation non komatiitique (e.g. TY. . .).

Les sulfures ne seraient donc ni d'origine primaire, ni à rattacher aux komatiites.

Cette hypothèse est à considérer avec les réserves d'usage en raison des conditions d'altération.

2.4. Conclusion et essai d'interprétation des matrices de corrélation et de facteurs des majeurs et des traces.

En accord avec la pétrographie et la géochimie, cette étude permet de proposer le modèle pétro-métallogénique suivant :

- Al, Ca, Na, K symbolisent la cristallisation des feldspaths dans les volcanites neutres à intermédiaires (surtout à TY.) ;
- dans la double association Cr - Ni et Fe - Mg, on a Mg qui symbolise la présence de clinopyroxène ou de minerais (magnétite, sulfure) dans les R. U. M. ;
- Cu seul ou associé à Zn, Co, symbolise les sulfures dans les laves neutres à intermédiaires, les R. M. et R. U. M. Le cuivre n'est jamais associé au nickel, ce qui est défavorable à la présence de sulfures nickelifères selon la bibliographie ;
- Zn - Cr dans les tufs basiques et Zn - Cu - Pb dans les laves ;
- Co - Mn - Fe³⁺, oxydes aisément solubles sont piégés dans les sites de substitution ou sont dans les minéraux de lessivage.

3. EXPLICATION DES MATRICES DE FACTEURS DE RELATIONS ENTRE LES OBSERVATIONS (ECHANTILLONS)

3.1. Commentaires des matrices de 31 échantillons des opérations dosés pour les majeurs

Le but de ces matrices est de vérifier la classification pétrochimique établie lors des chapitres pétrographie et géochimie.

Fig. 45

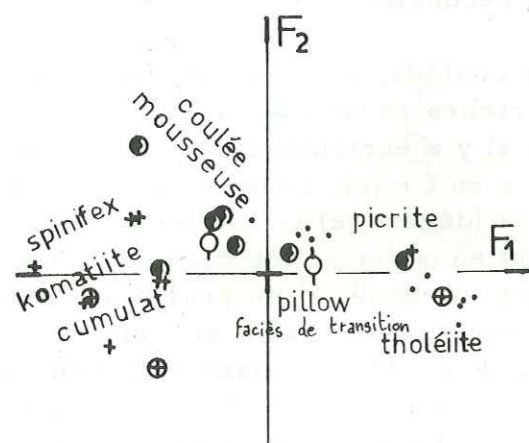


Fig. 45 : Espace $F_1 - F_2$ montrant la différenciation des mafites et des ultra-mafites le long de l'axe F_1 . Le traitement (Fig. 39' : Fer total) influe peu sur la répartition des 31 roches.

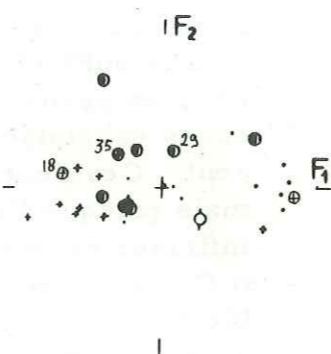
Quel que soit le traitement des échantillons analysés, avec ou sans "Fer total" (Fig. 45 et 39') après les avoir reportés sur les axes F_1 et F_2 qui discriminent respectivement les silicates alcalins des ferromagnésiens et les minerais "primaires", ces roches donnent des nuages quasi homologues où s'assemblent les échantillons possédant les mêmes propriétés.

La structure géochimique s'améliore en comparant les deux traitements ci-dessus afin d'être certain de regrouper des roches identiques.

Soit une classification selon les abscisses négatives :

- les tholéiites de TY. (TY. 88, 95, 151) ;
- les basaltes picritiques alcalins (TY. 113, 114, 135, 140) et les picritiques komatiitiques (WE. 32, PO. 27) ;
- les termes de transition qui passent latéralement ou verticalement des komatiites aux tholéiites : coulées à coussins (NA.) ou bases de coulées komatiitiques en contact avec l'encaissant (WE. 59, KA. 25) ;
- les komatiites pyroxénitiques de coeur de coulée (PO. 18, WE. 83) ;
- les komatiites à structure spinifex plus ou moins dispersées par F_2 (WE. 44, WE. 55, WE. 88) ;

Fig. 39'



- les "coulées mousseuses" komatiitiques (KA. 43, PO. 35) se disposent de part et d'autre du nuage des komatiites, suivant leur teneur en oxydes et hydroxydes métalliques.

Le décalage des échantillons de TY. vers l'axe F_2 , représentatif de la teneur en minerais "primaire", peut venir de ce que ce secteur, soit est plus riche en sulfures (cf. métallogénie, page 115) que les autres, soit se différencie des tholéiites s. lat. vers les picrites en allant vers l'origine le long de l'axe F_1 .

Conclusion partielle :

Les différents membres des unités pétrographiques reconnues aux chapitres précédents se trouvent bien différenciés le long de l'axe F_1 , sans qu'il y ait de groupes géographiques préférentiels :

- les tholéiites uniquement à TY. ;
- les picrites à KA., TY., PO., WE. ;
- les komatiites à KA., PO., WE. ;
- les coulées mousseuses komatiitiques à KA. et PO.
- NA. restant un secteur de transition entre ces trois formations : tholéiites, picrites et komatiites.

Cette conclusion reste conforme à ce qui a été découvert jusque là.

3.2. Commentaires des matrices de 103 et 157 échantillons des opérations, dosés pour les traces

Pour les traces nous partons du même lot d'analyses de roches (31 échantillons), auquel nous ajoutons des roches dosées pour Cu, Pb, Zn, Co, Ni, Cr, Mn et parfois Fe, Mg.

3.2.1. Lot de 157 échantillons dosés pour Cu, Co, Ni, Cr, Fe, Mg

Le tableau 14 (page 90) et la figure 43 a, page 95 nous indiquent que l'espace réduit aux facteurs F_1 et F_2 est le plus favorable pour mettre en parallèle les roches riches en cuivre (F_2) par rapport aux R. U. M. - R. M. riches en Cr - Ni (F_1).

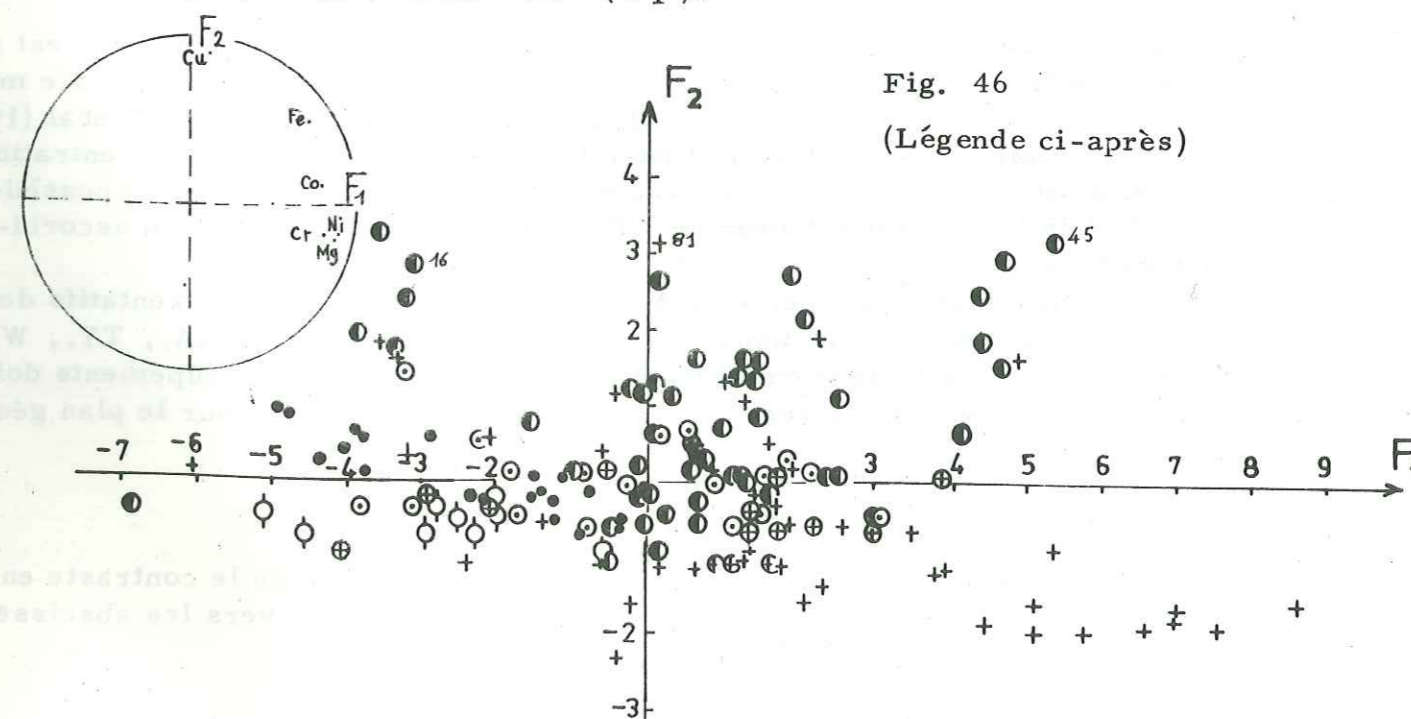


Fig. 46
(Légende ci-après)

Fig. 46 : Espace $F_1 - F_2$ des 157 roches, de la Mission 1978, dosées pour Cu, Co, Ni, Cr, Fe, Mg. Le graphe de la matrice inverse (Fig. 43 a) indique la tendance géochimique de ces roches.

Ainsi dans le diagramme n° 46, F_2 symbolise l'axe des minéralisations et des plagioclases, F_1 l'axe des silicates ferromagnésiens en se dirigeant vers les abscisses négatives.

Les nuages de points de toutes les opérations sont anisotropes et en suivant le sens positif de l'axe F_1 , on rencontre tout d'abord TY. et NA. TY. se situe au-dessus du nuage de NA. parce que le secteur est plus riche en cuivre; des sulfures sont visibles à l'oeil nu dans les affleurements de basites.

De part et d'autre du point origine de F_1 , les autres opérations (KA., PO., SY. et quelques points de WE.) sont mélangées suivant leur degré de différenciation. On remarquera que SY. s'inscrit parfaitement dans les complexes komatiitiques déjà reconnus. L'espace $F_1 - F_2$ discrimine parfaitement les komatiites péridotitiques à texture de spinifex de WE. suivant la flèche E, qui sont également les plus riches en Cr, Ni, Mg et en Ni sulfuré extrait par attaque ménagée à l'acide ascorbique (cf. géochimie, page 7). Le fait que les komatiites à spinifex, représentatives du liquide initial, contiennent du "Ni ascorbique", prouverait que la source était détentrice de sulfure.

Le groupement "A" (cf. Fig. 44) représente des basaltes tholéiitiques (KA. 16) riches en cuivre (Cu moyen env. 100 ppm). La forte teneur en cuivre (205 ppm) de l'échantillon WE. 81 est responsable de l'allongement du nuage "B".

Le groupement komatiitique "C" a un rapport $\frac{Fe}{Mg}$ légèrement inférieur à 1 et des rapports $\frac{Co}{Ni} = 0.143$ et $\frac{Cu}{Ni} = 0$ qui le rangent parmi les complexes U.B. stériles (HENRY, in REGNOULT, 1978, p. 66).

Par contre le groupement komatiitique "D" possède des rapports $Fe/Mg \simeq 1$, $\frac{Cu}{Ni} \simeq 0.07$ et $\frac{Co}{Ni} \simeq 0.045$ qui le classent parmi les complexes possédant des traces de minéralisation. Ce groupement "D" est riche en fer et en cobalt. La flèche "D" correspond également à un axe métamorphique de (talcisation) - stéatitisation ce qui, selon HENRY et al. (1977), MOHAMMED-TOURET et TOURET (1977) est favorable à la concentration des sulfures. Ainsi à l'extrémité du nuage, l'échantillon KA. 45 possède à la fois la plus forte teneur en "Cu total" (184 ppm) et en "Cu ascorbique" (32 ppm).

Les quatre groupements A, B, C, D sont surtout représentatifs des roches de KA. et de quelques unes de WE.; les nuages de NA., TY., WE. sont relativement indépendants les uns des autres. Ces groupements doivent incomber à l'hétérogénéité de l'échantillonnage, tant sur le plan géologique que chimique.

Conclusion :

Cette structure géochimique $F_1 - F_2$ visualise bien le contraste entre les principales unités lithologiques : les tholéiites vers les abscisses négatives et les komatiites vers les positives.

L'idéal serait de projeter ces variables dans un nouvel espace réduit aux axes F (Ni, Mg) - F' (Fe, Cr) pour bien opposer les roches à olivine de celles à pyroxène.

Vers les ordonnées positives s'échelonnent les roches minéralisées en sulfures de cuivre auxquels sont liés Fe et Co dans des roches ayant subi une stéatitisation.

En aucun cas le nickel et le cuivre sont associés, ce qui serait une preuve défavorable quant à la présence de gisement selon la bibliographie (HENRY, ROSS, NALDRETT . . .).

La présence de sulfures de nickel (200 à 300 ppm) au sommet des coulées komatiitiques serait un indice favorable quant à la présence d'amas minéralisés dans un site qu'il faudra définir (base de coulée, pièges structuraux). Paradoxalement le sommet de ces coulées contient des rapports Cu/Ni et Co/Ni défavorables à l'existence de complexes porteurs.

Finalement les secteurs les plus "minéralisés" selon l'analyse factorielle sont KA. (Fe, Cu, Ni, Co) et WE. (Ni, Cr).

3.2.2. Lot de 103 échantillons dosés pour Cu, Pb, Zn, Co, Ni, Cr, Mn

Les cinq nuages A, B, C, D, E, (Fig. 47) correspondent respectivement aux groupements de traces Cu, Pb, Mn - Co, Ni, Cr - Zn, dans l'espace des variables projeté dans le plan $F_1 - F_2$ de la figure 44 a.

Le tableau 17 indique les teneurs moyennes des roches prises à l'intérieur des nuages de telle sorte que leur effectif soit sensiblement identique. Les effectifs cumulés représentent un peu moins du quart de la population.

Ce traitement a été réalisé à partir des échantillons des précédentes missions (MADON, 1976 b), aussi leur localisation précise n'est-elle pas connue vu la rapidité des changements de faciès à l'intérieur des coulées précédemment décrites.

Si chaque nuage de points ne peut donc être associé à un niveau lithostratigraphique précis, il est par contre possible de distinguer les subdivisions suivantes :

- le nuage "A" représente des roches d'origine variée, telles que gabbro doléritique et bréchoïde, gabbro komatiitique, schistes verts de NA., TY., WE. Donc des termes différenciés enrichis en cuivre et par conséquent en sulfures ;
- le nuage "B" représente des échantillons de PO., SY., TY., WE., sans type pétrographique précis mais riches en plomb. Ces échantillons pourraient, au même titre que ceux qui sont riches en Cu, représenter des sulfures ;
- le nuage "C" représente des roches de SY. dont la richesse en Mn - Co ne s'explique pas, parce que les 2 échantillons à fortes teneurs ne sont pas positionnés sur les cartes d'échantillonnage ;
- le nuage "D" représente des échantillons de milieu de coulées komatiitiques de WE., riches en Ni. Ce nuage est diamétralement symétrique au nuage "A", par rapport au "nuage moyen" situé à l'origine. "D" ne semble avoir aucune relation avec les sulfures, mais être seulement dû à la minéralogie (olivine, pyroxène) ;

Tabl. 17.

Teneurs moyennes pour Cu, Pb, Zn, Co, Ni, Cr, Mn
des nuages de roches de la Figure ci-dessous.

	\bar{X} ppm	Seuil d'a- nomalie $\leq \bar{X} + 2\sigma$	A	B	C	D	E
Cu	50	145	120	40	60	10	10
Pb	15	25	20	25	25	10	25
Zn	115	265	80	65	90	140	440
Co	115	205	91	160	350	130	160
Ni	1320	3080	320	890	1670	3720	1500
Cr	6380	* 19140	630	1320	90	13500	104780
Mn	1760	* 5290	1410	4260	8640	1100	1820

* : en supposant $\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n}}$ et \bar{X} , moyenne et écart-type
arrondis du tableau 11. Les roches sont de plus en plus
magnésiennes de A vers E. Les colonnes D et E n'appar-
tiennent qu'à Wémélhoro.

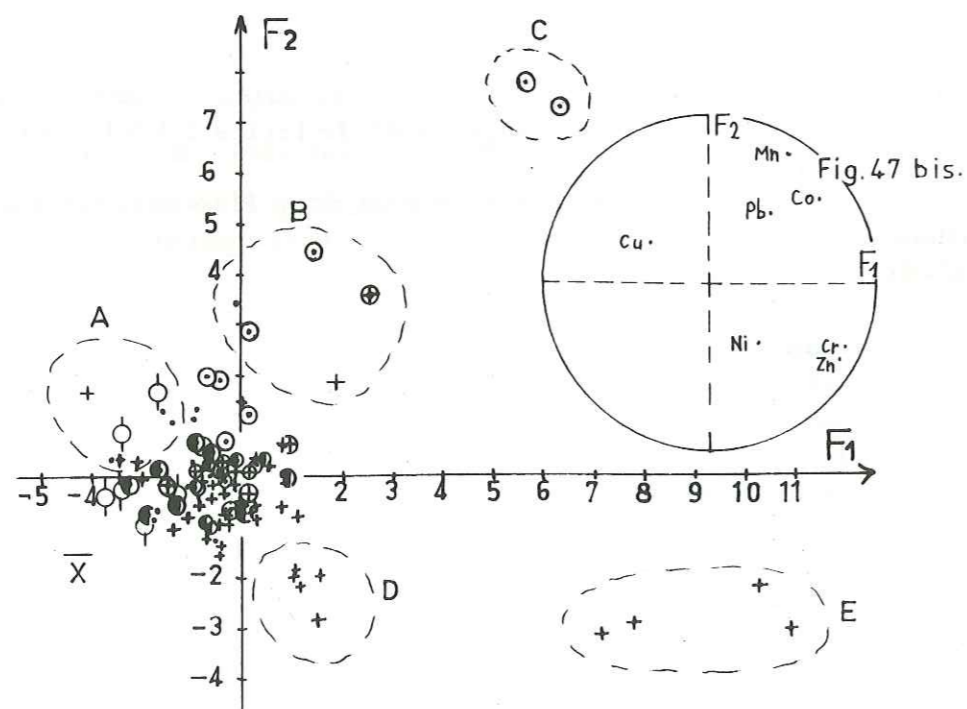


Fig. 47 : Espace F1 - F2 des 103 roches, de la Mission 1975, dosées pour
Cu, Pb, Zn, Co, Ni, Cr, Mn. Le graphe de la matrice inverse (Fig. 47 bis)
indique la tendance géochimique des nuages de points A, B, C, D, E ;
 \bar{X} est la moyenne du nuage autour de l'origine.

- le nuage "E", isole parfaitement les lits de chromitites de WE. Le chrome est lié au zinc dont les teneurs (440 ppm) valent quatre fois la teneur moyenne en roche.

3.2.2.1. Conclusion pour ce lot de 103 échantillons

Ce traitement n'illustre que les minéralisations des unités géologiques sans opérer une classification pétrochimique. Il différencie parfaitement le Cr et le Ni dans le quadrangle SW, notamment les chromitites connues à l'affleurement. Dans la partie nord de la quadrature se trouvent Cu et Pb, certainement des sulfures qui ne sont donc pas associés au nickel.

3.2.3. Conclusion sur l'interprétation des matrices des deux lots d'échantillons dosés pour les traces

Les diagrammes des figures 46 et 47 se superposeraient assez bien. D'ailleurs dans le diagramme des facteurs de variables (éléments traces, Fig. 43 a et 44 a) on retrouve vaguement le même agencement des traces par rapport aux facteurs F1 - F2 :

- F1 différencie les roches suivant le rapport Fe/Mg et la teneur en Cr - Ni qui est d'autant plus élevée que la roche est magnésienne ;
- F2 différencie les roches riches en cuivre donc à priori en sulfures.

Il ressort que Ni et Cu ne sont jamais associés et sont même toujours diamétralement opposés ce qui est défavorable à la présence de Ni sulfuré.

Le nuage des échantillons de la mission 1976 (Fig. 47) est relativement isotrope par rapport à celui de 1978 (Fig. 46). En conséquence la technique d'échantillonnage employée (cf. organisation, page 6) était correcte car l'A.C.P.N. a permis d'améliorer la correspondance entre les facteurs des variables majeurs et traces. Ceci a aussi permis de situer métallogéniquement les opérations (cf. chapitre métallogénie) vis à vis d'éventuelle minéralisation nickélique.

CHAPITRE IV

METALLOGENIE

1. MINERALOGIE1.1. Déterminations des concentrés de batées

Ces déterminations sont extraites des fiches d'étude de concentrés du rapport 334 de MADON (1976 b) dont les références sont données dans les figures 48 et 49 .

Rappelons qu'il s'agit de concentrés provenant de la partie inférieure des graviers des puits foncés au bedrock, en général à moins d'un mètre de profondeur, dans les alluvions du lit vif des marigots. Des roches vertes (dolérite, gabbro, orthoamphibolite, R M, R U M) constituent ce bedrock. Le gravier est essentiellement composé de pisolites latéritiques et de fragments de quartz anguleux. Chaque concentré est recueilli puis quarté après le lavage de 6 pans d'une capacité de 7,3 l.

Le laboratoire élimine la fraction de densité inférieure à 2,9 et ramène le poids de minéraux lourds à 20 ou 50 g, puis le sépare en 3 fractions : $2,9 < d < 3,3$; et pour $d > 3,3$ un lot magnétique et un lot non magnétique.

1.2. Caractéristiques de chaque secteur d'opération

Les caractéristiques de chaque secteur sont données figure 48 :

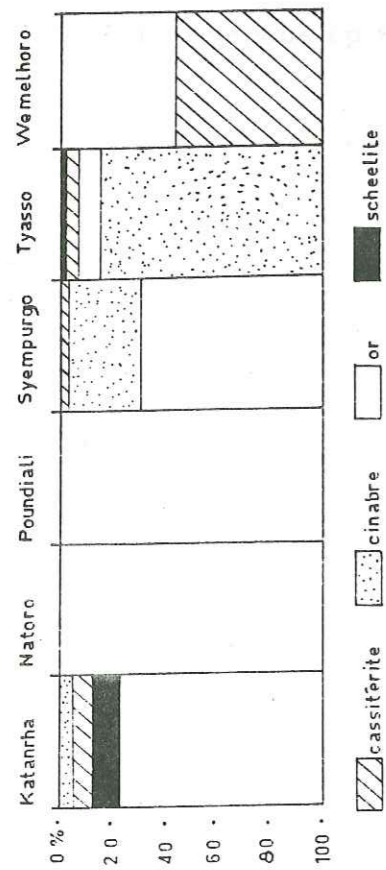
- KA. possède une composition relativement homogène par rapport à l'ensemble des autres secteurs ; ;
- NA. est le plus riche en limonite ;
- PO. est plus riche en chromite que WE. alors qu'aucune lentille de chromite n'a été relevée sur le terrain ;
- SY. est la seule à avoir du grenat ;
- TY. se distingue par l'abondance de l'épidote et du cinabre qui a été également vu en roche (MADON, 1976 b) ;
- WE. est le plus riche en métaux de transition : Fe, Ti, Cr .

Cette figure ne permet pas de mettre en évidence une association minéralogique typique des komatiites; tout au plus constatons-nous l'assemblage Ilm - Mag - Chr - Or d'après sa fréquence d'apparition dans les pourcentages, mais il ne doit représenter qu'une auréole de dispersion mécanique pour ces minéraux stables dans la zone d'altération.

Ainsi TY., qui n'appartient pas à la lignée komatiitique, est la plus riche en épidote alors que les autres opérations, appartenant à cette lignée, semblent plus riches en magnétite, ilménite, chromite et en or comme nous le verrons ci-après : à PO. et WE. les minéraux de titane, de chrome et de fer occupent près de 90 % du concentré (Tabl. 18).

Par contre ce tableau montre partout la richesse en minéraux d'origine métamorphique ; la sillimanite identifiée à WE est due au métamorphisme de contact du granite.

Fig. : 49

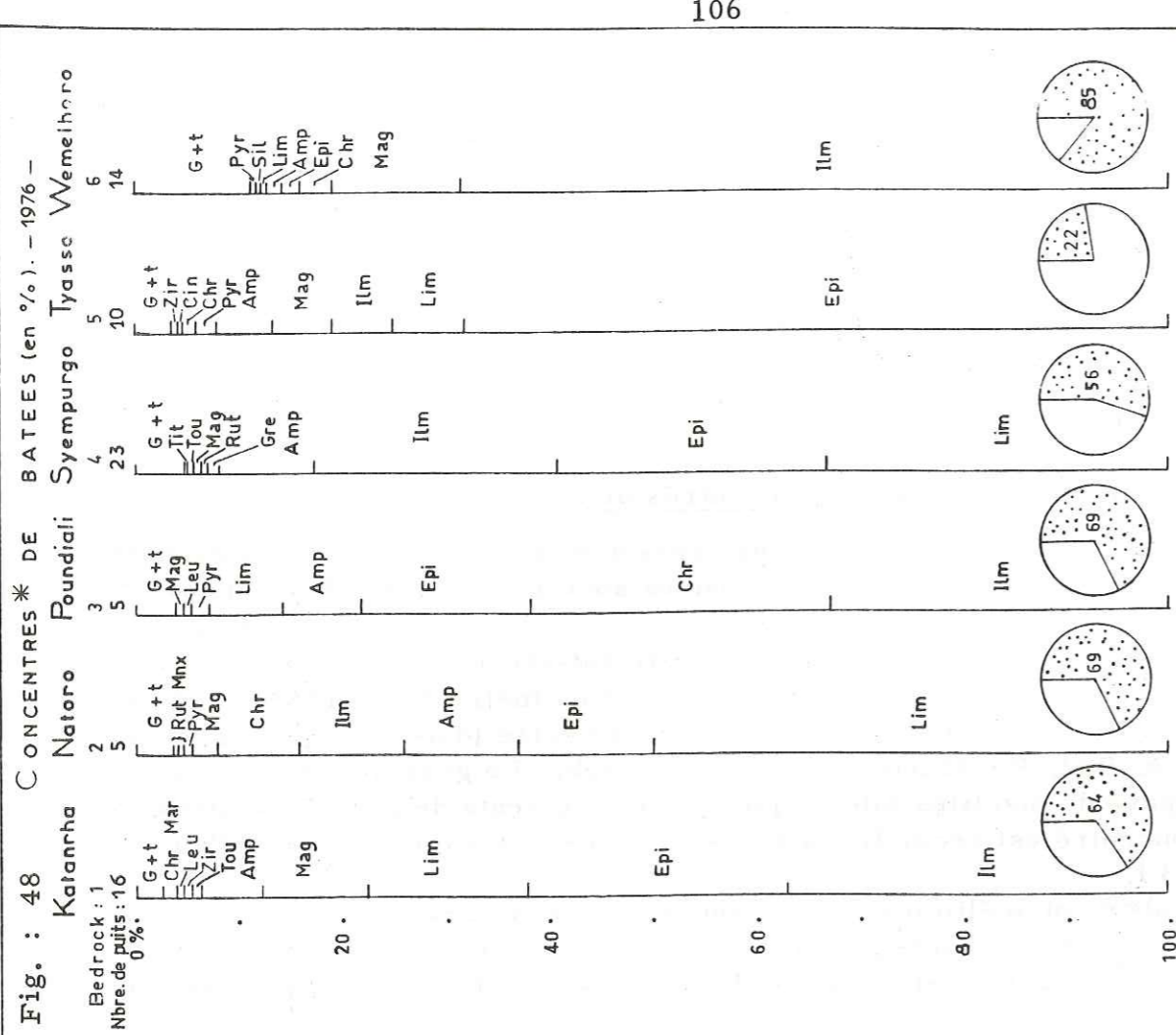


POURCENTAGES DE MINÉRAUX EN PLACE DANS LES ALLUVIONS
DES SECTEURS

Il s'agit de % calculés, après conversion en g/m³, de la moyenne des fractions de minéraux de chaque concentré de battée. Les données * sont extraites des fiches d'études des laboratoires SODEMI n° 3680, 3681, 3748, 3751, 3811, 3869, 3870, 3990.

Fig. 48 : Les concentrations des minéraux ont été converties en g/m³ puis la concentration (en g/m³) des grains et des traces a été déduite par différence avec le poids total du concentré étudié.

Fig. 49 : Pourcentage des "minéraux en grains".
Remarquez la pauvreté en or de TY.



Légende. Bedrock : 1 dolérite très altérée ; 2 roche verte et schiste tufacé ; 3 gabbro tectonisé et ortho-amphibolite ; 4 roche basique altérée ; 5 andésite et amphibolo-schiste ; 6 roche basique et ultra-basique . Les minéraux sont classés par pourcentage croissant ; ceux qui sont sur la même ligne ont un pourcentage identique. G + t, "grains" et traces, Amphibole, Cinabre, Chromite, Epidote, Grenat, Ilménite, Leucoxène, Limonite, Magnétite, Martite, Max : oxydes de manganèse, Pyrite, Rutile, Sillimanite, Titanite, Tourmaline, Zircron. Les cadrans pointillés représentent la fraction ferromagnétique : Chr, Ilm, Lim, Pyr, Mag.

Tabl. 18 : Comparaison et importance relative (en %) des groupes génétiques de minéraux de batées dans les secteurs.

Voici les 9 groupes génétiques tels qu'ils sont définis dans la notice explicative à l'étude des concentrés. (SODEMI, 1.4.75) :

1. - minéraux (min.) précieux ;
- 2.) min. d'origine hydrothermale ;
- 3.) min. d'origine pneumatolytique ;
- 4.) min. pegmatitiques de basses températures ;
- 5.) min. pegmatitiques et granitiques de hautes températures ;
- 6.) min. d'origine métamorphique ;
- 7.) min. de titane, de chrome, de manganèse ;
- 8.) min. de fer ;
- 9.) min. divers et constituants des roches.

Groupes	secteurs	% moyens par groupe
1	or partout en grains	6 à 8 % avec les traces
2	cinabre à KA - SY beaucoup à TY	
3	partout en grains ou g/m ³	
4	en grains à KA, SY, TY, WE	0,25 %
5	KA, TY	
6	en traces, sauf à WE	22.00 %
7	KA, NA, SY, TY PO, WE	
8 et 9	KA, NA, SY; TY PO, NA	71.75 % 21.00 %

Dans la figure 48, tourmaline et pyrite ne cohabitent pas dans les concentrés bien qu'ils soient classés dans le groupe des minéraux d'origine pneumatolytique. Il y a de la tourmaline à KA., SY. et de la pyrite à NA., PO., TY., WE.

Le fait le plus marquant est l'omniprésence de l'or (Fig. 48 et Tabl. 18) et son affinité pour la suite komatiitique.

1.3. Teneurs moyennes en minerais des roches

La composition moyenne en "minerais" des groupes de roches du tableau 8 est calculée d'après la norme CIPW. En voici les résultats :

- gabbros andésitiques : 3,1 % ,
- hypersthénites : 4,6 % ,
- webstérites : 4,2 % ,
- ariégites : 3,8 % ,
- harzburgites : 3,7 % ,
- basaltes oligoclasiques : 3,9 % ,
- " labradoriques : 4,5 % ,
- " bytownitiques : 4,4 % ,
- ankaramites : 4,3 % ,
- sakalavite : 4,5 % .

Ainsi la norme moyenne en "minerais" des komatiites (5 premiers groupes) est de 3,9 % et celle des tholéiites s. lat. (5 derniers groupes) de 4,3 % .

Puisque la lignée tholéiitique dérive de la lignée komatiitique (cf. page 78) il est normal que, par suite de l'enrichissement en titane et en fer dans les tholéiites, celles-ci possèdent une teneur en minerais plus forte.

2. METALLOGENIE

2.1. Indices connus

Les indices sont décrits autant que possible par ordre d'abondance décroissante. Il s'agit éventuellement d'une simple énumération car l'étude systématique de leur contexte géologique et de leur intérêt n'a pas été abordée.

2.1.1. Magnétite

Elle abonde partout : dans les sols, les latérites, les roches et les marigots où elle souligne les "ripple-marks", se décelant aisément avec un aimant à main. Ce dernier peut, dans les coulées komatiitiques, aider à mettre en évidence les coulées péridotitiques, riches en forstérite moins magnétiques que les coulées pyroxénitiques plus riches en fer.

En lame mince on distingue 2 variétés de magnétite : l'une cubique, d'origine primaire, l'autre en amas diffus, secondaire. En outre un habitus squelettique, typique des textures spinifex, donc d'origine primaire, est parfois décelable. Sur le terrain cette magnétite semble se grouper en amas de ségrégation sous l'influence du métamorphisme. La distribution de la magnétite peut avoir plusieurs origines (EWERS et al., 1972) :

- oxydation de la pyrrhotite ;
- serpentinitisation ;

- séparation à partir d'un magma contenant deux phases, l'une sulfurée qui cristallise en premier, l'autre oxydée.

2.1.2. Chromite

Des lits fusiformes de chromite à matrice d'amphibole et de chlorite (détermination à la loupe) affleurent sur plusieurs dizaines de mètres de long sur une puissance de quelques décimètres dans une péridotite serpentinisée. Cette minéralisation de type schlieren est plus ou moins allongée suivant le litage des coulées komatiitiques de la colline SSW de WE. ; parfois elle s'invagine dans la komatiite comme si elle avait été injectée alors que le magma n'était pas tout à fait cristallisé. D'ailleurs selon EWERS et HUDSON (1972) à KAMBALDA (AUSTRALIE) la mise en place se ferait, à haute température, sous forme d'une purée de mousse de cristaux d'olivine, de chromite, de silicates fondus riches en Mg dans une solution solide de deux phases immiscibles, sulfurée et oxydée.

Le diagramme de la figure 32 indique qu'en se dirigeant des cumulats vers "les coulées mousseuses" (de WE. 57, WE. 36, PO. 18, KA. 25, KA. 43, PO. 35, suite qu'on retrouve dans le diagramme de la figure 31), la teneur en chrome augmente plus vite que celle en nickel lorsque la densité des bulles s'accroît donc lorsque la pression des fluides s'intensifie.

A KAMBALDA il s'agirait d'une ségrégation par gravité, probablement lors de l'écoulement qui entrainerait la formation d'une zone trempée chromifère, d'une zone riche en sulfures massifs et d'une matrice où les olivines sont en équilibre avec les sulfures.

D'après la littérature (cf. REGNOULT, 1976), les gisements de chromite sont étroitement contrôlés du point de vue structural : mur des séquences U. M. ou près des contacts anormaux à la base de la pile volcanique "ophiolitique".

2.1.3. Tourmaline

L'origine de la tourmaline a déjà été abordée dans l'alinéa sur la tourmalinisation au chapitre métamorphisme (cf. page 47). Cette tourmaline noire est omniprésente en plus ou moins grande quantité dans les concentrés de batée. Les schorls radiés noirs de KA. ont un habitus prismatique très fin et allongé de plusieurs centimètres.

2.1.4. Pyrite

Omniprésente dans les formations birrimiennes, elle est souvent disséminée en mouches dans les laves de type intermédiaire. Par contre elle n'a jamais été vue à l'affleurement dans les RUM komatiitiques, mais seulement en lame mince lorsqu'elle est piégée dans le réseau des silicates.

A TY. des indices de pyrite et de chalcopyrite ont été vus à proximité des brèches volcaniques dans les dacites (TY. 149, 150) de la petite zone au Nord et à l'Est de la borne 5, au Sud, dans les chloritoschistes verts.

2.1.5. Cinabre

Dans les environs de NIELLE, MADON (1975, p. 13) associe la présence du cinabre à celle de l'or dans les zones de volcanites neutres à basiques. Cette association pourrait également être compatible avec la

tourmaline car ce sont des minéraux télémagmatiques en relation avec les dernières géophases de l'évolution des magmas.

A TY, où le cinabre a été découvert (MADON, 1976 b) dans des brèches quartzieuses près de 2 puits alluvionnaires au Sud. La richesse en HgS s'expliquerait par son transport et son accumulation lors de la formation de cheminées bréchiques (les tufs et les brèches volcaniques sont abondants) et la fracturation des plutons causée par l'exsolution de l'eau du magma durant sa cristallisation.

2.1.6. Barytine

L'indice de barytine à environ 3 km au NNE de WE., près de la route, a été décrit par MADON (1976 d) : il s'agit d'un petit stockwerk d'une trentaine de mètres de long qui est encaissé dans un granite à proximité d'amphibolites. En lame mince c'est en fait une "solution solide de barytine et de célestine, très proche du pôle barytine".

FERSMAN (1936, p. 247) retient 3 hypothèses de formation :

- en relation avec la métasomatose des roches carbonatées ;
- dans la zone de cémentation des filons sulfurés ;
- lors de la formation de la partie profonde de chapeau de fer à partir de sulfures oxydés.

En l'absence de carbonate à l'affleurement nous éliminerons la première hypothèse. Cependant les sondages pourraient découvrir en profondeur des niveaux calcaires dans des métasédiments (TAGINI, 1971, p. 65)

Dans la deuxième hypothèse, on peut supposer que des sulfures et des sulfo-sels antérieurement formés précipitent des sulfates et des composés sulfo-oxygénés : sulfates de métaux lourds tels que la barytine.

Comme cette deuxième hypothèse, la troisième est basée sur la présence de sulfures. Toutes deux semblent les plus probables, d'autant plus que les ponctuations d'hématite remplissent les vides intergranulaires ou les clivages et cassures. Cet assemblage de barytine et des ocres ferrugineux correspond souvent, selon FERSMAN (op. cit.) à des filons polymétalliques ou indique la proximité de filons de pyrite.

Dans la formation de KOMATI à BARBERTON en AFRIQUE du SUD, HERRMAN (1976, p. 4) trouve que la teneur en baryum est plutôt forte (entre 10 et 300 ppm) pour des dunités - péridotites et que cet excès doit provenir d'une altération : par exemple lors du contact avec l'eau de mer, plutôt qu'à une cristallisation primaire.

Plus classiquement, on peut admettre l'hypothèse d'une venue hydrothermale issue des granites environnants.

Ce stockwerk de barytine, étant donné la proximité des komatiites plus au Sud, est d'une importance capitale quant à la présence éventuelle de sulfure de nickel. Il conviendrait donc de réaliser des trainées électriques dans les environs.

2.1.7. Asbeste

Du fait des conditions climatiques de la COTE D'IVOIRE, l'asbeste n'affleure pratiquement jamais. Seuls des filonnets d'asbeste ont été découverts dans le puits éluvionnaire n° 2 de SY, vers 2 mètres de profondeur dans les R U M (Fig. 59). Ces filonnets, très sinueux, ont un pendage d'environ 45° ou plus et des directions variables, leur puissance variant de 20 cm dans les poches à quelques millimètres. La puissance moyenne est de 2 à 3 cm. Les fibres sont disposées parallèlement ou

obliquement aux épontes ce qui n'est pas un critère favorable quant à leur intérêt économique puisque les fibres devraient être perpendiculaires aux épontes (FERSMAN, 1936, p. 260).

La formation des filons d'asbeste doit être en rapport avec le métamorphisme thermique du complexe de R U M (dont la nature komatiitique reste à découvrir par analyse chimique) transformées en serpentinites par auto-pneumatolyse ou par action des fluides dégagés par les granites tardifs environnants dont quelques manifestations sont subodorées dans l'angle SW de ce secteur. Toutefois on devrait confirmer aux rayons X la détermination de cette asbeste qui peut être confondue avec la brucite fibreuse, Mg (OH)₂ : la némalite.

2.1.8. Or

L'or est lié aux venues hydrothermales associées aux granites intrusifs calco-alcalins ou aux granodiorites, réputés favorables aux venues aurifères, ainsi qu'aux exhalaisons volcaniques lors de la mise en place des volcanites sous-marines.

En 1934, ARCHAMBAULT reliait les minéralisations aurifères à des intrusions basiques telles que celles d'ATTINGUIE au Nord d'ABIDJAN (SONNENDRUCKER, 1965, p. 10).

La figure 49 du pourcentage des "minéraux en grains" des concentrés montre une nette préférence de l'or pour la lignée komatiitique ; TY, qui n'en fait pas partie en est presque dépourvu. L'or représente la majorité ou la totalité des minéraux en grains des concentrés de KA., NA., PO. où affleurent des "coulées mousseuses" et/ou des coussins picritiques. Ces deux faciès lithologiques correspondent au stade de dégazage maximum du magma basique.

Il est possible qu'après ou pendant cette intense pneumatolyse du magma basique des fluides aurifères se soient déposés.

Ces fluides juvéniles auraient pu également être riches en bore (MELSON, 1970, in MAJIDI, 1978). Par ailleurs la littérature nous apprend que la présence de tourmaline est favorable à celle de l'or. Ainsi à KA., mais aussi à SY., on trouve les plus fortes teneurs en or et en tourmaline dans les concentrés. On ne doit toutefois pas oublier que NA. et PO. sont également à proximité d'un massif intrusif de granite à amphibole.

Il conviendrait donc de contrôler cette correspondance par des dosages pour l'or des filons de quartz à tourmaline (e.g. KA. 50) et des roches encaissantes des complexes komatiitiques.

2.1.9. Tableau récapitulatif des indices connus

Il s'agit d'indices qui sont connus à ce jour en roches ou en alluvions sur les opérations étudiées :

- magnétite : omniprésente mais beaucoup plus abondante dans les secteurs à komatiites péridotitiques ;
- chromite : une minéralisation de type schlieren affleure à WE., mais n'est pas exploitable à cause de ses impuretés ;

- tourmaline : omniprésente mais particulièrement abondante sous forme de schörl radié noir à KA. ;
- pyrite : partout en petite quantité dans les laves du type andésite-dacite, jamais ou très peu dans les komatiites ;
- cinabre : affleure dans des brèches quartzzeuses à TY. qui est aussile secteur le plus riche en pyrite et chalcoppyrite ;
- barytine : présente à WE. ; elle laisserait entrevoir l'existence de sulfures dans/ou à proximité des komatiites ; leur détection pourrait être un guide pour la recherche de sulfures de nickel dans les komatiites proches.

3. POSSIBILITES D'EXISTENCE DE GITES DE NICKEL SULFURE

3.1. D'après les résultats des dosages

En l'état actuel, aucune découverte de minerai n'ayant encore été faite, on doit tenter d'après les résultats des analyses chimiques en majeurs et traces d'apprécier la plus ou moins grande probabilité d'existence de complexes porteurs.

Les roches les plus riches en nickel (3 720 ppm) sont de loin les dunités et harzburgites serpentinisées de WE. (Tabl. 17, colonne D). Cette teneur de 3 720 ppm correspond aux clarkes de 3 000 à 4 000 ppm Ni trouvés ailleurs dans d'autre péridotites par STEINBERG et CHASHCHUKHIN (1977, in MARAKUSHEV, 1979, p. 87). Dans les roches plus riches en Cpx., le nickel descend entre 1 500 et 2 000 ppm ; quoique cette teneur soit au-dessus du clarke, Ni = 1 600 ppm, des R.U.M. de VINOGRADOV (1956, in HENRY, 1970), l'analyse factorielle (Fig. 17) ne privilégie aucun secteur pour une éventuelle minéralisation nickelifère, sauf peut-être WE.

C'est à WE. que les dosages, après attaque ménagée, ont donné les plus fortes teneurs : plus de 300 ppm Ni dans les échantillons WE. 50 et 51. Malheureusement, les teneurs en Cu, symptomatiques de la richesse en sulfures des R.U.M., y sont très basses. Pour CHAMBERLAIN (1968, in HENRY, 1970, p. 16) le seuil de décrochage du nickel pour le soufre serait de 1 000 à 2 000 ppm soufre en roche ; en tout cas en -dessous de 600 ppm soufre, les complexes U M - M seraient stériles (CAMERON, 1970, in HENRY, op. cit.).

Aux PHILIPPINES, dans des conditions géomorphologiques comparables à celles de COTE D'IVOIRE, les teneurs en sols du cuivre s'enrichissent aux abords des affleurements porteurs de nickel sulfuré (OBIAL, APELO, SANTOS, 1971). Or ceci n'a jamais été observé sur nos opérations. Est-ce dû à la pauvreté en Cu des roches ou bien à la technique de prélèvement ou d'analyse ? Nous ne pouvons nous prononcer.

Cependant la poursuite de la prospection des roches vertes de Nord COTE D'IVOIRE peut raisonnablement être recommandée du fait que le traitement statistique multivariable (Fig. 17) place les komatiites de WE., PO., NA., KA. près de WERNER LAKE (ONTARIO) qui est "un champ minéralisé (Ni, Cu, Co) aligné le long d'un grand accident tectonique" (HENRY, 1973).

3.2. D'après les critères pétrochimiques

3.2.1. Coefficient de ferricité F, coefficient d'OSBORN et diagramme TiO₂ - MgO.

F est égal à $(\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3 / \text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MgO}) \times 100$ en poids d'oxydes (AL MUKAMEDON, 1967, in HENRY, 1970, p. 21).

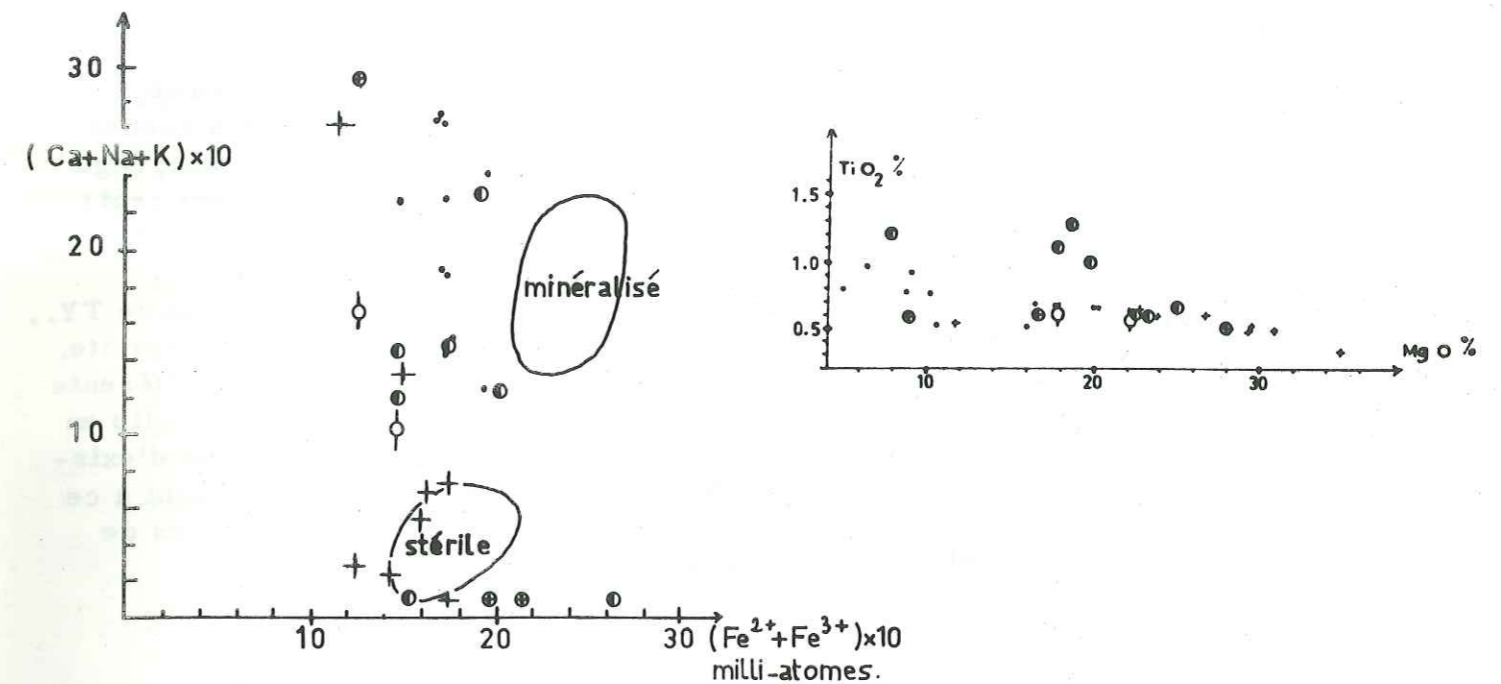
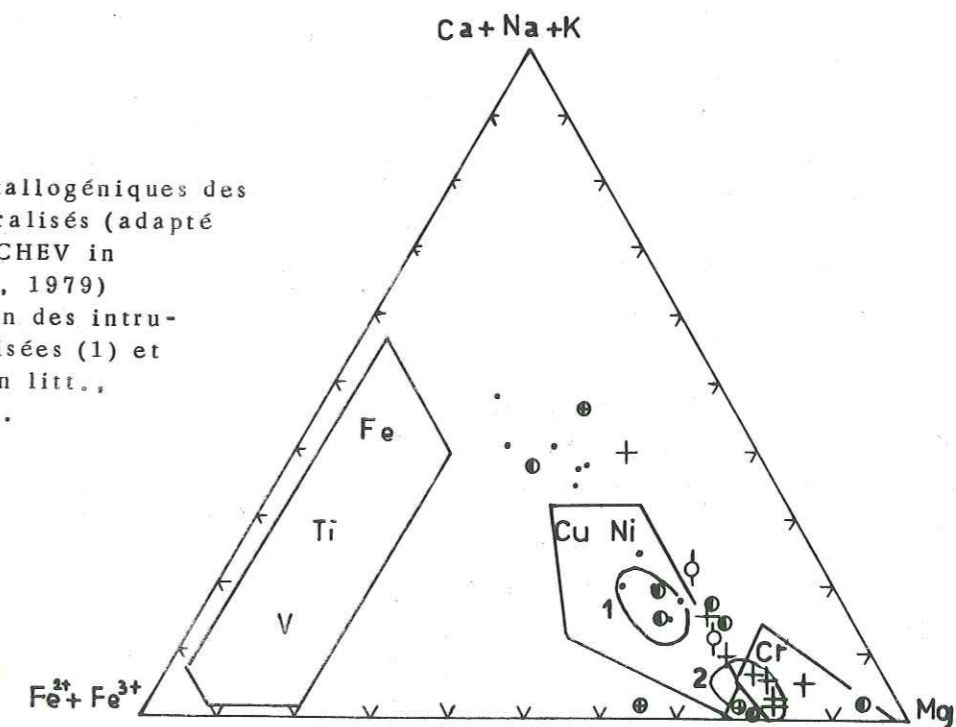


Fig. 50 : Diagramme séparant les intrusions intéressantes (in litt. HENRY, 1970).

Fig. 51 : Diagramme TiO₂ en fonction de MgO montrant l'enrichissement en Ti avec l'augmentation des bases fortes (Ca, Na, K).

Fig. 52

Domaines métallogéniques des magmas minéralisés (adapté d'après BOGACHEV in MARAKUSHEV, 1979) et présentation des intrusions minéralisées (1) et stériles (2) (in litt., HENRY, 1970).



Si comme l'indique HENRY ce coefficient est le plus favorable quand il se situe aux alentours de 50, ce sont les roches à tendance gabbroïque qui en présentent les valeurs les plus proches, c'est-à-dire les roches de KA., PO., TY. Le diagramme $Al_2O_3 - FeO \text{ total} / FeO \text{ total} + MgO$ (Fig. 30) confirme cette hypothèse puisque lorsque ce coefficient croît, le degré de sulfurisation augmente également avec précipitation d'éléments chalcophiles (MARAKUSHEV, 1979).

Effectivement ce sont bien les basaltes à tendance tholéiitique de TY., riches en Fe, Ti, P, qui possèdent des indices de pyrite et chalcopyrite.

La signification du diagramme $TiO_2 - MgO$ (Fig. 51) est différente du précédent puisque le fait que la teneur en Ti soit faible quand celle en Mg est forte, est selon HENRY (1970, p. 25) "une des conditions d'existence des concentrations nickélifères". Or les komatiites répondent à ce critère puisque leur pourcentage en TiO_2 se stabilise aux alentours de 0.6. alors que celui des tholéiites approche de 1 %.

3.2.2. Diagrammes $Mg - Fe^{2+} + Fe^{3+} - Ca + Na + K$ et

$$\frac{(Ca + Na + K) \times 10 - (Fe^{2+} + Fe^{3+}) \times 10}{\dots}$$

Les valeurs sont données en milli-atomes et reportées sur ces diagrammes "expérimentaux" (in Litt., HENRY, 1970, p. 23) (Fig. 51 et 52). En raison de la répartition anarchique des nuages de points par rapport aux domaines "minéralisés", on ne peut guère tirer de conclusion, mais on ne doit pas rejeter systématiquement toutes les opérations car elles ne sont pas toutes incluses franchement dans le domaine "stérile".

Conformément à l'étude statistique de ZANONE (1970 a) sur des complexes susceptibles d'être minéralisés en sulfures de nickel, les champs à minéralisation possible appartiennent bien au champ Cu-Ni (Fig. 52), alors que les champs stériles n'ont pas de cuivre mais du chrome.

3.2.3. Conclusions sur les résultats des dosages

La difficulté d'interpréter ce type de diagrammes vient de ce que leurs axes utilisent des éléments majeurs pour mettre en évidence des minerais : ainsi on observe un "trend magmatique" (e.g. des alcalins par rapport aux ferromagnésiens) plutôt qu'une éventuelle minéralisation.

Sans être affirmatifs, ces diagrammes n'excluent pas la possibilité de gisement potentiel de nickel sulfuré dans les komatiites ivoiriennes.

3.3. D'après les critères pétro-métallogéniques

En l'absence de toute information (analyses chimiques, sections polies ...) sur les sulfures susceptibles d'être rencontrés, on ne peut que se référer à certains auteurs canadiens, et surtout russes, ainsi qu'à la synthèse d'HENRY (1970) pour discuter de l'origine du soufre et des éléments métalliques et de leur mode de dépôt.

Rappelons que dans les komatiites, l'individualisation de la phase sulfurée du bain silicaté doit être précoce et que les ségrégations minéralisées peuvent se faire dans des niveaux très élevés de ces complexes (HENRY et OHNENSTETER, 1977, p. 981).

La carbonatation post-magmatique, considérée comme très favorable à la concentration des sulfures nickélifères (MOHAMMED - TOURET et TOURET, 1977, p. 975), est plutôt discrète dans les lames minces examinées.

La présence de magnésite dans les plaques minces pourrait donc être considérée comme un précieux métallotecte.

Classiquement on peut toujours imaginer que ces minéralisations "épigénétiques" ont pu être guidées par le contexte structural : charnière anticlinale, faille, paléosurface ... La mise en évidence de telles structures ne paraît guère possible vu la rareté et la mauvaise qualité des affleurements. Si les concentrations sulfurées existent, elles ne sont pas subaffleurantes, sinon elles auraient été découvertes lors de la prospection géochimique. Par conséquent la recherche des concentrations enfouies ne peut s'effectuer que par l'intermédiaire d'une prospection géophysique, surtout à la périphérie des zones komatiitiques connues.

3.4. "Favorabilité" de quelques opérations.

3.4.1. TYASSO.

Les isovales en sols superficiels de Cr et Zn se superposent bien et les fortes teneurs se correspondent comme à WE. Cette bonne corrélation Cr - Zn ressort bien sur les diagrammes statistiques (Fig. 44 b et c Fig. 17) et sera discutée ci-après.

Selon MARAKUSHEV (1979) l'augmentation du rapport $Fe / Fe + Mg$ favorise la sulfurisation et donc la précipitation des chalcophiles. Or dans la figure 30, TY. est à l'extrémité positive du graphe vers les termes différenciés. Ce secteur est le plus riche en sulfures (pyrite, chalcopyrite) mais son appartenance à la lignée tholéiitique, à laquelle les sulfures de nickel ne sont jamais associés, conduit à l'abandonner pour la recherche de ces derniers.

3.4.2. WEMELHORO.

Pour NALDRETT et GASPARRINI (1971) les sulfures sont à rechercher là où il y a moins de chromite et plus de magnétite et plus spécialement dans les concentrations "dynamiques" (GEE et al., 1976) et non primaires.

A WE. comme à KAMBALDA (AUSTRALIE), les fortes teneurs en Cr sont corrélées à celles en Zn (Fig. 53). La projection des analyses géochimiques de WE. dans l'espace F1 - F2 (Fig. 47) indique une corrélation de Cr et Zn. En outre l'augmentation concomitante de Cr et MgO (Fig. 32) est un critère typique des komatiites périclites riches en MgO (BICKLE et al., 1977, p. 103). Cette relation entre les fortes teneurs en Zn et celles en Mg est un facteur favorable à la présence de périclites porteuses de sulfures de nickel.

A WE. pour une teneur en Cr d'environ 10 % on atteint près de 0.5 % Zn (contre 3 % à KAMBALDA pour les meilleures teneurs en Zn). Le puits éluvionnaire n° 2 (MADON, 1976 b) foncé jusqu'au bedrock à proximité d'une "lentille" de chromite possède des teneurs élevées en Cr, Zn et Ni alors que dans le puits n° 1 où Cr et Zn sont faibles, le Ni l'est également.

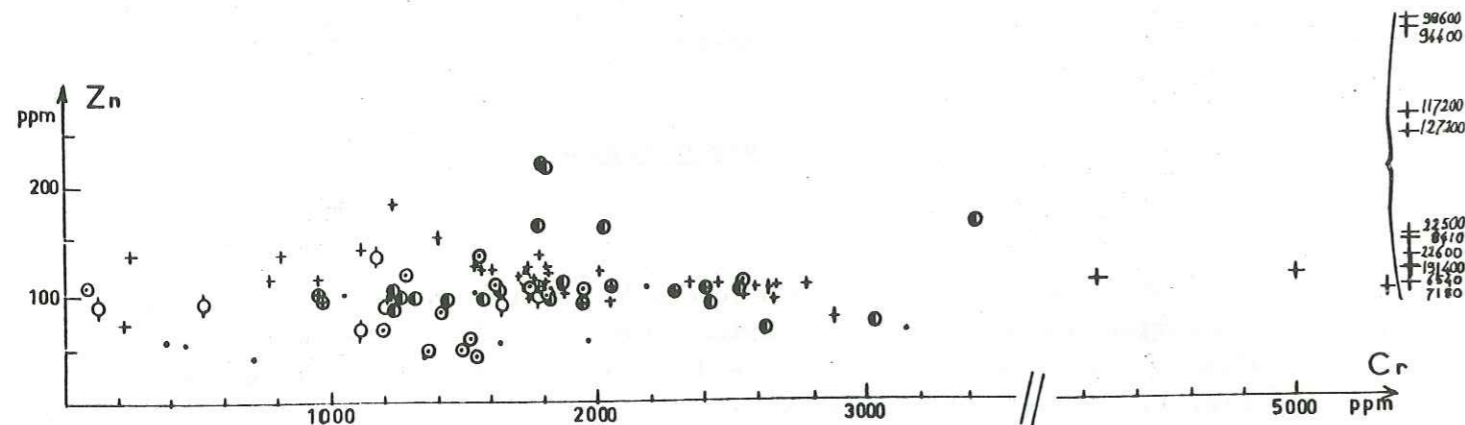


Fig. 53 : Diagramme Zn - Cr. La corrélation entre Zn et Cr est moyenne comme l'indiquent les diagrammes 44 b et 44 c . Les fortes teneurs en Zn et Cr indiqueraient des péridotites porteuses de Ni sulfuré. Les plus (+) dans l'accolade sont à translater de la valeur indiquée.

Si l'association Cr - Zn indique bien la présence de sulfures de nickel, on pourrait utiliser, à la suite de GEE et al. (1976), les spinelles alluvionnaires comme guide de prospection. Suivant la teneur en Ni de la magnétite on peut espérer ou non des sulfures de nickel (HENRY, 1970), ou encore d'après NALDRETT et GASPARRINI (1971) selon le rapport Fe^{3+}/Fe^{2+} dans les chromospinelles puisque, lorsque la fugacité de l'oxygène croît, celle du soufre croît aussi.

Il serait particulièrement intéressant de réexaminer les occurrences U. M. minéralisées en Ni - Cu de KADIOLO, au MALI (rapport B. R. G. M., 1974, in REGNOULT, 1978 a) dans une optique komatiitique. Si celle-ci était confirmée on pourrait envisager que WE., situé seulement à une vingtaine de kilomètres à vol d'oiseau, appartienne à un même magma générateur et puisse éventuellement se révéler être minéralisé.

4. TYPES DE GISEMENTS EVENTUELS DE NICKEL SULFURE

"Les komatiites potentiellement les plus favorables aux concentrations nickélicifères sont celles qui possèdent des teneurs supérieures à 40 % de MgO (NALDRETT et ARNDT, 1976). L'absence de minéralisation sulfurée dans les komatiites d'AFRIQUE du SUD pourrait en partie être expliquée par le fait qu'elles sont moins magnésiennes" (HENRY et OHNENSTETTER, 1977, p. 980).

Au contraire, en ABITIBI et dans l'Ouest australien, les komatiites sont plus riches en MgO et elles sont minéralisées en Ni - Cu.

En COTE D'IVOIRE, les compositions chimiques anhydres et recalculées à 100 (Annexe 1) de quelques péridotites de WE. et PO. dépassent les 30 % MgO mais sont loin des 40 % exigés.

A la suite de la classification des gisements de nickel sulfuré envisagé par NALDRETT et ARNDT (op. cit.), HENRY et OHNENSTETTER (op. cit.) en proposent une autre légèrement différente mais surtout plus succincte :

- le type A avec des lentilles U. M. plurikilométriques à fort tonnage ;
- le type B, associé aux volcanites à texture de spinifex, et à forte teneur (environ 1 à 4 % Ni) mais de petite taille (environ 1 M T) avec les "concentrations sulfurées dans le contact basal d'un empilement volcanique U. M." ; les gisements types sont en ONTARIO, TEXMONT, ALEXO ;
- le type C intermédiaire, auquel appartient peut-être KAMBALDA (Australie), se rencontre "à la base de coulées ou de sills stratifiés, "layered flows", de 100 à 200 m d'épaisseur de nature plus pyroxénitique" ; de taille moyenne (environ la quinzaine de M. T.) et d'assez forte teneur : 1 à 3 % Ni.

En ce qui nous concerne, le type A est totalement exclu car il ne correspond pas aux opérations étudiées. Il resterait à classer dans :

- le type B : WE. ;
- le type C : KA., PO., SY.

NA. considéré ici comme un assemblage de coussins picritiques encaissé dans des norites et des troctolites, ainsi que le complexe non komatiitique de TY., n'entre pas dans cette classification.

Les différentes caractéristiques des minéralisations Ni - Cu dans le monde conduisent à distinguer des gisements de type komatiitique et de type tholéiitique. En particulier, d'après HENRY et OHNENSTETTER (op. cit.) le rapport

Ni / Cu est bien plus faible dans les "gisements tholéitiques" que dans les komatiites où il est > 10 . Or après attaque ménagée des R. U. M. (REGNOULT, 1978 b) ce rapport est égal à 91 (PO.), 40 (WE.), 28 (KA.), 25 (NA.) alors qu'il n'est que de 13 à TY. Dans ce dernier cas on a des tholéiites et dans les quatre premiers des komatiites.

5. CEINTURE AURIFERE ET CEINTURE VERTE

Mis à part les sulfures, il ne faut pas perdre de vue l'omniprésence, en petite quantité, de l'or dans les batées des opérations et en COTE D'IVOIRE en général.

Constatant l'affinité de l'or pour les komatiites ivoiriennes et leur ressemblance avec celles d'AFRIQUE du SUD (cf. page 66) et aussi le recouvrement des graphes de cette région avec les nôtres sur les diagrammes $Al_2O_3 - MgO$ (Fig. 28) et sachant que ces dernières affleurent dans des ceintures vertes aurifères, tout comme celles de l'Ouest australien, il paraît intéressant de comparer la C.V.B. à une "gold belt" potentielle avec les komatiites comme niveau porteur.

CHAPITRE V

MAGNETOMETRIE - GEOLOGIE - GEOCHIMIE EN SOLS : ANALYSES et INTERPRETATIONS

1. AVERTISSEMENT

Le but de notre étude magnétométrique n'est pas de fournir une interprétation quantitative des cartes, mais simplement qualitative. En effet il n'y a aucune mesure d'aimantation des échantillons de roches sur les opérations et les environs pour permettre d'effectuer cette interprétation ; c'est-à-dire qu'il manque les caractéristiques magnétiques intrinsèques des roches. Par contre ces résultats reposent sur des observations concrètes : géologie, topographie, abondance de la magnétite, et doivent servir de référence à toute démarche interprétative ultérieure.

La magnétométrie vient compléter la géologie là où il n'y a pas d'affleurements, elle servira à affiner les contacts, les contours géologiques, à découvrir les discontinuités . . .

2. RAPPELS

Le champ magnétique mesuré à la surface de la terre résulte de la somme, d'une part du champ interne stable, d'autre part du champ externe faible et instable dans le temps à cause des orages magnétiques et de l'activité solaire. Dans le Nord de la COTE D'IVOIRE, l'intensité du champ géomagnétique total est estimée à 31 600 gammas. La composante verticale peut être considérée comme nulle près de l'équateur.

L'inclinaison du vecteur du champ géomagnétique total est de 11° vers ABIDJAN - BOUAKE (LASFARGUES, s. d.). La déclinaison magnétique à BOUNDIALI et NIELLE était de $8^\circ 50'$ W en 1978 et la fluctuation diurne atteint quelques dizaines de gammas.

Pour simplifier l'interprétation on peut supposer que le champ rémanent a mêmes sens et intensité que le champ total.

Les R. U. B. sont réperables magnétiquement soit par l'altération ferrugineuse de l'olivine qui donne de l'iddingsite ou de la magnétite de néoformation soit de l'altération serpentinesuse de l'olivine avec cristallisation concomitante de magnétite.

La méthode magnétique repose sur les différences de perméabilité magnétique et sur l'existence de ferromagnétisme pour certains minéraux, et de diamagnétisme pour d'autres. Les propriétés ferromagnétiques sont liées aux groupes d'éléments particuliers situés au centre du tableau de MENDELEËV et en particulier en relation avec les lacunes existant dans les couches électroniques. Sont surtout para ou ferromagnétiques les composés du fer, souvent ceux

Tableau : 19 STATISTIQUE DE LA PROSPECTION MAGNETIQUE AU SOL (SCINTREX M P - 2)

	Prospection		Nbre mesures	% affleurements	Directions (Nm)		Champ magnétique total (gammas)		ΔH	
	surface km ²	profil km			profils	Δg α°	min.	"moyen" max.		
K A	2.2800	35.6	1780	2	084	010 90	30860	31600	32200	1340
N A	1.4400	15.3	765	? quelques %	139	165* 85 E* 070 85 W	31850	32100	32200	350
P O	1.9000	18.9	966	3	101	011 à 045	30280	32100	33370	3090
S Y	1.8275	24.0	1219	1.6	116	160*? 60W ou E*? 005 à 020	31180	31600	32220	1040
T Y	2.0600	35.0	1750	> 20 ?	080	165* 70* 0.05 à 0.25 70 E	30385	32100	36776	6391
W E	1.9200	39.2	1960	20	124	030* W* 030 à 035	28370	32100	35760	7390

maille = 50 m x 20 m ; altitude de la sonde : env. 1.5 m ;

Symboles : Δg et α° : azimuth et pendage de la schistosité (ou * de la stratification) la plus visible ;

Δm : direction de la structure magnétique majeure ; ΔH : amplitude ; ? incalculable à partir des données ou incertain.

de Ni, Co, Mn, à un moindre degré ceux de Cr, et quelques minéraux du groupe du Pt.

Il n'apparaît pas de corrélation directe entre la variation des amplitudes magnétiques (Tabl. 19) et la fraction ferromagnétique des concentrés de bâteaux (Fig. 43), qui est censée représenter leur plus ou moins grande abondance dans les roches environnantes. Ceci peut être dû à la présence de latérite à l'origine de fortes anomalies ponctuelles, comme à TY, où la fraction magnétique est pourtant faible.

Les cartes de prospection magnétique établies sont équivalentes à des cartes en courbes de niveau de la teneur en magnétite du sous-sol et elles sont conditionnées par la distance du niveau de la mesure à la surface topographique. L'intensité de l'anomalie magnétique reflète la loi de décroissance en $1/R^3$ où R est la distance objet-censeur. A proximité du sol (environ 1,50 m) la carte comporte des anomalies de courtes longueurs d'onde dont la description aurait nécessité une plus grande densité de mesures.

La détection des sulfures de nickel en climat hydrolysant, par cette méthode, paraît délicate, car le plus magnétique d'entre eux, la pyrrhotite, s'altère facilement en oxyde et hydroxyde de fer près de la surface et perd ainsi ses propriétés.

Les statistiques de la prospection magnétique figurent dans le tableau 19 où sont donnés les résultats quantitatifs (nombre de mesures ...) et structuraux (azimuth, pendage ...). Sa lecture montre que les profils magnétiques de WE. et PO. sont perpendiculaires aux formations géologiques ; or on constate que ces secteurs possèdent les meilleures cartes magnétiques.

Par contre à KA. et NA., le censeur chemine suivant une direction oblique par rapport à la schistosité ou la stratification. Il tend donc à être parallèle aux lignes de flux, ce qui pourrait expliquer la mauvaise définition magnétique des cartes.

3. REMARQUE SUR LES PROPRIETES MIGRATOIRES DES ELEMENTS DANS LES SOLS SUPERFICIELS

Les déterminations aux rayons X (Tabl. 9) indiquent la présence d'argiles à feuillets ouverts, telles que montmorillonite, chlorite gonflante, talc ... Elles témoignent d'un faible degré de lessivage des oligo-éléments, car à l'inverse, les argiles à feuillets serrés telles que la kaolinite ne sont pas absorbantes.

Le lessivage des éléments mobilisables étant presque nul faute d'infiltration et les propriétés physiques (densité élevée, rayon atomique moyen, altérabilités mécanique et chimique faibles ...) font que les éléments des familles du chrome et du fer reflètent particulièrement bien la géologie du sous-sol.*

Pour chaque opération nous allons décrire qualitativement les anomalies magnétiques et donner leur interprétation géologique en nous basant sur les données de terrain, la géochimie et les cartes d'isoteneurs en sols des marqueurs les plus remarquables (surtout Cr).

* Cette voie pourrait faire l'objet d'un mémoire de thèse sur la détermination et les conditions physico-chimiques (Eh, pH, ...) des sols résiduels aux fins d'interprétation de la migrabilité des éléments.

4. KATANRHA (Fig. 54 - 55)Description et interprétation des anomalies

Le patron magnétique aux environs de 31 800 gammas (γ) de KA. n'est pas très cohérent. La carte peut se diviser en 4 grands ensembles magnétiques du Nord vers le Sud (les chiffres qui suivent sont à ajouter ou à retrancher du fond géomagnétique total arbitraire de 31 600 γ) (Fig. 54) :

- du layon A à F, un ensemble ne dépassant pas 200 γ ;
- du layon F à I, un ensemble peu perturbé entre 150 et 200 γ ;
- du layon L à O, un ensemble légèrement supérieur à 200 γ .

Le découpage en ensembles parallèles aux layons (cf. isogamme 200 entre I et J) semble être un artefact dû à la manipulation. Il peut aussi être dû à l'épaisseur des élévations qui masque le champ induit. Chacun d'eux possède un fond relativement homogène qui n'est interrompu que par quelques anomalies très ponctuelles, causées par des affleurements de R. U. M. serpentinisées et des blocs latéritiques.

Ces anomalies ponctuelles ont une cause très superficielle : présence de la cuirasse ou de blocs latéritiques qui attirent l'aimant à main avec plus ou moins de force suivant les endroits, créant ainsi des anomalies du champ très locales. Deux anciens bas-fourneaux témoignent de la richesse en magnétite du plateau latéritique au niveau du layon L.

Ici les isoteneurs Ni - Cr (Fig. 55) délimitent mieux les formations sous-jacentes que la magnétométrie.

En définitive la géophysique n'a pas permis d'affiner les contours géologiques par rapport aux missions antérieures, aussi nous ne tenterons pas de donner une carte géologique interprétative.

5. SYEMPURGO (Fig. 56 à 59).5.1. Description des anomalies

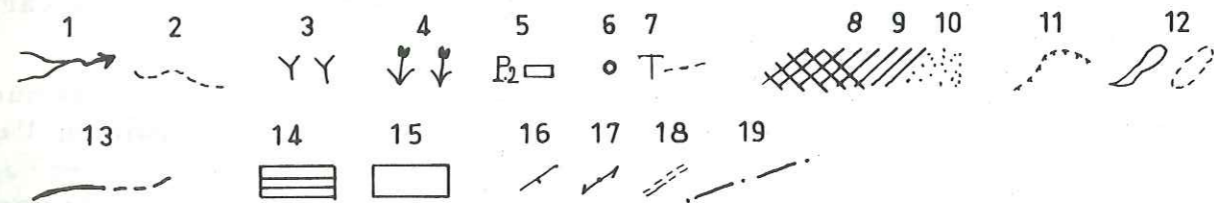
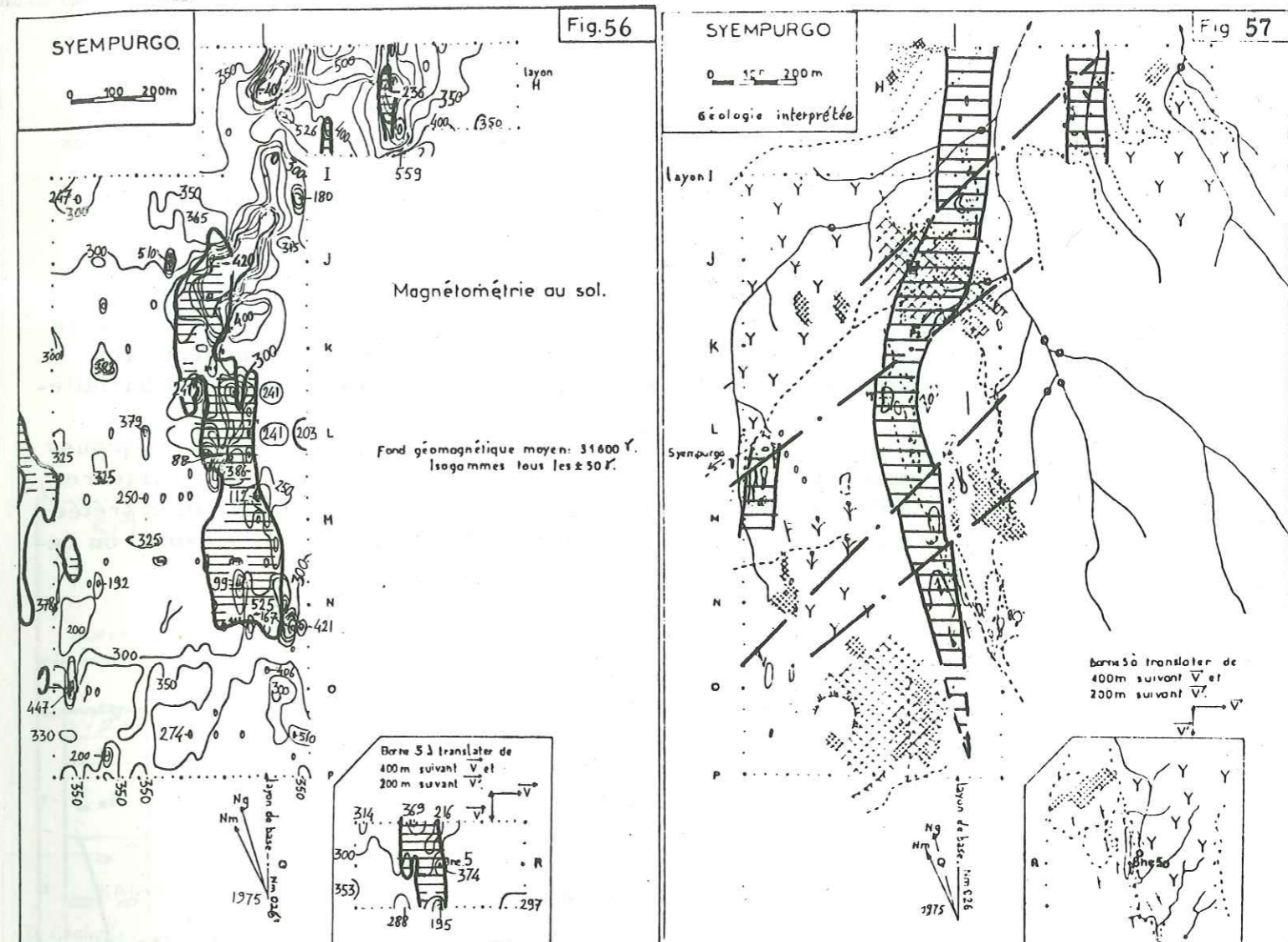
Le fond magnétique (Fig. 56) est relativement constant autour de 31 900 gammas) dans la moitié ouest du secteur où il n'y a presque pas d'affleurement. Une série d'anomalies, aux formes symétriques, s'étire le long de la ligne de base Nm 026. Les plus étendues sont négatives et regroupées au Nord entre les layons H et K. En général ces anomalies négatives sont entourées d'anomalies positives ponctuelles, d'amplitudes sensiblement identiques. L'ensemble se biseaute vers le Sud où il s'estompe.

Les anomalies négatives sont centrées soit, sur des affleurements de R. U. M., sans doute de nature komatiitique d'après les lames minces, soit sur une cuirasse latéritique démantelée (vers le layon J).

A la hauteur du layon H, 2 anomalies négatives parallèles sont séparées par une plage positive. Leurs extensions sont inconnues parce que la zone étudiée est trop petite.

5.2. Interprétation des anomalies

Etant donné la ressemblance des patrons magnétiques, il semblerait que l'anomalie négative du layon H, 300 m à l'Est de la ligne de base (L. B.), soit de même nature que celle le long de la L. B. Le gradient de l'anomalie H.300 E semble donner un fort pendage N-E qui serait en accord avec les mesures structurales (Tabl. 19).



Légende de la figure 57 :

- 1, marigot. 2, sentier. 3, savane arborée. 4, plantation d'ignames. 5, puits méthodologiques, (6), alluvionnaire. 7, tranchée. Latérite : (8), plateau cuirassé, (9), en blocs ou sub-affleurante, (10), pisolitique. 11, relief. 12, affleurement suivi, supposé. 13, contour géologique d'après géophysique ; tiret = contour supposé. 14, "lentilles" d'U. M. zonée. 15, volcanites indifférenciées. 16, schistosité ou foliation. 17, linéation. 18, diaclases. 19, faille d'après géophysique.

Légende de la figure 56 : cf. figure 55 b.

Sans doute est-ce la fracturation N-E qui disjoint et décale les anomalies magnétiques en îlots ovoïdes symétriques.

La phtanite graphiteuse (SY. R 73, l. m. 34 896) est une roche "saine" noire carbonée à cassure esquilleuse, à éclat gras et "faciès d'obsidienne" qui, selon TAGINI (1971, p. 65) témoigne "d'une sédimentation sapropélique dans des conditions euxiniques" et "constitue des niveaux discontinus, mais de grande extension, à peu de distance des roches manganésifères". D'ailleurs vers la colline à l'Ouest du layon L, les teneurs en sol de Mn dépassent 10 % et sur le diagramme 47 la richesse en Mn des roches de SY. apparaît parfaitement.

Les roches noires carbonées et les roches manganésifères sont "typiques des eugéosynclinaux ivoiriens". En utilisant les cartes géologiques antérieures, notre carte d'affleurements (planche 9486, rapport 448), la carte interprétée (Fig. 50) à l'aide de la magnétométrie et de la géochimie Ni - Cr en sols, on reconstitue la coupe suivante :

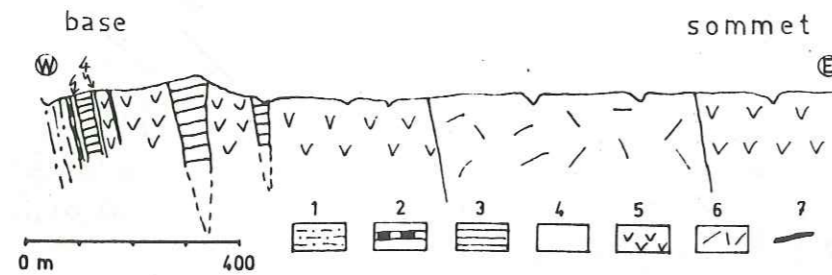


Fig. 58 : Coupe géologique schématique de SY.

Légende : 1, amphiboloschiste à grain fin. 2, gabbro diorite. 3, lentille d'U.M. zonée (komatiites ?). 4, bord schistosé des lentilles d'U.M. 5, gabbro s. lat. 6, andésite. 7, phtanite graphiteuse (d'après les cartes des rapports SODEMI 333, 448).

Si les affleurements n'ont pas fourni de critères de polarité tels que : granoclassement, pillows, variation de la composition minéralogique, l'examen de la coupe géologique permet toutefois certaines remarques :

- les amphiboloschistes à grain fin sont sans doute d'anciennes roches volcano-dédimentaires tufacées sur lesquelles reposent des termes de plus en plus différenciés : R.U.M., gabbros; andésites qui constitueraient une séquence inclinée vers le N-E. ;

- l'hypothèse sur la polarité de cette série s'accorde bien avec la présence de la phtanite dont la description ressemble au vitrophyre de CAILLAT et al. (1978, p. 75) qui le placent à la base d'une nappe d'ignimbrites subaériennes.

La carte magnétométrique permet de dessiner les contours des "lentilles" de R.U.M. (komatiitiques ?) qui semblent se biseauter vers le Sud et se poursuivre vers le Nord.

La géométrie de l'ensemble fait penser à des sills, des dykes ou des coulées, encaissés et concordants dans les méla-gabbros, mais les critères de terrain n'ont pas permis de trancher la question. Pour cela, il faudrait par exemple, des coupes sériées de lames minces, comme celles exécutées dans la tranchée.

Au Sud, la zone de la borne 5 est trop peu étendue pour qu'il se dégage un patron magnétique significatif interprétable. Les rares isogrammes suivent les courbes de niveau. L'anomalie 374 gammas est un artefact dû au piquet métallique de la borne.

5.3. Géochimie en sol

Les isovales en Ni, Cr, (Fig. 56) coïncident parfaitement avec les anomalies magnétiques. Leur léger décalage vers l'Est est en accord avec le pendage, très redressé, confirmé par la géophysique, les mesures de schistosité et également la ligne d'écoulement des eaux qui favorise la migration de l'aurole saline en sols superficiels.

En définitive l'anomalie géochimique semble purement "formationnelle". D'ailleurs les coupes géologiques et les profils géochimiques des puits (Fig. 59) foncés dans le régolite ne montrent aucune augmentation des teneurs avec la profondeur, mais seulement une grande constance.

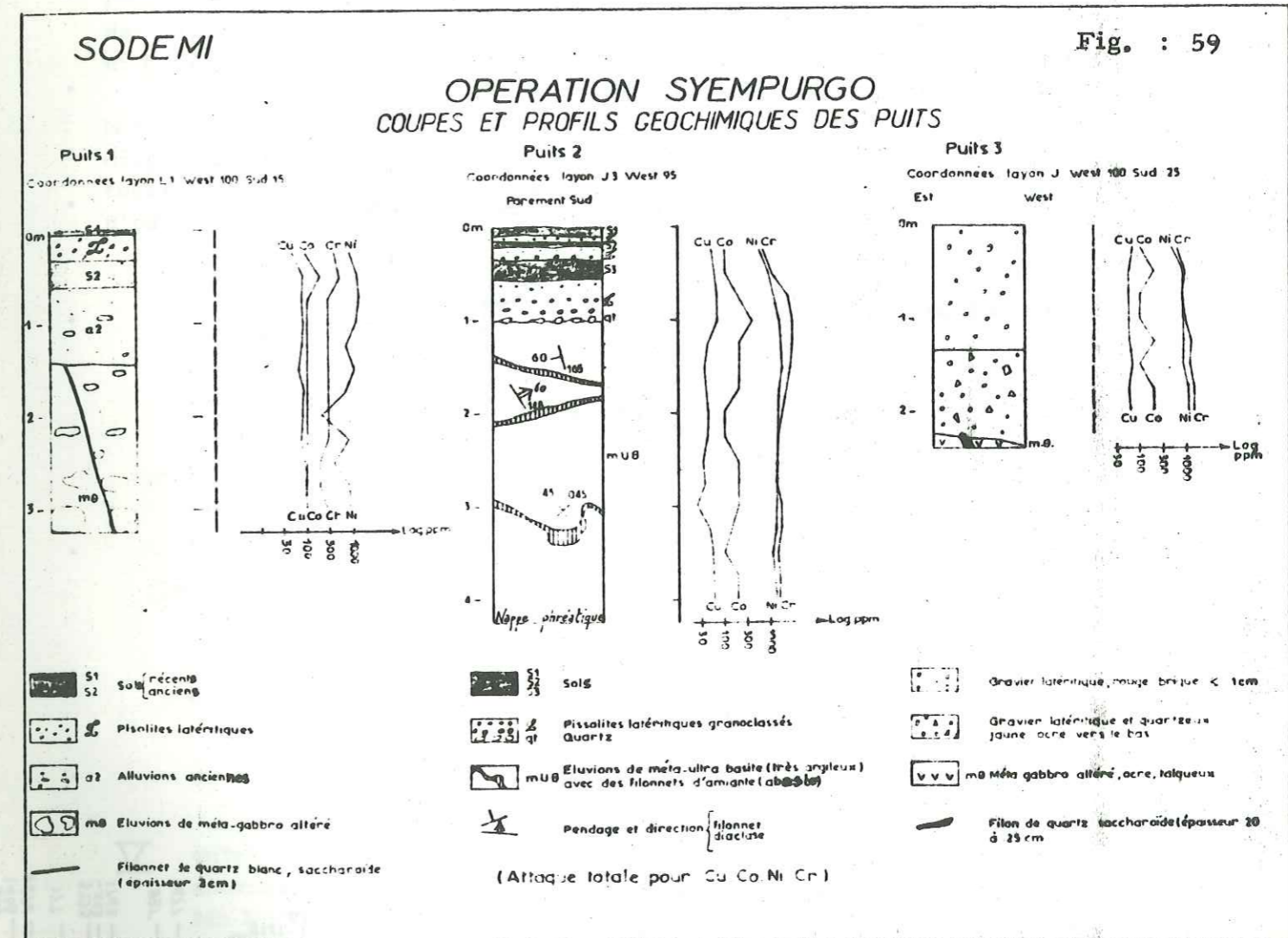


Fig. : 59

6. TYASSO (Fig. 60).

6.1. Description des anomalies (Fig. 60).

Entre les layons L et P, 5 zones magnétiquement différentes apparaissent et vont en croissant d'Ouest en Est.

Soit d'Ouest en Est en donnant un numéro à chaque anomalie :

- anomalie I : une plage relativement calme dont le fond, supérieur à 350 gammas est perturbé par quelques anomalies ponctuelles légèrement plus faibles. La direction magnétique est Nm 030. La limite avec la plage suivante est polylobée ;

layon A 0 m. 200 400 600 800 1000 1200 1400 1600

Ech. 1:11360

Magnétométrie au sol.

B

0 m 200 400

C ▲ Bne 1
▲ Bne 2

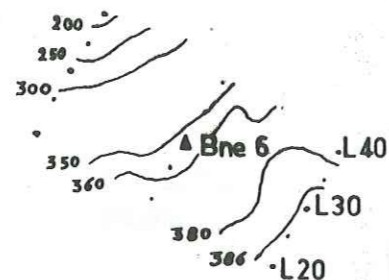
Fond géomagnétique arbitraire 32100 γ.

D .

— isogammes positives.
- - isogammes négatives.

E .

F .



G ▲ Bne 3

H .

i .

j ▲ Bne 4

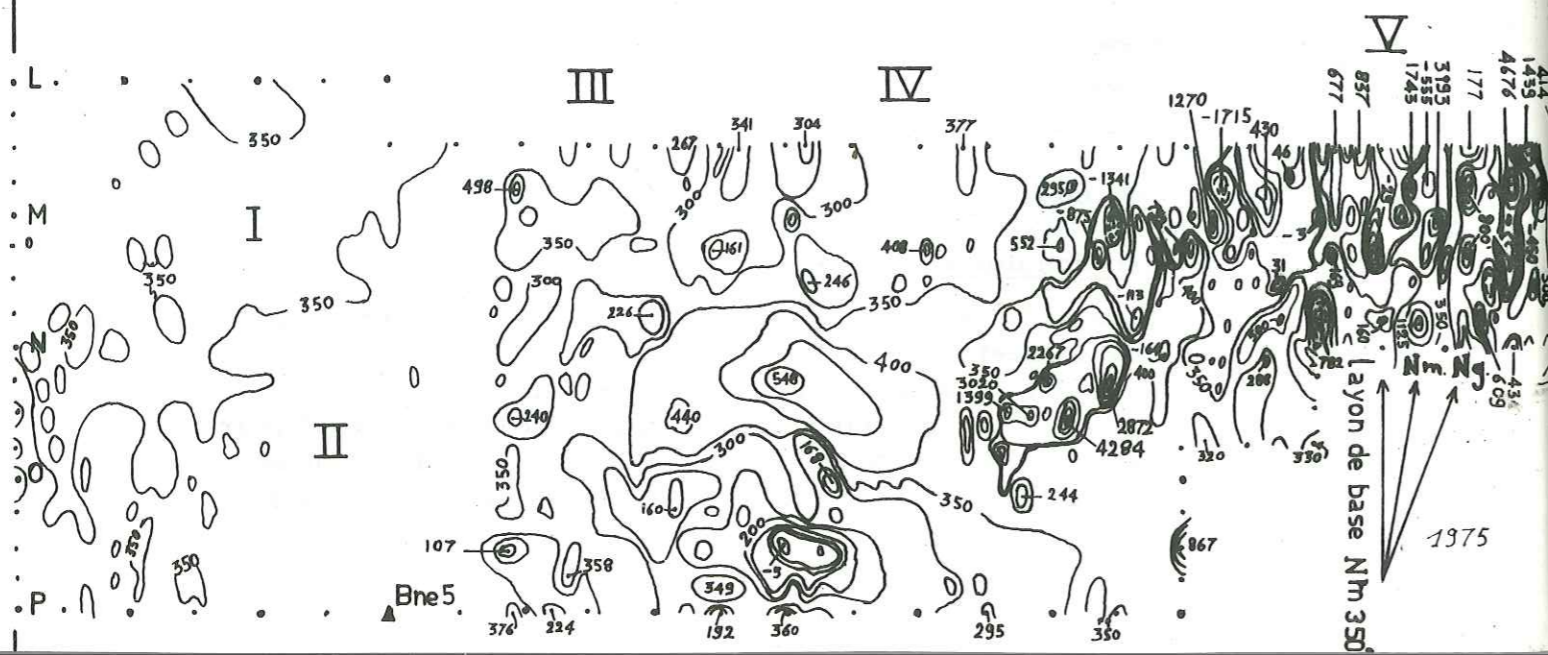
K .

L .

M .

II

P .



- anomalie II : le champ magnétique est constant, entre 300 et 350 gammas sur une superficie à peu près égale à celle de l'anomalie I. Le bord oriental (bornes 1 à 5) est rectiligne et parallèle à la ligne de base ;

- anomalie III : une bande large de 200 m est parsemée d'anomalies en taches peu étendues, tantôt positives, tantôt négatives, oscillant en moyenne entre 250 et 350 gammas.

- anomalie IV : entre 600 et 700 m à l'Est du layon de base se situe une anomalie paire dont l'amplitude maximale atteint 553 gammas et l'axe magnétique est orienté E-SE ;

- anomalie V : elle couvre près du tiers de la zone étudiée par géophysique. Le champ magnétique, sensiblement parallèle au layon de base, est très perturbé : des amplitudes approchant 5 000 gammas. Les isogammes des bords est et ouest semblent relativement symétriques par rapport à la zone centrale et montrent un évasement centrifuge ;

- le rectangle de la borne 6 : la direction des isogammes est sensiblement Nm 040 et le gradient décroît régulièrement du Sud vers le Nord le long de la diagonale ; la variation devient brutale dans l'angle Nord. A cause de sa petitesse, ce secteur ne montre pas de structure magnétique significative, aussi il n'est pas interprété.

6.2. Interprétation des anomalies (Fig. 60)6.2.1. Anomalie I

La direction des isogammes correspond bien à celle de la schistosité des schistes verts tufacés, de l'andésite ou dacite sous-jacente et coïncide avec celle des isoteneurs 1 000 ppm chrome (Fig. 61). Le chapelet d'anomalies ponctuelles de 350 gammas, souligne la légère rupture de pente et signale la présence des plaques de latérite.

6.2.2. Anomalie II

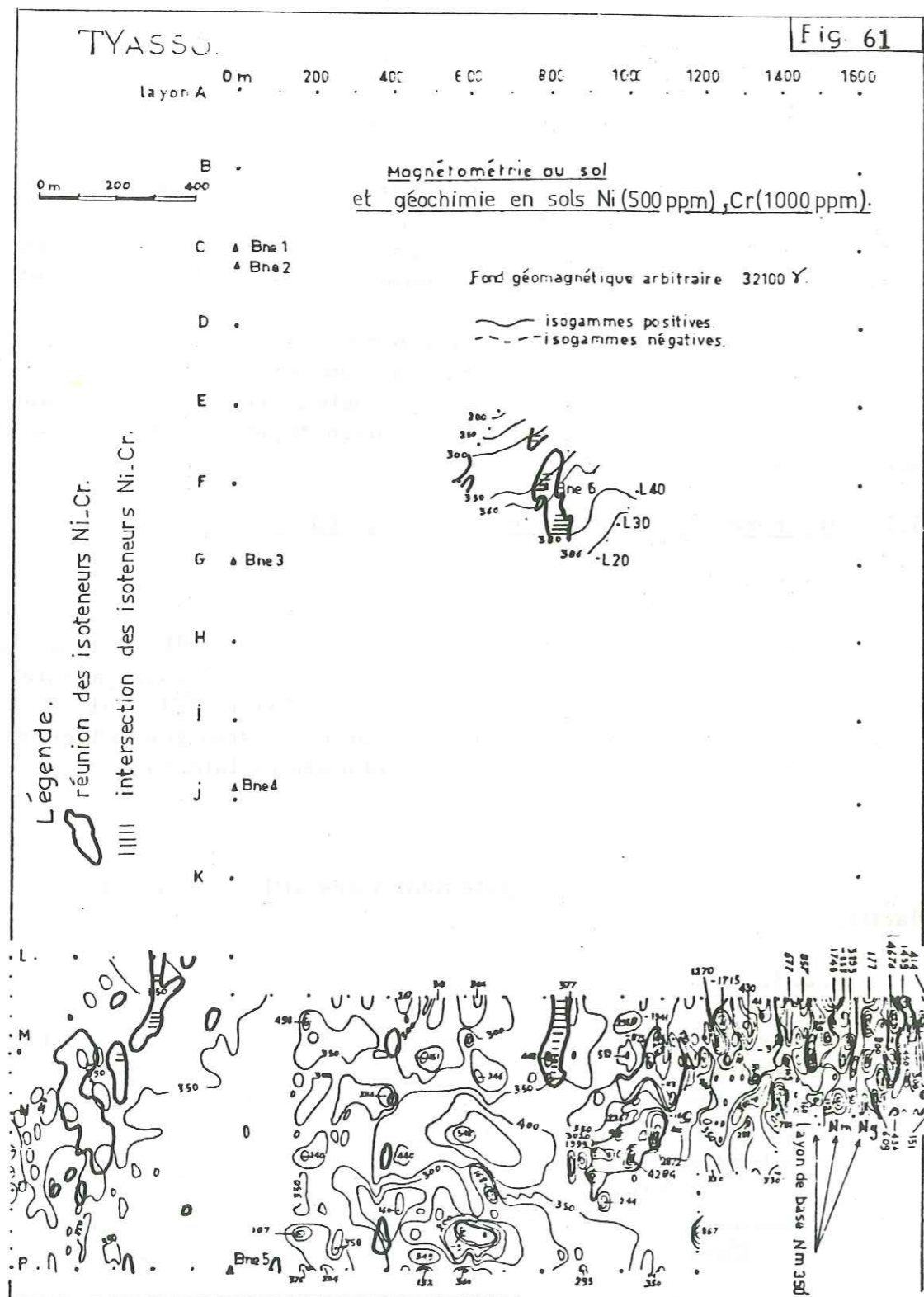
Elle se surimpose principalement à des affleurements d'andésite - dacite.

6.2.3. Anomalie III

L'alignement des zones anormales est oblique par rapport à la limite entre les anomalies I et II. L'unité magnétique n° III est encadrée par des anomalies géochimiques en sol ponctuelles (planche 7184, rapport 334) de Mn à l'Ouest et de Cr à l'Est (Fig. 61).

Il faudrait vérifier sur les carnets de relevés de mesures magnéto-métriques si la rectitude et l'obliquité de l'anomalie III ne proviennent pas d'un mauvais raccordement journalier, car elle reste constamment à la même hauteur sur les layons qu'elle recoupe. Mais puisqu'un dessin identique est fourni par les isovales Cr et Mn de la planche 7184, la corrélation géochimie - géophysique fait plutôt songer à une cause naturelle qu'à une erreur de report.

L'anomalie III correspondrait à un filon (sill ou dyke) d'U. M. de type basalte picritique alcalin à Cpx (ankaramite) ou bien d'un cumulat pyroxénitique, comme ceux des affleurements TY. 113 et 135. La puissance du



filon atteindrait une cinquantaine de mètres d'après la largeur de la zone à plus de Cr 600 ppm (non reproduit sur la carte). Cette valeur s'avère être la meilleure coupure compte tenu de la géologie de TY.

6.2.4. Anomalie IV

La maille trop lâche de la carte magnétique ne permet pas de résoudre en détail cette anomalie située dans un secteur où les faciès pétrographiques changent avec grande rapidité en quelques mètres : hyaloclastite picritique (TY. 83 possède la composition chimique de la hyaloclastite de ARNDT et al., 1977, page 358), coulée sous-marine autobréchifiée à blocs monogéniques décimétriques et centimétriques et mouches de sulfures dans le ciment (TY. 85), basalte picritique alcalin à Cpx (cf. Tabl. 8), cumulat pyroxénitique. De plus ces deux dernières formations semblent avoir été plissées (près de TY. 100) ce qui complique encore le problème.

Une anomalie magnétique paire occupe les 2/3 de l'unité IV et se situe aux environs d'une zone offrant quelques mouches et veinules de sulfures (pyrite) liées à des brèches volcaniques. Du cinabre a même été vu en roche près des puits alluvionnaires. Cette zone "sulfurée" semble se prolonger vers le Nord près de la borne 6 (TY. 149, 150) mais hors du petit rectangle étudié par la géophysique.

Il est possible que l'anomalie positive centrée sur le point 548 gammas soit bordée :

- au Sud par une faille qui emprunterait le tracé du marigot ; d'ailleurs un enduit de quartz sur une diaclase Mn 120 pentée de 70° vers le Sud, a été vu à cet endroit, sous l'échantillon TY. 92 ;
- au Nord par une autre faille cartographiée en brèche par MADON (1976 b, planche 7199).

L'affleurement de basalte picritique et de cumulat pyroxénitique, sur la crête de la colline longeant le pied du plateau latéritique, est épais de 20 à 40 m au maximum.

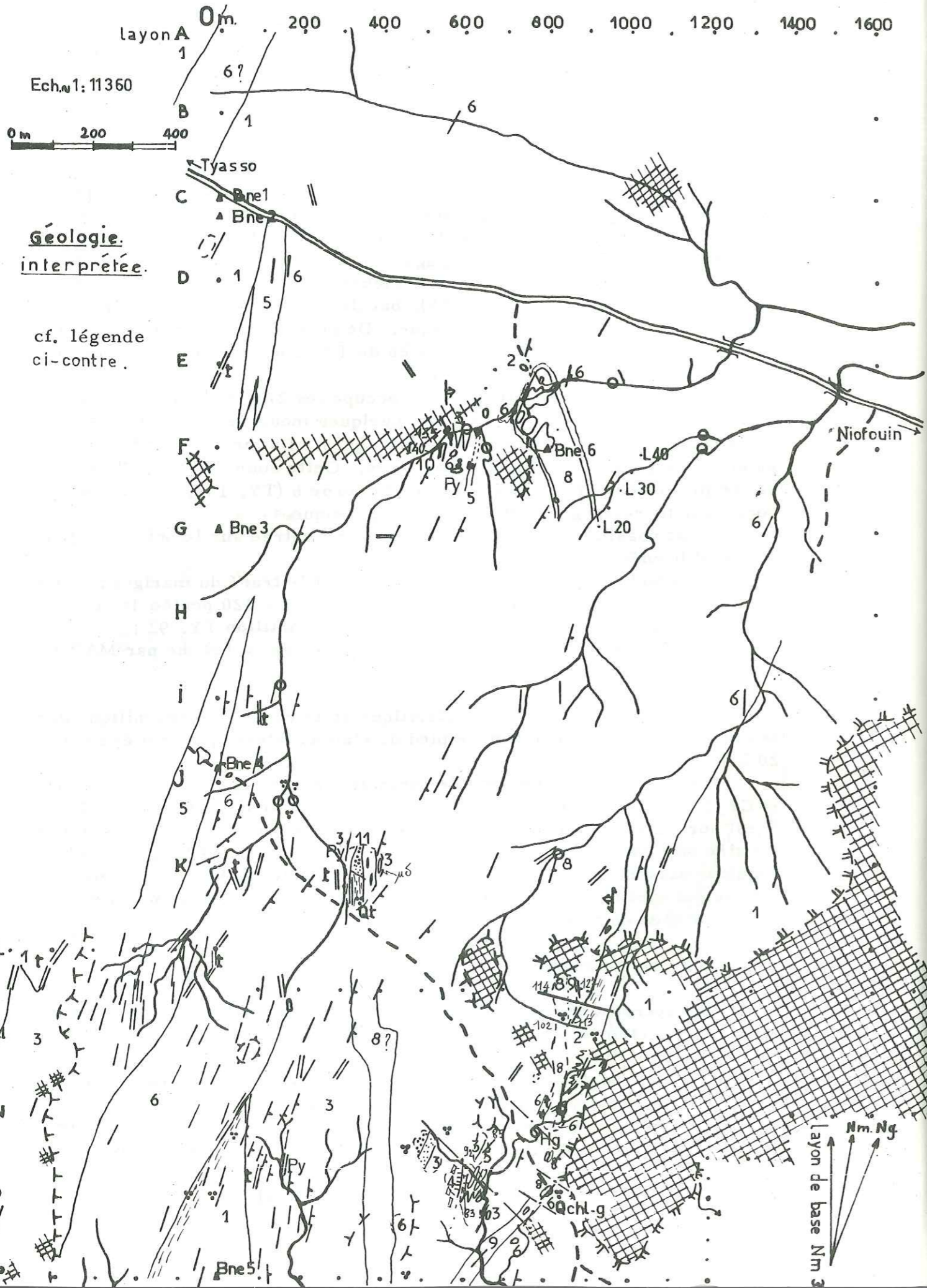
Il se superpose à une double anomalie géochimique sol en Ni (500 ppm) et Cr (1 000 ppm) et un peu à l'isogamme 350 sur le bord du layon L 2. Il est normal que le champ magnétique de cette formation soit bas car elle n'attire pas l'aimant à main. Sur le layon M 1, 900 m à l'Est, les mélabasaltes passent à des schistes verts, sans doute leurs équivalents mylonitisés qui sont injectés de quartz filoniens stériles. Ces derniers soulignent le pied du plateau.

6.2.5. Anomalie V

En superposant les cartes magnétiques et géologiques, l'anomalie V se calque exactement sur le plateau latéritique cuirassé qui est très magnétique d'après l'aimant. Des blocs décimétriques de latérite engendrent à sa surface des perturbations du champ total qui se matérialisent sur la carte par une succession d'anomalies ponctuelles de signes opposés.

Si on suppose que la composition de la latérite diffère peu de celle qui a été analysée à SY. (analyse SODEMI 5096 bis), les minéraux magnétisables, environ 20 %, constitueraient un assemblage de magnétite - magnérite difficile à dissocier aux rayons X (M. KRA).

TYASSO.



Ech. 1:11360

0m 200 400

Géologie.
interprétée.

cf. légende
ci-contre.

Légende de la figure 62 :

- 1, schiste tufacé à lentilles de quartz (1, avec tirets.)
 - 2, chloritoschiste vert. 3, tuf dacitique. 4, amphibolite fine à débit en plaquettes. 5, brèches à éléments dacitiques. 6, dacite - andésite. 7, ortho-amphibolite avec des lentilles dacitiques.
 - 8, mélabasalte zoné. 9, mélabasalte folié. 10, cumulat pyroxénitique zoné.
- Minéralisations : Q chl-g-, quartz à chlorite et graphite,
t, quartz à tourmaline noire. Indices : pyrite (Py), cinabre (Hg)
- Granulométrie : grossier, fin, folié.
- Tectonique : faille observée contact anormal avec paroi froide
- faille supposée faille
- contact tectonique avec remplissage par du quartz faille avec rejeu.

Topographie, schistosité et foliation : voir figures 54 et 57.

Leur très forte susceptibilité magnétique, jusqu'à 2 u.é. M.; pour le premier et 0.1. u.é. m. pour le second (in litt., POCACHARD, 1977, p. 13), doit avoir engendré un magnétisme rémanent important. L'altitude du censeur étant faible (1,50 m), la latérite a dû l'influencer et jouer le rôle d'une plaque-écran vis à vis des formations géologiques sous-jacentes qui ont une susceptibilité magnétique beaucoup moins intense.

L'amplitude du champ magnétique total est 5 fois plus forte à TY. qu'à KA, bien qu'il y ait un plateau latéritique cuirassé dans les 2 cas et que les valeurs minimales soient presque identiques. Les sulfures de TY. ne sont pas en cause parce que les maxima sont provoqués par les latérites. Aucune explication n'a encore été trouvée pour ce phénomène.

6.3. Remarques sur le secteur (Fig. 62).

TY. fournit quelques critères de polarité dont certains ont pu être déterminés et d'autres devraient être réexaminés.

- ° Les brèches volcaniques monogéniques (borne 6) voient leurs éléments dacitiques diminuer vers le Nord; finalement ces niveaux se biseau-tent pour passer à des schistes tufacés.
- ° Les coupes géochimiques en roche ont été faites, à chaque fois sur 3 échantillons, entre TY. 102 à 113, 114 à 127 et 135 à 140, pour étudier la variation du rapport Fe/Mg dans les U. B. filoniennes. Les résultats sont respectivement les suivants: Fe/Mg décroît vers l'Est, diminue de part et d'autre vers le centre et décroît vers l'Ouest. Une telle disparité ne permet pas de trancher sur la polarité.
- ° Dans le rapport 448, j'avais émis l'hypothèse d'un pli isoclinal très fermé dont les flancs pouvaient être soulignés par les U. M. et la charnière serait située au Nord près de la borne 6. En effet, les diverses mesures de schistosité sont sujettes à caution pour diverses raisons selon les secteurs: fauchage pas toujours décelable, débit irrégulier en forme d'amandes millimétriques dans les U. M., absence de continuité des niveaux sur lesquels elles ont été effectuées.
- ° Près du secteur de la borne 6, le pendage d'un rubanement magmatique Nm 003 (TY. 150) n'a pu être mesuré faute de bons affleurements, mais une étude plus détaillée permettrait sans doute de l'estimer.
- ° L'affleurement TY. 83 montre un contact franc entre une ortho-amphibolite gabbroïde litée à amphibole en relief, et des schistes amphiboliques fins:tufs cinéritiques). A l'Ouest, ce contact ondulé, fait penser au plancher d'un paléochenal dont le "remplissage" serait l'ortho-amphibolite. Cette dernière est faite d'un empilement de lits dont la puissance et la taille des amphiboles diminuent vers l'Est.
- ° Les quartz à tourmaline sont surtout abondants vers l'Ouest. Suivant l'hypothèse de MAJIDI (cf. p. 47) et nos propres observations à propos de KA., ils indiqueraient la base du complexe. En définitive s'il n'y a pas de pli, les couches de TY., en position normale, semblent fortement inclinées vers l'Est (cf. Tabl. 19) conformément à la stratification mesurée vers TY. 75/85.

NATORO.

135

Fig. 63

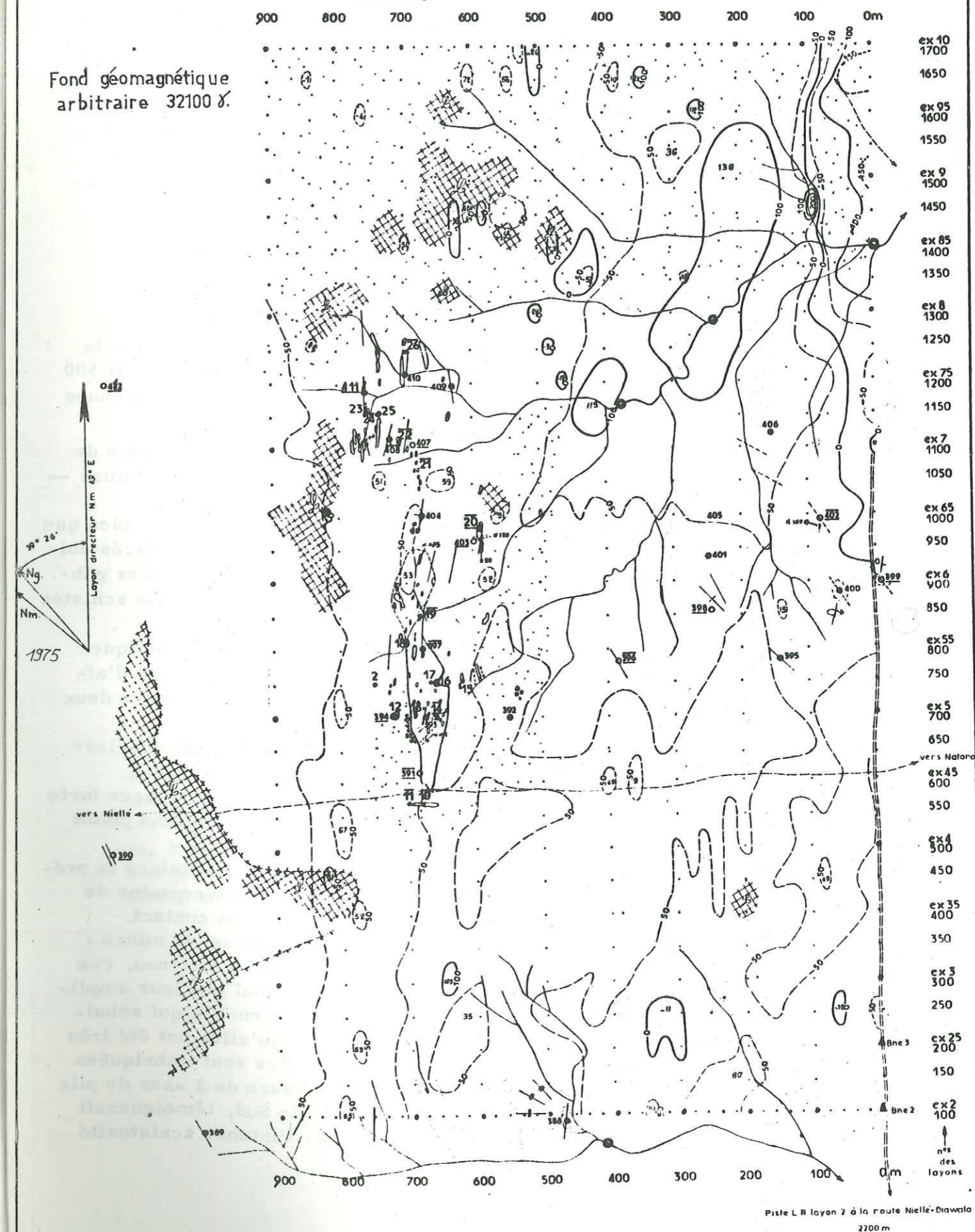
Ech. 1: 7700.

0 100 200m.

Géologie & magnétométrie au sol.

Fond topographique: voir Fig. 47 et 49. Isogammes tous les 50 γ . Les isogammes négatives sont en tiretés.

Fond géomagnétique arbitraire 32100 γ .



Piste L.R. layon 2 à la route Nielle-Diawala
2700 m

7. NATORO (Fig. 63 à 67).7.1. Description des anomalies

Une fois de plus le domaine étudié est trop petit et il devrait être étendu vers le coin est, pour que l'anomalie magnétique négative soit délimitée. La bande à fort gradient qui est orientée sensiblement E-W sur la carte aéromagnétique au 1 : 200 000 n'apparaît pas sur la carte de prospection au sol. Au contraire le champ total de 32 100 gammas est calme et fluctue peu dans la moitié sud. Dans l'autre moitié, le champ serait tout aussi tranquille s'il ne chutait rapidement d'une centaine de gammas, vers l'Est en bordure du layon de base.

Les isogammes relativement linéaires s'étirent selon Nm050 qui est la direction de la schistosité, des affleurements et des isoteneurs Ni -Cr.

7.2. Interprétation des anomalies7.2.1. Anomalies magnétiques

Les affleurements de mélagabbros de la figure 63 se trouvent être à la fois dans la plage magnétiquement calme et dans les courbes d'isovales Ni 500 ppm et Cr 1 000 ppm (Fig. 65). Cette bande divise le secteur en deux grandes parties (Fig. 60) :

- à l'Ouest, juste en bordure du layon de fermeture, une zone de schistes tufacés dont la limite se situe à l'interface isovale 50 gammas — isoteneur Cr 1 000 ppm ;

- à l'Est les blocs de roches rencontrés sont plus variés, bien que la magnétométrie ne le laisse guère percevoir. Les schistes tufacés doivent en représenter la majeure partie. Il s'y intercale des passées gabbroïques litées, bréchiques ou non, des coulées andésitiques, des schistes manganésifères.

Dans l'angle supérieur droit, la zone à fort gradient magnétique met en valeur un contact qui n'a pas été vu en surface par manque d'affleurement. Deux hypothèses sont possibles : faille ou limite entre deux formations.

La faille semble la moins probable car aucune famille de diaclase n'a cette orientation sur le terrain.

Par contre on pourrait passer d'une formation ayant une assez forte susceptibilité magnétique (e. g. gabbro) à des tufs qui ont un fond plutôt calme.

L'absence d'anomalie géochimique Ni - Cr nous fait éliminer la présence d'U. M. ; par contre la proximité des gabbros, à une centaine de mètres au Sud, nous fait plutôt opter pour l'hypothèse d'un contact.

La bande centrale d'affleurements U. M. et M. est assez mince : 200 m de puissance au maximum. Même broyées sous le marteau, ces roches attireraient peu ou pas l'aimant ; il est donc normal que leur amplitude magnétique soit assez basse : 350 gammas. Ces roches qui subaffleurent ont un débit esquilleux, accentué par le fait qu'elles ont été très schistositées, voire mylonitisées. Sur le terrain elles sont imbriquées dans un complexe doléritique à andésitique. La mesure de 2 axes de plis (près de NA. 75/402 et 409) fortement pentés vers le Sud, témoignerait d'un plissement isoclinal qui expliquerait en partie l'intense schistosité de ces roches.

7.2.2. Anomalies magnétiques et géochimiques

La comparaison des profils géophysiques et géochimiques Ni - Cr en sols superficiels le long du layon 1 300 reflète bien les 3 grandes unités (Fig. 66). Quant à la quatrième unité, celle des schistes tufacés, elle est en dehors de ce profil.

Du NW vers le NE on a donc les unités suivantes :

- Ni, Cr et le profil magnétique (P. M.) dessinent une courbe en cloche où les teneurs en Ni ascorbique sont les plus fortes ;
- Ni et Cr se stabilisent dans la remontée du P. M. ;
- Ni, Cr et le P. M. décroissent, mais là nous sommes à la limite du terrain et les anomalies ne sont pas "bouclées".

Le rétrécissement des anomalies géochimiques et l'interruption de l'isogamme 50 laissent présager une faille qui n'a pas été observée sur le terrain mais dont la direction (Nm 130) correspond à celle d'une famille de diaclases (entre Nm 130 et 145) souvent mesurée.

7.2.3. Minéralisation

Quelques mouches de sulfures (pyrite) ont été vues dans les gabbros bréchiques ou dans la zone de contact tectonisée entre les complexes troctolite-norite et dolérite-andésite.

A priori des coulées en coussins dont la nature komatiitique reste à prouver chimiquement par un plus grand lot d'analyses, au sein de roches ignées : troctolites et norites, choquent un peu. Il faudrait alors examiner leurs interrelations. Cette association ne répond pas aux conditions indiquées dans la littérature pour trouver un gisement nickelifère sulfuré. De toute façon, les coulées à pillows et surtout celle-ci, qui n'a qu'une centaine de mètres de puissance, ne peuvent être à l'origine d'une concentration économique.

7.3. Conseils pour la prospection

Le centre d'intérêt devrait se déplacer vers le NNE en suivant les isonomaes Cr 1 000 ppm (Fig. 64) car il y a de fortes chances pour que le complexe R. M. - R. U. M. se prolonge dans cette direction. Le morcellement de ces isonomaes peut être dû à un boudinage, à une tectonique cassante tardive ou, à un relais de coulées. Pour l'instant, il n'est pas possible de le dire. Une prospection magnétométrique devrait être menée perpendiculairement à elles, en s'axant sur le contact des R. M. - R. U. M. avec les gabbros.

8. POUNDIALI (Fig. 68 à 71)8.1. Description des anomalies

Le patron magnétique de cette carte est particulièrement net. Il y a 4 grands domaines (Fig. 68 a), mais la structure magnétique la plus intéressante est au centre du secteur, limitée par les isogammes - 200 à l'Ouest et 0 à l'Est.

8.1.1. Anomalie I

Cette plage négative "calme", occupe le tiers du terrain à l'Ouest. Le fond magnétique est constant autour de 50 gammas.

8.1.2. Anomalie II

Cette anomalie positive se divise en 2, au Nord (II-N) et au Sud (II-S), séparée par l'anomalie négative majeure (III). Ces 2 anomalies sont relativement symétriques. Leurs gradients se resserrent du côté de l'anomalie III, en s'orientant Nm 070°. Elles sont accompagnées sur les layons 7 et 12 par 2 petits satellites, négatif au Sud de II-N et positif au Nord de II-S.

Les anomalies II-N et S, qui atteignent respectivement 160 et 477 gammas, ne sont pas délimitées car elles se situent aux limites du secteur.

8.1.3. Anomalie III

Les dimensions de cette anomalie elliptique sont de 300 m pour le petit axe et de 1 000 m pour le grand axe qui s'oriente Nm 040. Elle occupe plus de 0,4 hectare et suit assez bien la rupture de pente, pour s'étirer dans le coin NE.

Dans le détail, sa signature est complexe. Le fond moyen oscille entre - 200 et - 400 gammas, mais les pics atteignent facilement le millier d'unités. Vers le centre les isogammes dessinent des "amas" sensiblement allongés comme l'anomalie mais aussi avec des axes magnétiques, presque à 90° les uns des autres. Par exemple la succession des anomalies positives, 211, 463, 1 268, 677 gammas s'oriente Nm 010 entre 500 et 600 m et celle entre 221, 322, 255, 114 gammas s'oriente Nm 070.

Ces directions obliques et ces petites anomalies rapidement refermées font apparaître :

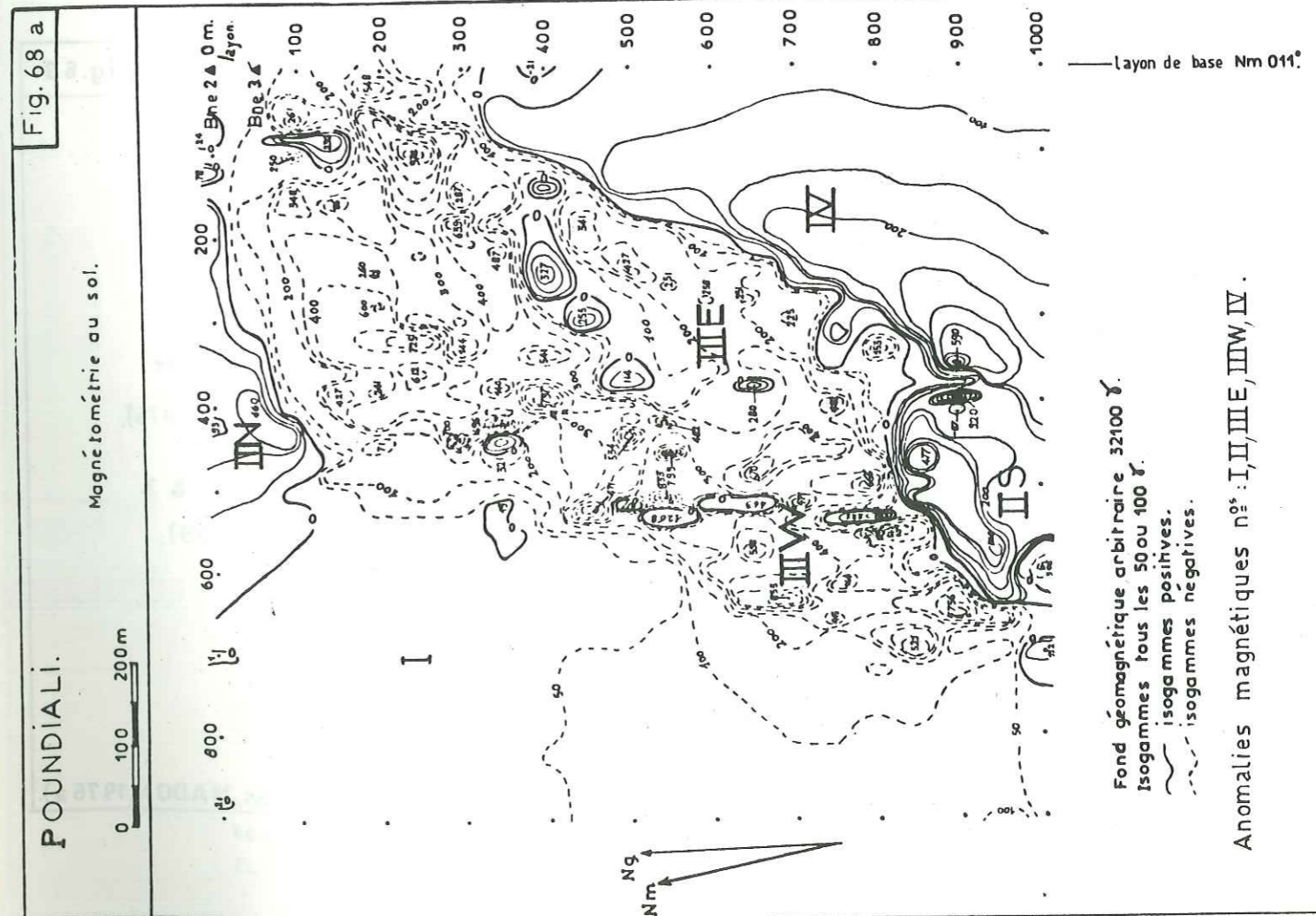
- une zone Ouest (III-W) avec un fond bas de - 300 à - 400 gammas, des variations brutales de proche en proche et une direction d'ensemble sensiblement Nm 010 ;
- une zone Est (III-E) avec un fond entre - 100 et - 300 gammas, un champ un peu plus calme. Son orientation Nm 070 la fait disparaître vers le layon 200.

L'anomalie III-W est sur une zone d'affleurements ou de blocs épars alors que sur celle de III-E il y a peu ou pas d'affleurements.

8.1.4. Anomalie IV

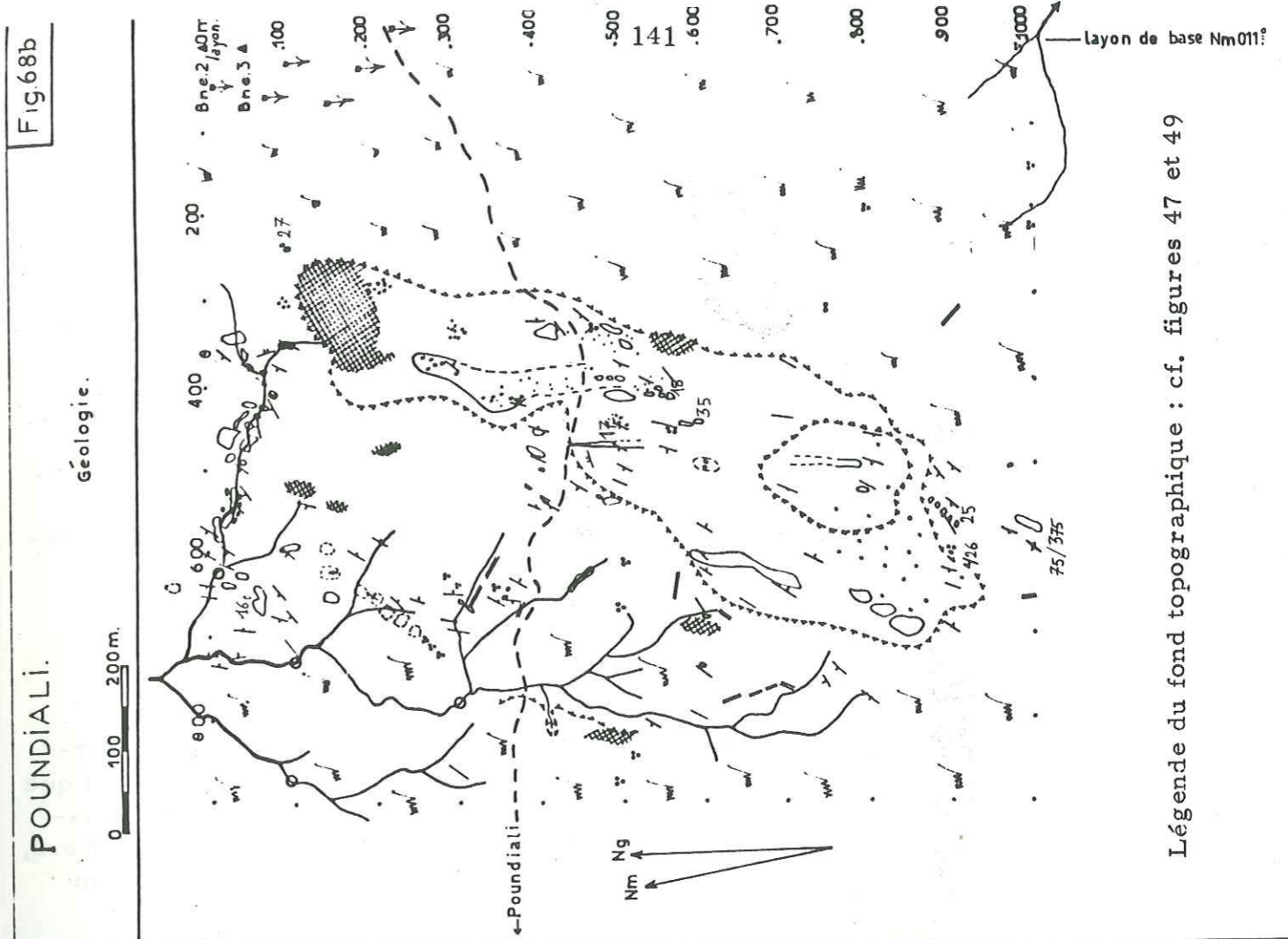
Une plage positive neutre, uniformément dissymétrique, a montré des isanomaes décroissant régulièrement vers l'Est de presque 600 à 100 gammas.

Fig. 68 a



POUNDIALI.

Fig. 68b



Légende du fond topographique : cf. figures 47 et 49

8.2. Interprétation des anomalies8.2.1. Anomalie I

Le champ magnétique constant peut venir de ce que :

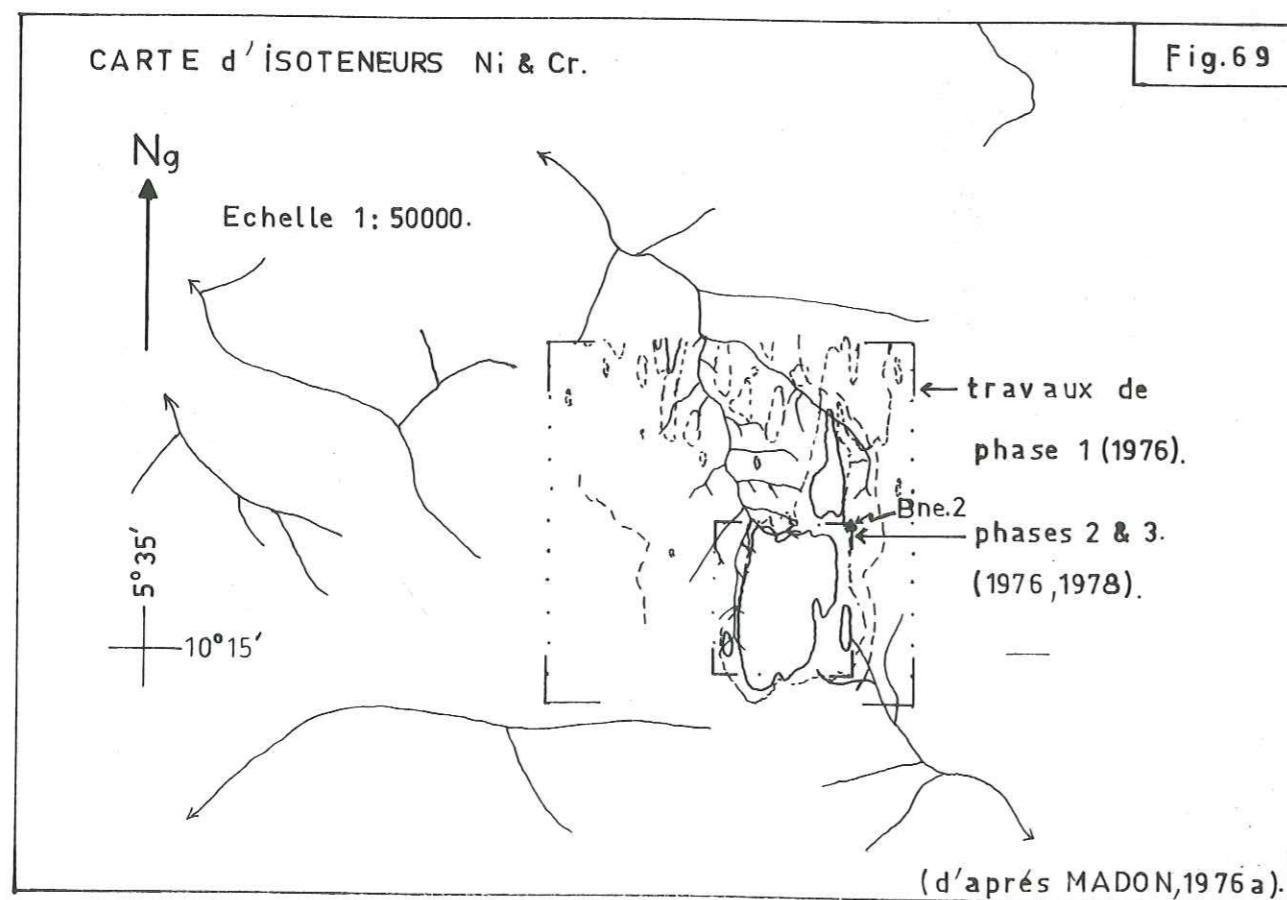
- la roche contient peu ou pas de substances magnétisées ;
- les effets des aimants naturels s'annihilent.

Le terrain offre ces 2 cas puisque d'une part l'aimant n'est jamais attiré par ces amphiboloschistes verts qui sont subaffleurants, d'autre part il s'agirait de pyroclastites caractérisés par un arrangement lithologique anarchique. De plus la schistosité varie beaucoup ce qui serait l'indice de plis décimétriques isoclinaux qui contribueraient encore à perturber le champ magnétique.

Des "pillow-lavas" picritiques métriques, marrons, et à débit en rognons, sont interstratifiés dans cet ensemble volcanique.

8.2.2. Anomalie II8.2.2.1. Anomalie II-N

La maille (20 x 50 m) étant trop grande et l'anomalie étant en bordure de la zone étudiée, il n'est pas possible de l'interpréter, d'autant que les faciès varient sur quelques mètres : gabbros de granulométrie variable, talcschistes, chloritoschistes. Ces faciès se prolongent vers le Nord, conformément à la direction des isoteneurs de la figure 69 : Ni 500 ppm en trait plein et Cr 1 000 ppm en tireté.

8.2.2.2. Anomalie II-S

Elle borde le flanc sud de la colline et prolonge l'anomalie géochimique Ni - Cr en sols (Fig. 70 a). Ces 2 anomalies sortent du domaine étudié et semblent prolonger les komatiites péridotitiques et pyroxénitiques du centre bien qu'ici elles n'affleurent pas.

L'échantillon PO. 75/375 (l. m. 31.295) est un talcschiste chloriteux qui résulte de la serpentinisation d'un cumulat pérodotitique (sûrement komatiitique) avec de nombreux oxydes de fer magnétisables qui seraient à l'origine de l'anomalie II-S.

8.2.3. Anomalie III

L'anomalie III correspond à des dunites serpentinisés ayant une granulométrie de 1 à 2 mm. Ayant subi une altération météorique variable selon les endroits, mais généralement assez poussée, ces roches se rayent facilement à l'ongle et attirent toutes fortement l'aimant à main. En roches, la fraction ferromagnétique est souvent évaluée à près de 5 % et dans les cercles de la figure 48, PO. figure après WE. parmi les secteurs les plus riches en substances magnétisables.

L'hétérogénéité des anomalies magnétiques peut avoir plusieurs causes :

- répartition des affleurements en surface ;
- degré d'altération changeant d'un affleurement à l'autre ;
- débit, recouvrement des affleurements variables ;
- amas de magnétite de ségrégation provoqués par la serpentinisation et provoquant une anisotropie souvent détectée à l'aimant ;
- variation de la composition minéralogique (plus riche en olivines, ou en pyroxènes), de la taille des grains suivant la coupe proposée dans la figure 8.

8.2.3.1. Anomalie III-W

La schistosité n'a pas la direction des anomalies magnétiques locales, par contre elle est conforme à l'anomalie négative majeure. Ce caractère et le fait que les anomalies positives et négatives se succèdent d'Est en Ouest suggèrent que la méthode est à la limite de résolution avec le pas de mesure adopté. Pour affiner les résultats, il faudrait resserrer la maille.

Au Nord, des anomalies ponctuelles, de plusieurs centaines de gammas, cernent la zone cuirassée (Fig. 68 b) sous laquelle plongent les komatiites péridotitiques serpentinisées. Elles affleurent en passées décimétriques zonées qui déterminent un très léger relief. Des lits de cristaux d'olivine millimétrique, tantôt équants, tantôt orientés, alternent sur quelques mètres de puissance.

Plus bas près du sentier, les anomalies géochimiques Ni - Cr en sols et magnétiques (Fig. 70 a) s'invaginent en direction de la bande de microdiorite quartzique (PO. 17), près de laquelle affleurent des coussins picritiques comme dans les pyroclastites de l'anomalie I où il y avait également une microdiorite quartzique (PO. 16) avec des clastes plus petits.

Il semblerait donc que ces formations volcano-sédimentaires s'invaginent dans les komatiites qu'elles diviseraient en 2 "coulées" distinctes. Mais ici la maille de la magnétométrie ne permet pas de trancher de façon certaine.

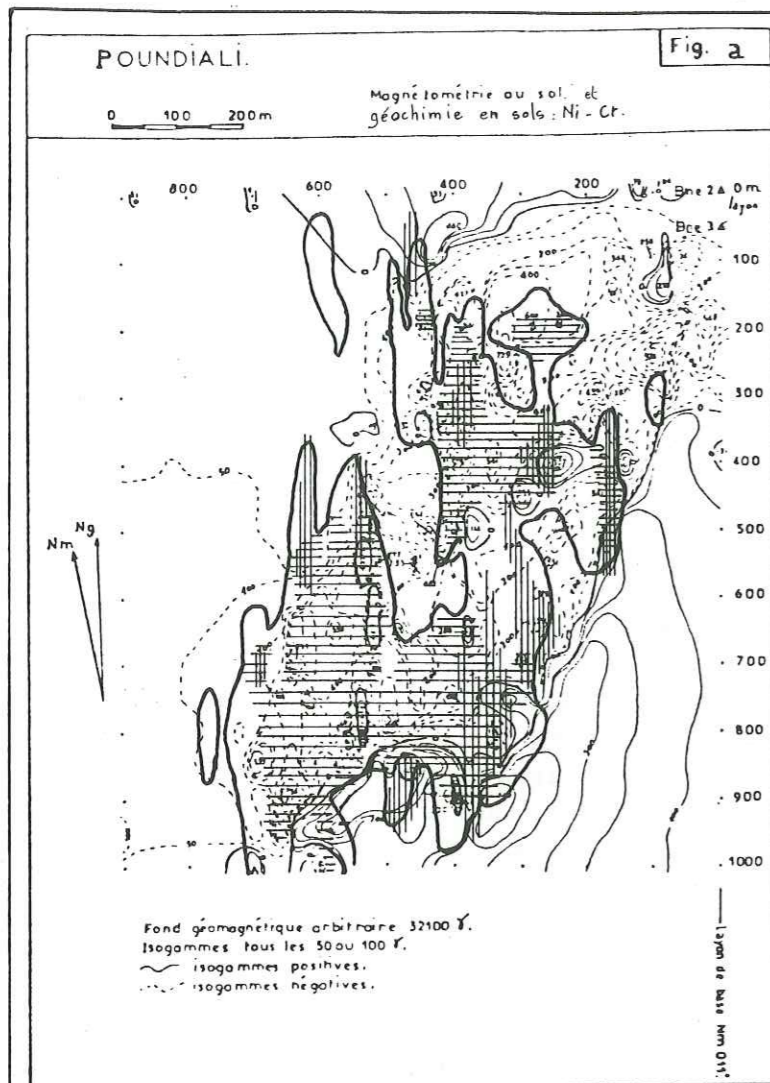


Fig. 70

Fig. a : Superposition des cartes d'isogammes et d'isovales Ni - Cr. D'après le rapport 334, trait gras : réunion des isovales en sols Ni (1 000 ppm) et Cr (4 000 ppm); hachures horizontales : intersection de ces isovales; hachures verticales : isovales 7 ppm "Ni ascorbique".

Fig. b

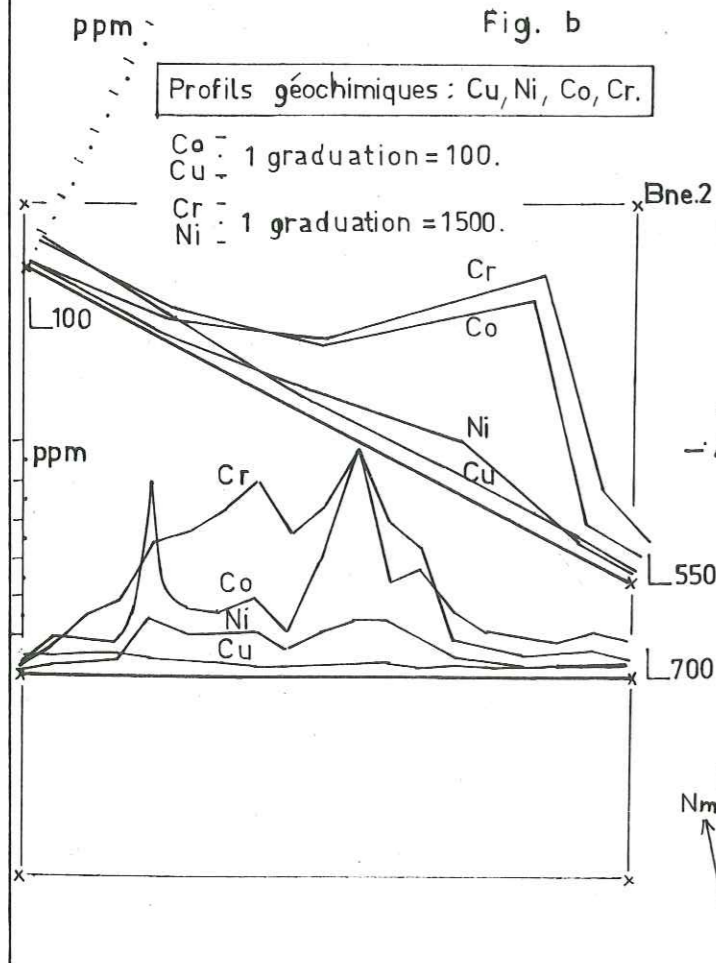
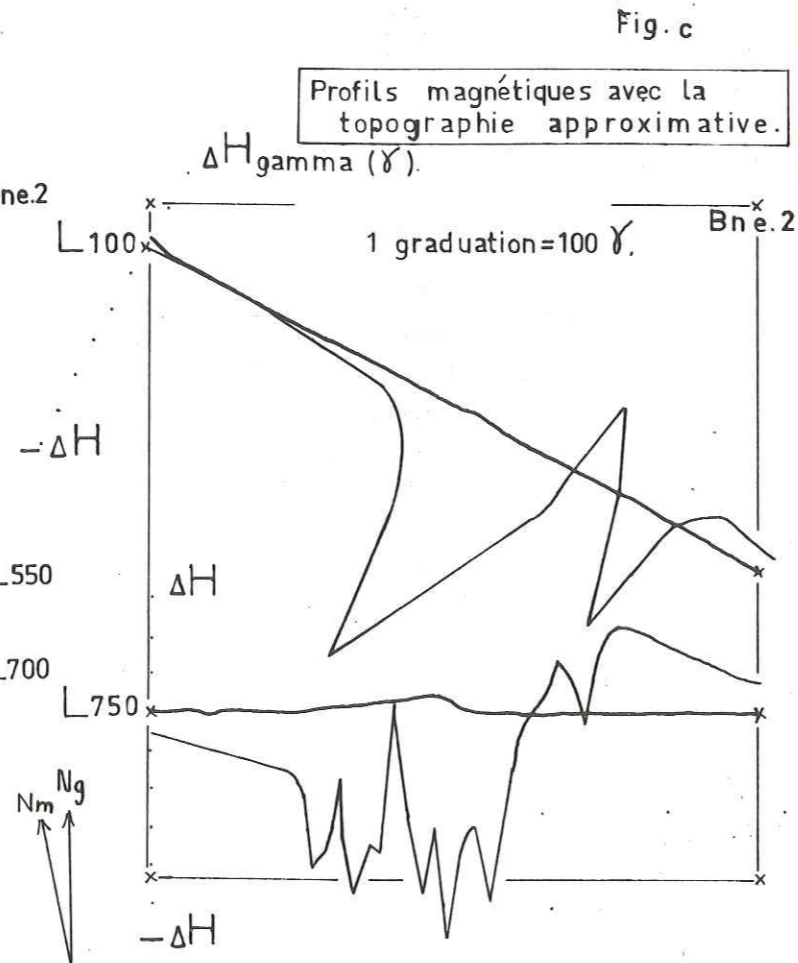


Fig. c



Au Sud de l'anomalie III-W se trouvent les mêmes faciès qu'au Nord.

La transition entre les anomalies III-W et I s'effectue par l'intermédiaire d'une bande, au plus métrique, de talcschistes noduleux dont la description macroscopique ressemble à celle des hyaloclastites picritiques décrites par ARNDT et al. (1977, p. 350).

Le passage entre l'anomalie III-W et II-S est marqué soit par un bord de coulée bréchoïde, soit par des coussins picritiques dont la direction est conforme à celle des "pillows" de l'anomalie I. Les rares blocs épars, à demi enterrés, ne fournissent pas plus de renseignements.

8.2.3.2. Anomalie III-E

Elle diffère de la précédente par ses isogammes, aux contours moins perturbés et plus réguliers. Le champ magnétique augmente jusqu'à l'interface des anomalies III-E et IV.

Si la majeure partie de l'anomalie III-W est créée par l'unité komatiitique sous-jacente, celle de l'anomalie III-E serait due à l'unité tholéiitique.

D'après les coupes stratigraphiques schématisées extraites de la littérature et les blocs épars (PO. 27), il semble logique d'assimiler l'anomalie III-E à un niveau gabbroïque à tendance tholéiitique ou picritique. Suivant la succession observée par ARNDT et al. (1977), les différentes passées illustrées dans la figure 71 sont également possibles à PO. D'autant que des blocs de gabbros pegmatoïdes (cristaux dépassant 1 cm) existent au NE, en dehors du secteur étudié.

8.2.4. Anomalie IV

La régularité de cette anomalie nous fait dire que les aimants naturels sont tous orientés de la même façon, comme ils le seraient dans une coulée, ce qui conviendrait avec le fait que nous avons cartographié 5 à 6 blocs de dacite en L. 750 x 300. Cette formation clôturerait le cycle volcanique effusif du secteur, car d'après le 1 : 10 000 de MADON (1976 a) on retrouverait ensuite des faciès pyroclastiques à passées manganésifères.

8.3. Etude structurale

Si on compare les profils magnétiques de la figure 70 c à ceux que LAS-FARGUES (s. d.) a établis dans la région d'ABIDJAN pour des filons minces, les formations de PO. seraient pentées de 30 à 45° vers le NW en supposant l'aimantation rémanente de même sens que l'aimantation induite. Ce pendage est conforme à la majeure partie des mesures de terrain.

Les variations de pendage dans les pyroclastites au NW ou dans les U. M. doivent être dues à des plis décamétriques.

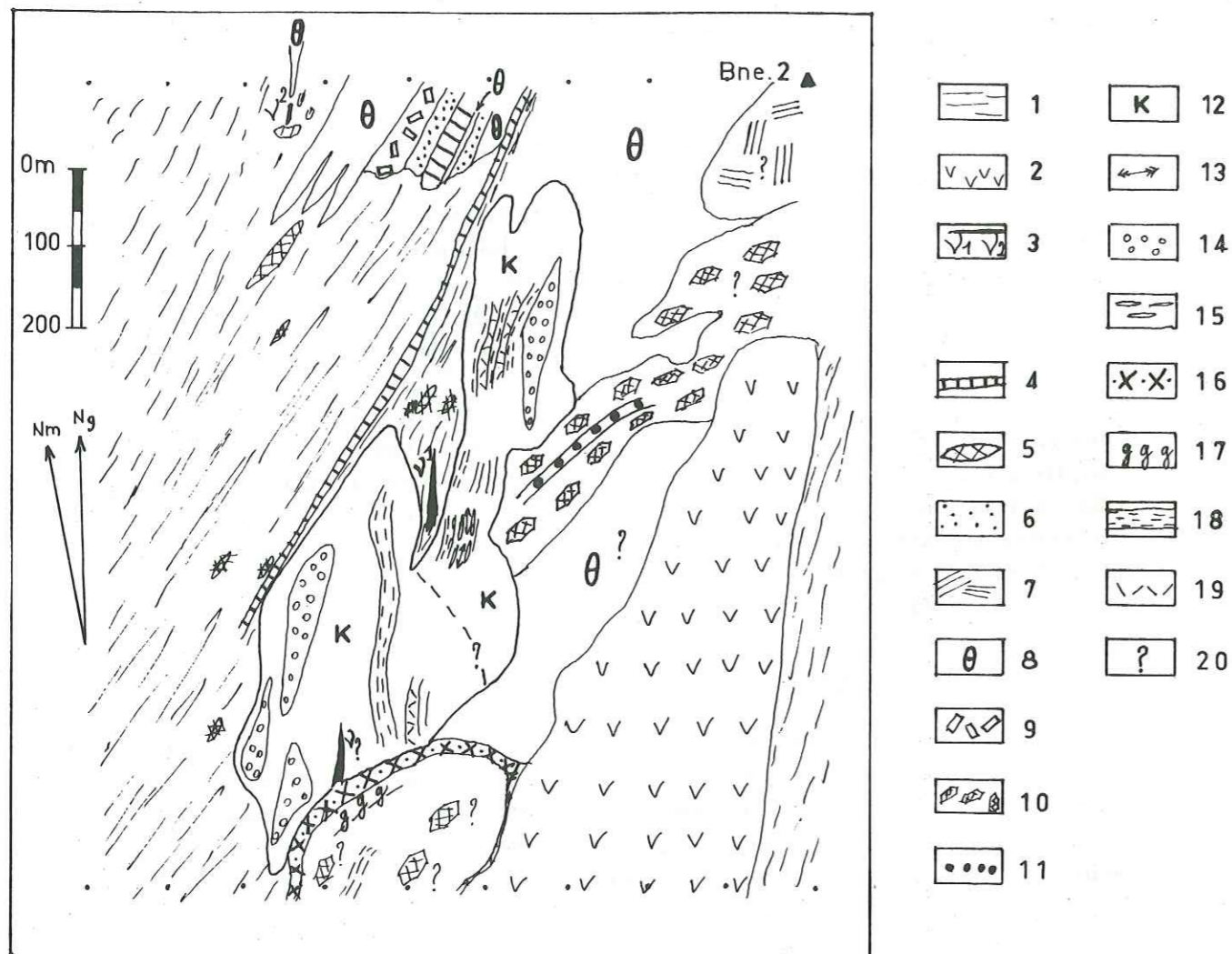
Si les pyroclastites au niveau de PO. 17, sont interstratifiées dans les komatiites, il est alors possible qu'elles séparent ces U. M., au Nord et au Sud de l'anomalie III, en deux zones indépendantes.

8.4. Conseils pour la prospection

Les figures 70 a, b, c montrent la parfaite superposition des anomalies géochimiques Ni (1 000 ppm) - Cr (4 000 ppm) et magnétométriques.

POUNDIALI : Carte géologique interprétée à l'aide de la magnétométrie, la géochimie Ni - Cr on sols et les levés de terrain.

Fig. 71.



LEGENDE :

1, pyroclastites. 2, dacite. 3, microdiorite quartzique ; ∇ 1 à gros fragments ; ∇ 2 à petits fragments.

Unités tholéiitiques et picritiques . 4, Hyaloclastite. 5, coussins picritiques. 6, pyroxénite aphanitique. 7, gabbro pegmatitique.

8, gabbro. 9, gabbro noritique. 10, cumulat à pyroxènes. 11, cumulat à olivine.

Unités komatiitiques . 12, komatiite U.M. indifférenciées. 13, zone à spinifex. 14 et 15, péridotite bulleuse : à bulles rondes (14), à bulles étirées (15). 16, limite entre 2 coulées ? zone bréchoïde à pillows ? 17, grain grossier. 18, texture orientée (fluidale). 19, texture équante (cumulat). 20, incertain.

Les plus fortes teneurs en "Ni ascorbique" sont en bordure de l'anomalie III et surtout à l'Est suivant une direction Nm 040. Cet axe privilégié pourrait faire l'objet de traînées électromagnétiques ou électriques perpendiculaires.

Cette zone anormale doit être considérée comme très favorable car, comme à KADIOLO au MALI (rapport BRGM in REGNOULT, 1978 a), elle se situe au contact des U.M. avec des roches gabbroïques.

9. WEMELHORO9.1. Introduction

Parmi les six opérations exécutées, W.E. est celle qui permet le mieux de définir les coulées komatiitiques du Nord ivoirien, dont il a été très souvent question dans le texte. Ses caractères généraux essentiels sont :

- grande richesse en MgO : 34,86 % ;
- roches à patine marron à noire ;
- coulées à spinifex, à pillows ou massives ;
- abondance des affleurements ayant permis une bonne cartographie de l'ensemble.

En l'absence de campagne de vérification il ne nous semble pas nécessaire de tenter ici de fournir une carte interprétative alors que beaucoup de points restent en suspens. L'intérêt de W.E. est tel que ce secteur justifierait à lui seul une thèse de 3ème cycle ... De la sorte nous nous contenterons de présenter quelques remarques qui pourraient servir de point de départ à ce travail.

9.2. Magnétométrie9.2.1. Description (Fig. 72)

Les anomalies magnétométriques ont une courte longueur d'onde donnant ainsi une carte d'isogammes assez hétérogène. Il apparaît trois unités majeures d'Est en Ouest :

- une plage calme, aux environs de \pm 200 gammas, avec des courbes décroissant régulièrement vers l'Est (anomalie A-I) ;
- une zone centrale avec un champ très perturbé et des anomalies linéaires plus ou moins tordues (anomalie A-II). Le fond atteint facilement \pm 500 gammas et dépasse souvent le millier d'unités ;
- vers le layon de fermeture on a, au Nord, une anomalie identique à A-II et au Sud une zone relativement tranquille parsemée d'îlots tantôt positifs, tantôt négatifs.

Les maxima des profils magnétiques de la figure 73 se superposent parfaitement aux profils géochimiques en Ni, Cr, Cu, Co. Ainsi tous deux marquent un pic net, à l'Est, alors que la variation est plus calme à l'Ouest. Ceci est conforme au fait que les coulées komatiitiques sont pentées vers l'Ouest comme l'indique la mesure du litage des coulées à spinifex, près de WE. 50.

Par contre vers les layons 1 400 et 1 800, le pendage tend à être vertical. D'après la carte géologique interprétée (Fig. 74) une faille Nm 050 passerait à cet endroit.

9.2.2. Interprétation

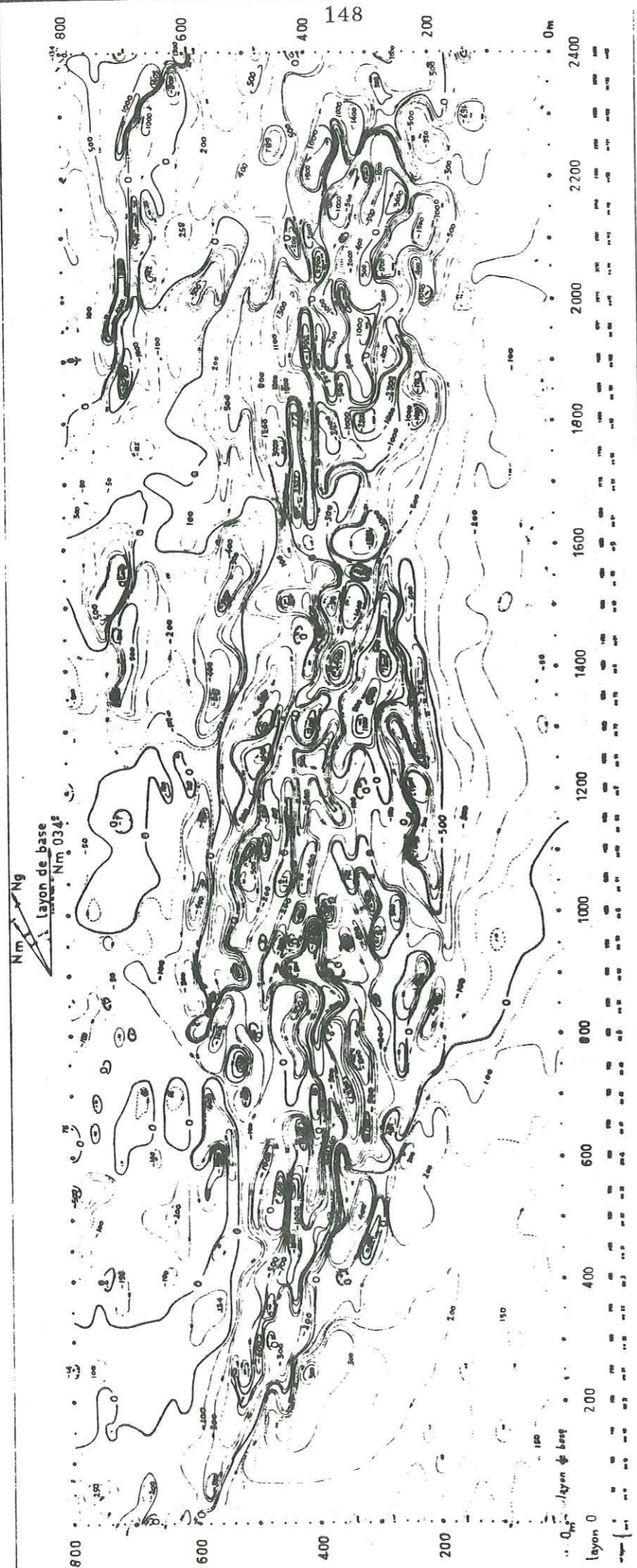
Les grands ensembles géologiques et structuraux sont très schéma-

Fig. 72

WEMELHORO.

Magnétométrie au sol.

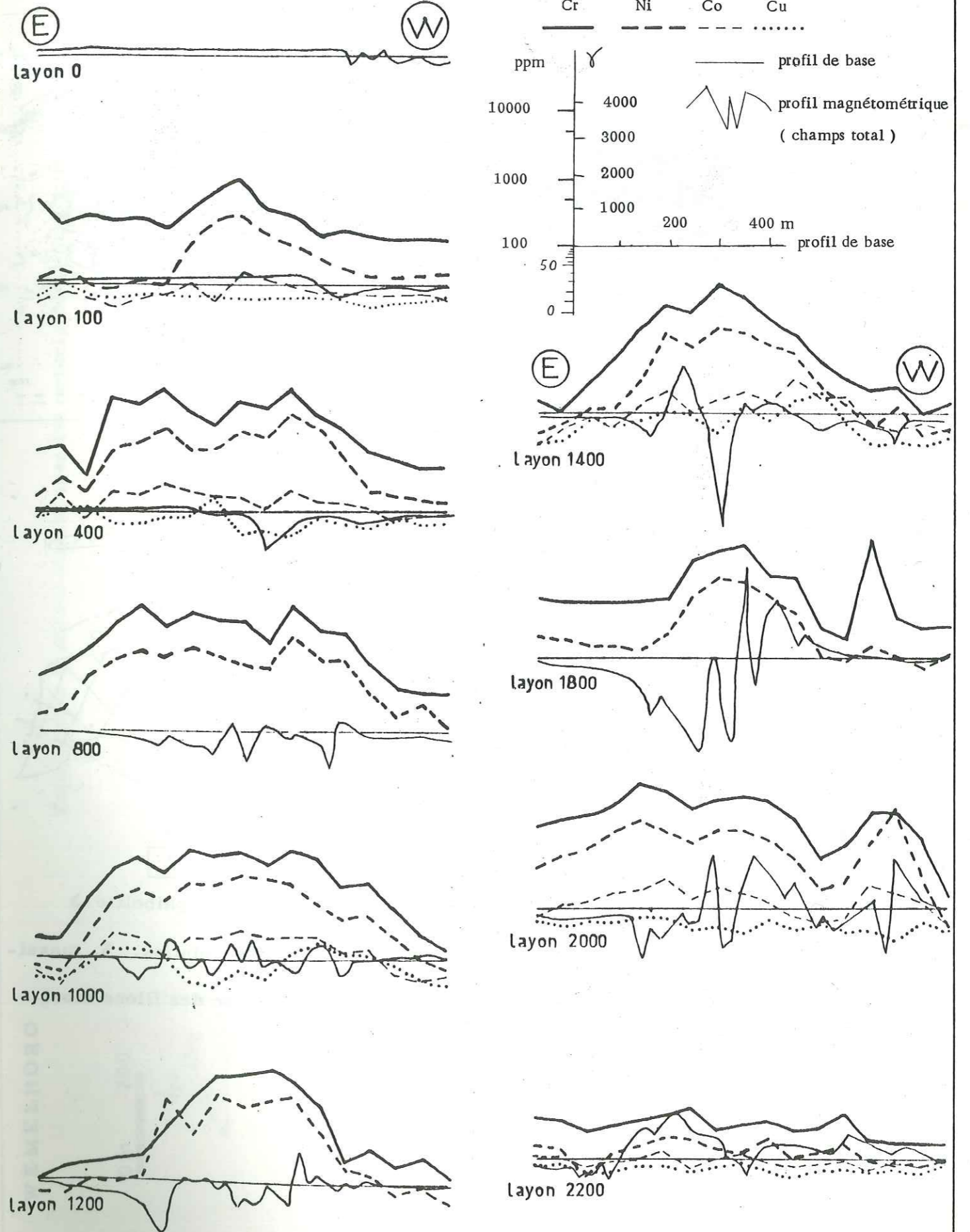
Ech. 1:6450.
0m 100 200



Fond géomagnétique arbitraire 32100 γ .

WEMELHORO : profils géochimiques en sols (Cr, Ni, Co, Cu) et magnétiques (altitude de la sonde = 1,5 m) . 1978.

FIG. 73



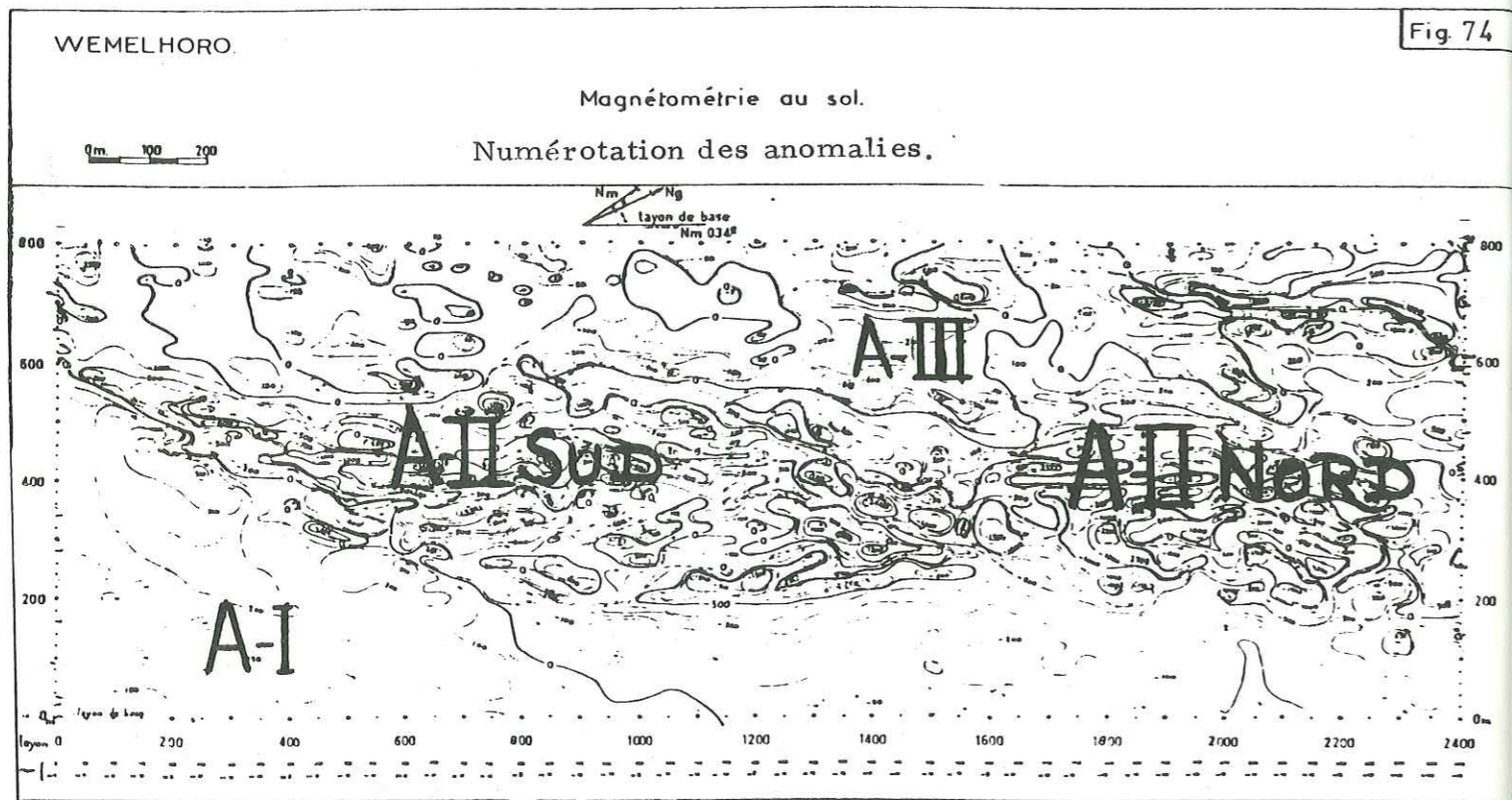
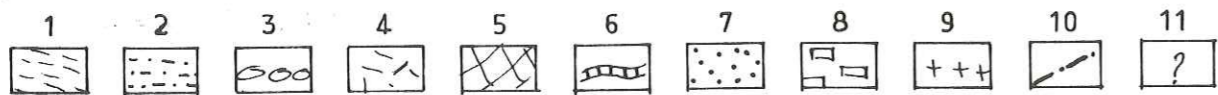
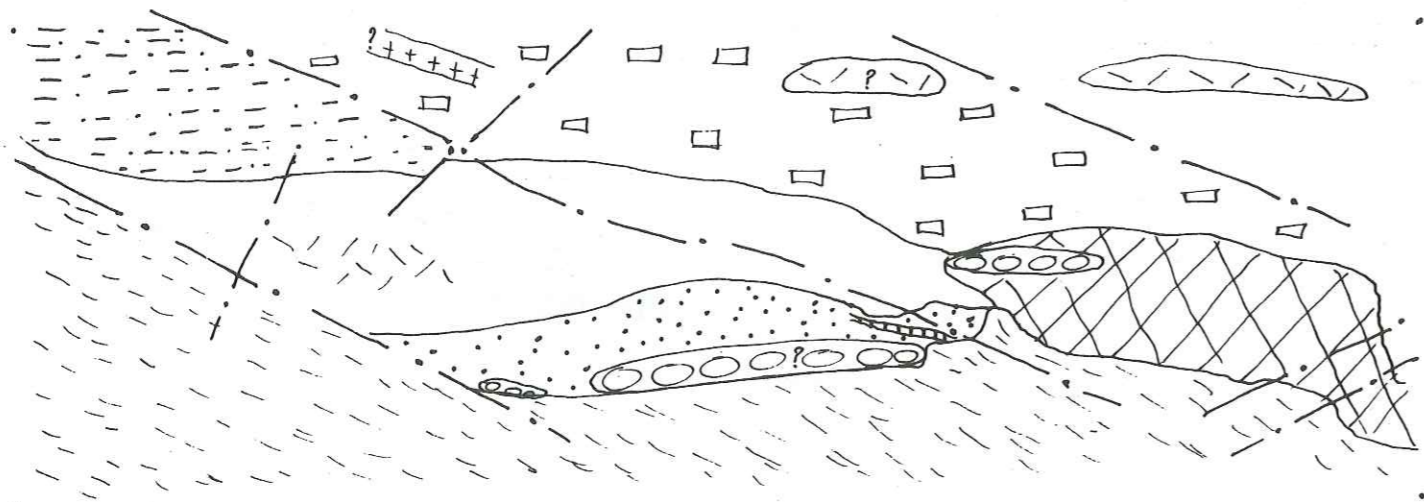


Fig. 74

CARTE GEOLOGIQUE INTERPRETEE



Encaissant : 1, amphiboloschistes pyroclastiques. 2, ortho-amphibolite à enclaves de 1.

Coulées komatiitiques : 3, à pillows. 4, à 2 zones avec des spinifex. 5, massives à débit polygonale.

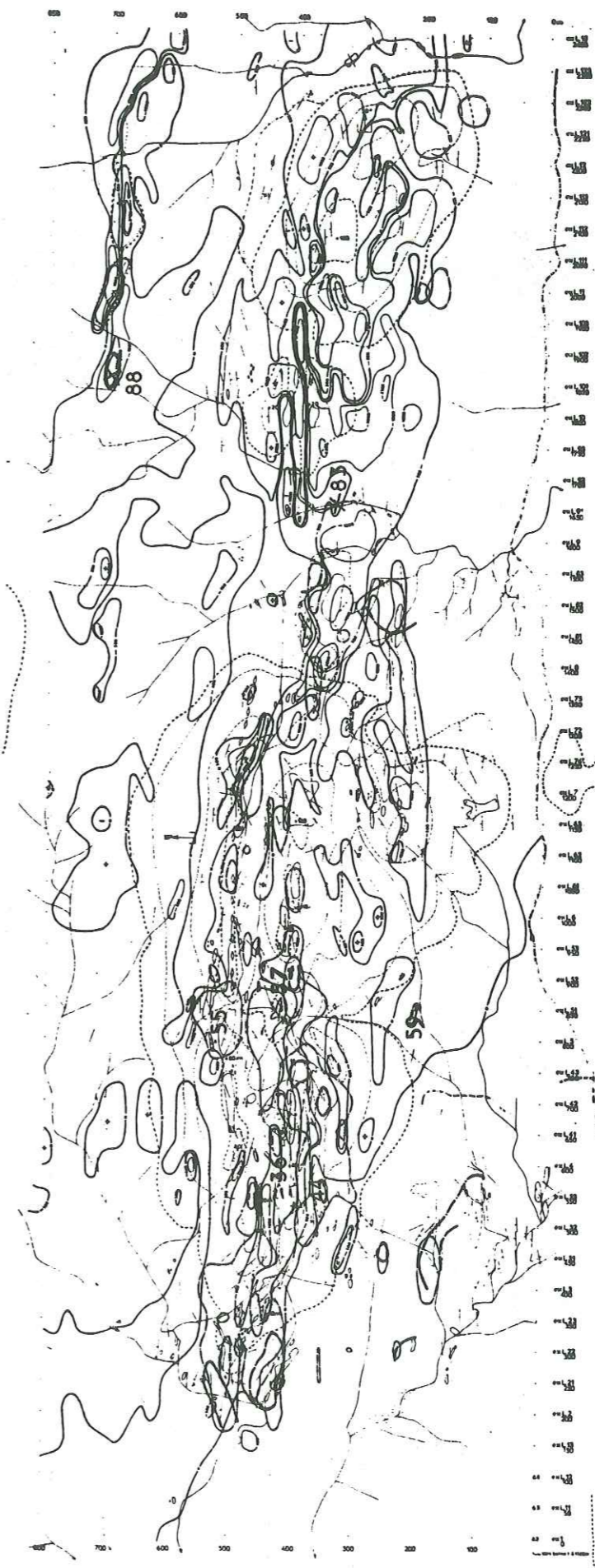
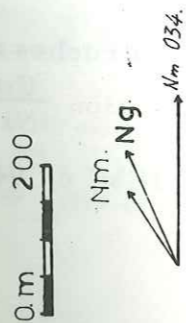
Ortho-amphibolite gabbroïque : 6, fine. 7, méla-gabbro avec des filons dioritiques. 8, gabbro lité ("rythmic layering").

Divers : 9, filon d'aplite. 10, faille. 11, incertain.

Fig. 75

Topographie et affleurements avec les principales isogammes.

WEMELHORO



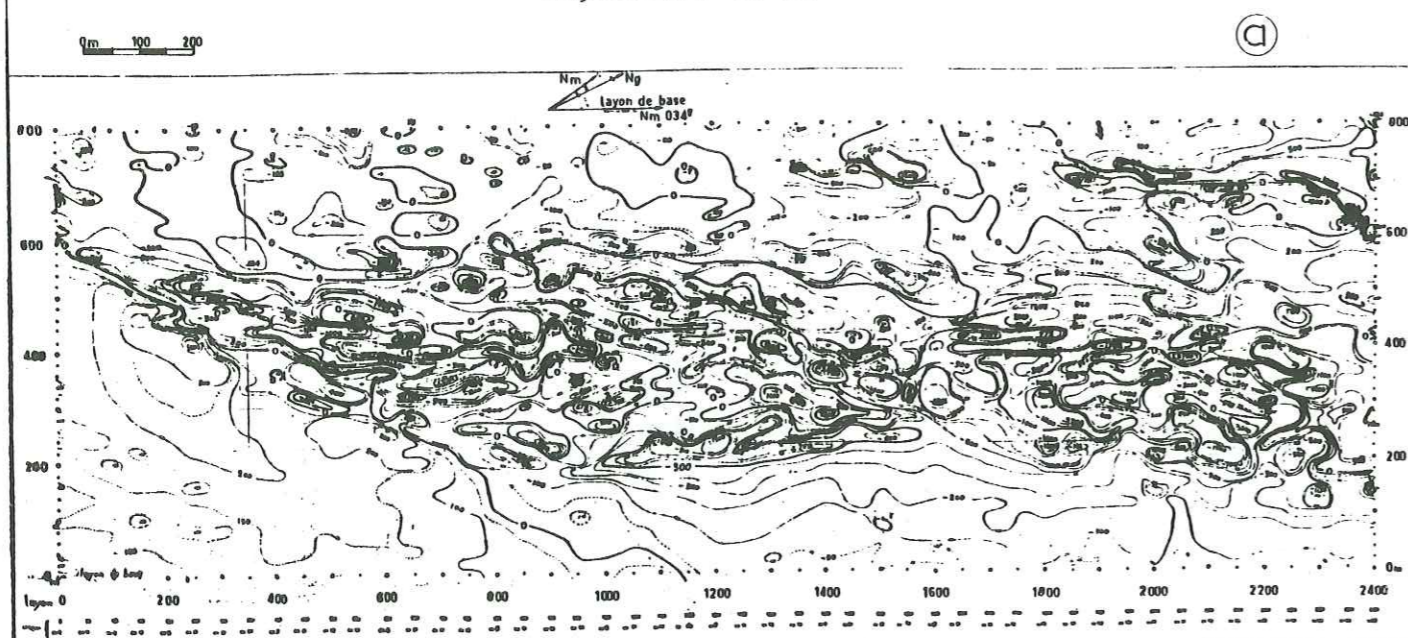
59 : échantillon analysé chimiquement

pointillé : courbes de niveau approximatives.

trait continu épais : contour des principales isogammes.

trait continu fin : contour des affleurements.

Magnétométrie au sol.



Fond géomagnétique arbitraire 32100 γ.

(b)

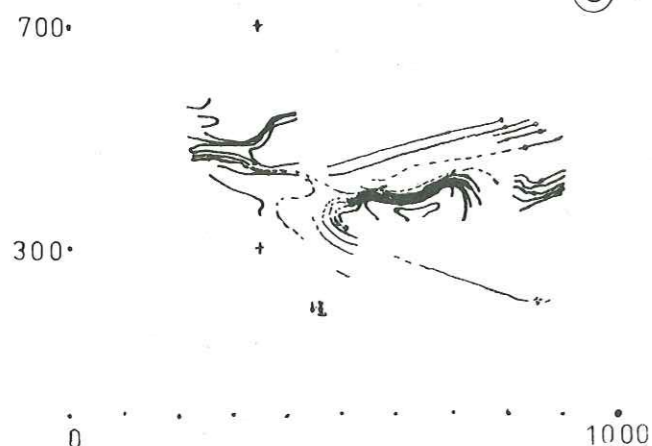


Fig. (b): Géochimie en sols.

Ni 2 000 ppm
Cr 4 000 ppm

(d'après planche SODEMI n° 7239)

(c)

Fig. (c): Géochimie en roches : courbes d'isosignification $\frac{Co}{Ni}$.

(d'après planche SODEMI n° 9470)

tisés sur la figure 74 alors que le fond topographique avec les affleurements et les échantillons analysés chimiquement sont sur la figure 75.

° Anomalie A. I.

Ce sont des sédiments pyroclastiques : tufs, cinérites, lités en bancs centi-à décimétriques.

° Anomalie A. II

Elle est la plus intéressante car elle donne les limites des coulées sous-jacentes. Le patron magnétique est différent au Nord, coulées massives à débit polygonale, et au Sud, coulées à 2 zones.

Cette anomalie se poursuit hors du secteur sur les 2 bords.

On ne sait pas si l'accident Nm 050 qui est le plus au Sud est contemporain ou postérieur à la mise en place des coulées. Cette orientation se trouve ailleurs sur la carte, notamment suivant la diagonale NE qui sépare les coulées massives de celles à spinifex. Sa fréquence et des dacites bréchifiées (hors zone, vers L. O. x 600) nous font dire que cet accident est tardif.

° Anomalie A. III

Les affleurements sont peu fréquents à cause du flat alluvionnaire. Au Nord on retrouve les roches de A. II - Sud qui semblent se prolonger entre les layons 1 400 et 1 600.

D'après des blocs alluviaux, A. III correspond, au Nord, à des gabbros lités. En se rapprochant du layon 0 on va vers des ortho-amphibolites à enclaves de schistes de la formation A. I.

9.3. Conseils pour la prospection

Au chapitre "Minéralogie" il a déjà été question de l'intérêt minier de WE. qui est le plus minéralisé des secteurs : chromite, barytine (hors zone au Nord), fortes teneurs en "Ni ascorbique".

D'après les valeurs extraites de la littérature (in POCACHARD, 1977, p. 13), la susceptibilité magnétique de la chromite (de 50 à 120 000 u. é. M.) est supérieure à celle du plus magnétique des sulfures de nickel, la pyrrhotite (de 150 000 à 280 000 u. é. M.).

La magnéto-métrie risque donc de ne pas découvrir ces sulfures parce qu'ils sont, d'une part masqués par les lentilles de chromite, fréquentes à WE., et d'autre part facilement altérés en oxydes et hydroxydes de fer.

Sur la figure 76 b des isoteneurs Ni (2 000 ppm) et Cr (4 000 ppm) en sols (MADON, 1976 a) la colline sud a des anomalies magnétiques (Fig. 76 a) et géochimiques importantes.

D'après la figure 76 c des courbes d'isosignification Co/Ni en roches, on arrive à mettre en évidence 2 coulées : la zone à fort gradient étant une coulée à spinifex.

Il est donc possible que des sulfures de nickel aient été concentrés à la faveur de pièges structuraux, tel que le point bas d'un paléorelief. En effet vers WE. 59 nous avons vu qu'une coulée komatiitique devait remplir un paléochenal.

N'oublions pas non plus que des sulfures de nickel ont été signalés à KA IOLO au MALI qui est très proche de WE. et dont nous avons parlé au chapitre "Minéralogie" à propos de la favorabilité des gisements.

CONCLUSIONS GENERALES

1. GENERALITES

Dans le cadre du projet "Cuivre-Nickel Sulfurés et métaux de base du Nord COTE D'IVOIRE" mené par la Société pour le Développement Minier (SODEMI), il m'a été confié, en tant que VSNA, les levés cartographiques ainsi que les prospections géochimiques et magnétiques des secteurs de BOUNDIALI et NIELLE, dont l'intérêt métallogénique était apparu au cours des travaux antérieurs de prospection stratégique et tactique, effectués par H. MADON.

Les six opérations choisies, toutes situées dans les formations précambriennes birrimiennes, avaient pour objet l'étude des roches métamorphiques ultrabasiques d'origine magmatique. Ce sont elles qui ont essentiellement été le centre de nos recherches.

Le principal résultat obtenu ayant été la mise en évidence de la présence de komatiites, c'est autour de ces dernières que nous articulons nos conclusions.

2. CARACTERES DU GISEMENT DES KOMATIITES

Il s'agit de roches présentant des paragenèses de roches métamorphiques de faciès schistes verts, mais où des minéraux reliques et des structures primaires de roches magmatiques subsistent.

Les komatiites péridotitiques ont une patine noire ou brun-chocolat et sont très tendres, alors que les komatiites pyroxénitiques ont une couleur plus claire et sont plus dures.

Le débit des coulées a permis d'en identifier 3 types :

- coulées massives ;
- coulées à deux zones dont l'une à spinifex bien développés ;
- coulées en mégacoussins.

Du point de vue pétrographique, on a à faire à :

- des talcschistes, métadunites, serpentinites, métapéridotites dérivant des komatiites péridotitiques ;
- des métapyroxénites, métamélagabbros issus de komatiites pyroxénitiques.

On y observe, localement, certains des caractères propres aux coulées komatiitiques :

- remplissage de paléochenaux ;
- débit en boules qui parsèment le sol des collines constituées de coulées massives à débit polyédrique ;
- débit en boules des coulées à pillows ;
- lits centimétriques de microspinifex ;
- fentes, en forme de croissant de lune remplies de spinifex ;
- schlieren de spinifex.

Ces komatiites sont interstratifiées (coulées et sills), dans des formations volcano-sédimentaires (pyroclastites, cherts, gabbros, andésites, dacites ...) dont elles constitueraient le cycle volcanique inférieur. Le tout est recoupé par des granitoïdes du complexe plutonique abronien (vers 2 100 M. a.) et est encaissé dans une "mer granito-gneissique-polymétamorphique" d'âge au moins libérien (supérieur à 2 300 M. a.).

3. CARACTERES MICROSCOPIQUES DES KOMATIITES

Du fait du métamorphisme, de l'altération météorique et de leur manque de cohésion, nous n'avons pu observer que les caractères microscopiques suivants :

- spinifex d'olivines aciculaires, lamellaires, "harrisitiques" squelettiques pris dans un verre dévitrifié et pseudomorphosés par l'association talc - trémolite - chlorite - magnétite ;
- textures planaires d'ensemble des filets laviques ;
- bulles ou vésicules.

4. CARACTERES GEOCHIMIQUES

Si on adopte la définition des komatiites de ARNDT et al. (1977, p. 366), à savoir, pour des roches non cumulatives allant des péridotites aux andésites, les caractères chimiques suivants :

soit, $MgO \simeq 30 \%$, $SiO_2 = 44 \%$, et soit, $MgO = 12 \%$, $SiO_2 = 56 \%$, nos roches correspondent bien à ces critères :

- les roches non cumulatives ont $MgO \simeq 30 \%$ et $SiO_2 = 44 \%$;
- le rapport $FeO \text{ total} / FeO \text{ total} + MgO$ et TiO_2 sont bas ;
- MgO , Ni et Cr sont élevés ;
- le rapport CaO / Al_2O_3 est proche de 1.

En outre les diagrammes de KUNO, A. F. M., YODER et TILLEY séparent nettement les komatiites des associations alcalines et calco-alcalines. Par contre le diagramme $CaO - MgO - Al_2O_3$ montre une continuité entre les komatiites et les tholéiites, avec peut-être comme terme de transition les picrites.

5. TRAITEMENTS GEOSTATISTIQUES PAR A. C. P. N.

Leurs résultats corroborent ceux de la géochimie des éléments majeurs et permettent, entre autre, de s'assurer que l'origine géographique est indépendante des regroupements.

Les facteurs les plus discriminants sont :

- F 1 qui oppose les silicates ferro-magnésiens aux alcalins ; il permet ainsi d'opérer une classification pétrochimique allant des komatiites vers les tholéiites dans le sens positif ;
- F 2 qui contrôle les minerais "primaires" (magnétite, sulfures ..) et n'indique aucune corrélation entre Ni et Cu ;

La corrélation la plus évidente est celle qui associe Ni et Cr à MgO , donc aux silicates des faciès les plus mafiques (et non à des minerais sulfurés).

6. SITUATION DES KOMATIITES DANS LE CRATON OUEST AFRICAIN ET EN AMERIQUE DU SUD

Le traitement statistique a permis la mise en évidence d'une ceinture de roches vertes, celle de BOUNDIALI (C. V. B.). Ceci tendrait à montrer l'existence, en COTE D'IVOIRE, d'une croûte océanique, fragmentaire ou non, durant le Protérozoïque inférieur.

Le prolongement de cette C. V. B. serait à rechercher en premier lieu au MALI.

La récente découverte par SCHRANK et BROUSSE (1980) de komatiites au BRESIL et celle que nous avons faite en COTE D'IVOIRE, devraient conduire à en rechercher en GUYANE.

7. APERCU METALLOGENIQUE

Le traitement statistique A. C. P. N. fait apparaître que Cu n'est jamais lié à Ni , ce qui est jugé comme un caractère défavorable à la présence de sulfures de nickel. Cependant, du fait que les komatiites sont, ailleurs, associées à des ceintures minéralisées, il n'est pas impossible qu'on en découvre en COTE D'IVOIRE. Il faudrait rechercher des gisements de type TEXMONT ou KAMBALDA, généralement de petite taille (env. 1. M. T.).

On notera également que les concentrés des batées ont de fortes teneurs en or sur les opérations qui renferment des komatiites. En raison de la ressemblance de ces dernières avec celles d'AFRIQUE du SUD, il ne faudrait pas négliger l'éventualité d'une "gold belt" ivoirienne.

8. CONSEILS POUR LA PROSPECTION

Les komatiites et leurs textures de spinifex constituent un métallogène très sensible que la SODEMI devrait s'employer à valoriser en relançant le projet "Cu.Ni.S.N.Ci." par une cartographie au 1 : 15 000 et une prospection magnétométrique des occurrences komatiitiques. Ceci permettrait en particulier de recenser et de déterminer le genre et le type de ces coulées ultrabasiques.

BIBLIOGRAPHIE

- ALSAC C. (1968 a). - Etude des caractères chimiques des métavolcanites de la haute Comoé en Côte d'Ivoire - SGL/GEO - G 4514 - 1 - 17 p., 9 sch., 3 tabl. h.t.
- ALSAC C. (1968 b). - Etude du volcanisme de BOUNDIALI (C.I.). Orléans. BRGM, 2 p., dactyl.
- ANONYME (1978 a). - Atlas d'Afrique : la Côte d'Ivoire. Ed. Jeune Afrique.
- ANONYME b. - La Côte d'Ivoire. Coll. "Que sais-je ?" , Ed. PUF.
- ARNDT N.T., MALDRETT A.J., PYKE D.R. (1977). - Komatiitic and iron-rich tholeiitic lavas of Munro Toronship, Northeast Ontario. *Journal of petrology*, vol. 18, n° 2, pp. 319-369.
- ARNDT N.T., FLEET M.E. (1979). - Stable and metastable pyroxene crystallisation in layered komatiite lava flows. *American mineral*, n° 64, pp. 856-864.
- ARNOULD M. (1957). - Présence d'organisme fossilisé dans le Précambrien métamorphique de la haute Côte d'Ivoire. *C.R. Soc. Géol. Fr. Paris, Soc. Géol. Fr. n° 13*, pp. 278-279.
- ARNOULD M. (s.d.). - Carte géologique de NIELLE - BANFORA au 1 : 200 000. Abidjan, Dir. Mines et Géol. - Inédit.
- AUVRAY B., MAILLET P. (1977). - Volcanisme et subduction au Protérozoïque supérieur dans le Massif Armoricain (France). *Bull. Soc. Géol. Fr. Série 7, t. 19, n° 5*, pp. 953-957, 5 fig., Bibl.
- BARD J.P. (1975 a). - Contribution au problème de l'évolution de la croûte depuis le Précambrien ancien : étude préliminaire comparative des granitoïdes "précoces" et des leucogranites à deux micas éburnéens et de leurs homologues hercyniens d'Europe occidentale. *III^e Réunion. Ann. Sc. Ter., Montpellier*, 1 p.
- BARD J.P. (1975 b). - A late eburnean ($\approx 2\ 000$ My. old) subduction zone in west african shield. *C.R. Acad. Sc. Paris, série D.*, 4 p., bibl. (14), 2 fig. h.t.
- BARD J.P., DELAYE F. (1976). - Etude préliminaire de la morphologie de la discontinuité de Mohorovicic dans la région de Toumodi (C.I.) et essai d'interprétation géologique. *C.R. Acad. Sc. Paris, série D*, t. 283, pp. 1153-1156, bibl. (5), 3 fig. note.
- BARD J.P., LEMOINE S. (1976). - Phases tectoniques superposées dans les méta-sédiments précambriens du domaine otier occidental de la Côte d'Ivoire. In : *Precambrian Research*, Amsterdam, Netherlands. Elsevier Sci. Pub. Cie, 3, pp. 209-299, 12 photos et microphotos, 1 tabl., 1 sch., bibl. (8).
- BESSELES B. (1977). - Géologie de l'Afrique. Le craton ouest-africain. *Mémoire BRGM, Paris, n° 88*, 402 p., 114 fig., 26 tabl., bibl. 11 p., index.
- BESSON M., CAPITANT B. (1976). - Note sur le chimisme de roches ultrabasiques minéralisées en sulfures de nickel dans l'Abitibi (Province supérieure archéenne, Canada). *Bull. BRGM, série 2, sect. 2, n° 4*, pp. 349-378 ; Rés. (angl.), 26 fig., 2 tabl., bibl. (20).
- BICKLE M.J., FORD C.E., NISBET E.G. (1977). - The petrogenesis of peridotitic komatiites : evidence from high pressure melting experiments. *Earth Planet. Sc. Lett.*, n° 37, pp. 97-106.
- BLAIS S., AUVRAY B., CAPDEVILA R., HAMEURT J. (1977). - Les séries komatiitiques et tholéiitiques des ceintures archéennes de roches vertes de Finlande orientale. *Bull. Soc. Géol. Fr. Série 7, t. 19, n° 5*, pp. 965-970, 6 fig., 1 tabl. Bibl.
- B.R.G.M. (1975). - Le Birrimien de Haute-Volta et de Côte d'Ivoire. BRGM, Orléans, 57 p.
- BROCHE J., STEFFANL. (1971). - Méthodes d'analyses chimiques. Abidjan, SODEMI, n° 268, 2 t. Ronéot.
- BROOKS C., HART S.R. (1974). - On the signifiacnce of komatiite. *Geology*, vol. , n° , pp. 107-110, 1 fig., 1 tabl., Bibl. (37).
- CAILLAT C., DEHLAVI P., MARTEL-JANTIN B. (1978). - Géologie de la région de Saveh (Iran). Contribution à l'étude du volcanisme et du plutonisme tertiaires de la zone de l'Iran central. *Thèse Doct. Spec., USMG, Grenoble (France)*, 325 p., 183 fig., 3 annexes, bibl. 7 p.
- CASANOVA R., YACE I. (1976). - Pétrogénèse des orthométamorphites éburnéennes (Précambrien moyen) du centre de la Côte d'Ivoire (Afrique de l'Ouest). *C.R. Acad. Sc., Paris, Série D*, t. 282, pp. 1241-1244, 2 fig., bibl. (6). Note.
- CHEVALIER L. (1979). - Structures et évolution du Piton des Neiges : ile de la Réunion. Leurs relations avec les structures du Bassin des Mascareignes. Océan Indien occidental. *Thèse de Doctorat de Spécialité, USMG; Grenoble (France)*, 180 p., 108 fig., bibl. 7 p., Carte en annexe
- CLIFFORD T.N. (1966). - Unités tecto-métallogéniques et provinces métallogéniques d'Afrique. *Earth Planet. Sci. Lett.*, n° 1, pp. 421-434.
- COINTURE R. (1967). - Carte géologique de reconnaissance au 1 : 500 000 - ODIENNE (feuille NC 29 - Sud-Est). Abidjan, Direction des Mines et de la Géologie.
- DENAAYER M.E. (1951). - Tableaux de pétrographie. Paris, Ed. Lamarre, 105 p., bibl. 3 p.

- DORTHE J.P. (1964). - Les metabasites du Nord d'Abidjan. Rapport de fin de campagne n° 57, 62 p., bibl., 17 pl. + 1 annexe : détermination pétrographiques de L. BODIN et B. EGOROFF (20 p.), 2 fig. SODEMI, Abidjan. Ronéot.
- EWERS W.E., HUDSON D.R. (1972). - An interpretative study of a nickel-iron sulfide ore intersection : Lunnon Shoot, Kambalda, Western Australia. Appendix : C.E.S. DAVIS. Analytical methods used in the study of an ore intersection from Lunnon Shoot, Kambalda. Econ. Geol. Vol. 67, pp. 1075-1092; abst. fig. 10, tabl. 2, bibl. (6).
- FABRIES J., GRAVELLE M. (1977). - Modalité du magmatisme au Protérozoïque supérieur de la région de Sillet (Hoggar Central, Algérie). Bull. Soc. Géol. Fr., série 7, t. 19, n° 5, pp. 995-1004.
- FERSMAN A.E. (1937). - Géochimie. s.l., t. 3, pp. 224-426.
- FRANCIS D.M., HYNES A.J. (1979). - Komatiite derived tholeiites in the Proterozoic of New Quebec. Earth Planet. Sci. Lett., n° 44, pp. 473-481, 5 fig., 2 tabl., bibl. (24).
- GAMSONRE P.E. (1975). - Contribution à l'étude géologique des formations précambriennes de la région de Ouahigouya (Haute-Volta). A.O. CNRS : 11 975, 181 p., 1 carte h.t., résumé français-anglais, 41 fig., 38 tabl., 43 micros et macrophotos h.t., bibl. 8p.
- GUIBERT Ph. (1978). - Contribution à l'étude du volcanisme de la chaîne des Virunga (Rép. du Zaïre). Le volcan Mikeno. Thèse de Doct. ès-Sc. ; Fac. Sc. Genève (Suisse), n° 1852, Genève ; Coop. Imp. Pré-Jérôme, 126 p., 24 fig., 6 pl., bibl., 13 p.
- HAWKESWORTH C.J., O'NIIONS R.K. (1977). - The petrogenesis of some Archean volcanic rocks from Southern Africa. Journal of Petrol., vol. 18, part. 3, pp. 487-520.
- HENRY B. (s.d.). - Essai de classification des gisements cupronickelifères en fonction des complexes porteurs. B.R.G.M., Orléans.
- HENRY B. (1970). - Facteurs de concentration des gîtes sulfurés de nickel, cuivre et guides de recherches. Orléans, BRGM, SGN/GIT. Confidentiel.
- HENRY B. (1973). - Werner Lake. Orléans B.R.G.M., SGN/MET/GIT, fiche typologique de gisement n° 39.
- HENRY B. (1974a). - Minéralisations sulfurées nickelifères associées à un volcanisme ultrabasique à structure spinifex dans la région de Timmins (Canada). Bull. B.R.G.M., série 2, sect. 2, n° 4, pp. 385-395 ; Rés. (Fr. ang.), 7 fig., bibl. (5).
- HENRY B. (1974b). - Critères de sélection des complexes basiques - ultrabasiques favorables aux minéralisations Ni-Cu sulfurés. Bull. BRGM, série 2, géologie, t. 2, p. 65.
- HENRY B., OHNESTETTER D. (1977). - Le volcanisme archéen de l'Abitibi et les gisements de nickel sulfuré associés. Bull. Soc. Géol. Fr., série 7, t. 19, n° 5, pp. 979-982, bibl.
- HERMANN A.G et al. (1976). - Major, minor and trace element compositions of peridotitic and basaltic komatiites from the Precambrian Crust of Southern Africa. Contrib. Mineral. Petrol. n° 59, pp. 1-12, 2 fig., 2 tabl., bibl. 2 p.
- HOTTIN G., OUEDRAOGO O.F. (1975). - Notice explicative de la carte géologique à 1 : 1 000 000 de la République de Haute-Volta. Ouagadougou, Ministère du Commerce, du Développement Industriel et des Mines, 58 p., bibl. 6p.
- IMREH L. (1978). - Album photographique de coulées méta-ultramafiques sous-marines archéennes dans le sillon de la Motte-Vassan. Québec, Ministère des Richesses Naturelles. DGM/Vit. Min., n° 6, p. 131, 8 fig., 1 tabl., bibl. 3p. 28 an. chim. h.t.
- JORESKOG K.G., KLOVAN J.E., REYMENT R.A. (1976). - Methods in geomathematic. Geological factor analysis. Amsterdam, Ed. Elsevier Sc. Publ. Co., 178 p.
- KNOFF D. (1965 a). - Le Simandien en Côte d'Ivoire. Contribution à l'établissement du mémoire explicatif à la carte géologique au 1 : 1 000 000 de la Côte d'Ivoire. SODEMI, Abidjan, n° 114, 52 p., 8 pl., 6 microphotos L.M., bibl. Ronéot.
- KNOFF D. (1965 b). - Les gabbros plutoniques et les ultrabasites de l'Eburnéen : rapport de fin de campagne de la Mission basite-nord. C.I. SODEMI, Abidjan, n° 116 et 117, 219 p., 21 fig., 2 pl., bibl. 18 p., tabl. synopt., 1 carte annexe Ronéot.
- KUNO H. (1968). - Differentiation of basalt magma. in : Basalts. The poldervaart treatise on rocks of basaltic composition. New-York, Interscience Pub., 2 vol., 862 p., pp. 624-688, bibl.
- KRÖNER A. (1979 a). - Precambrian crustal evolution in the light of plate tectonics and the undation theory. Geol. en MIJNBOW, vol. 58 (2), pp. 231-240.
- KRÖNER A. (1979 b). - Pan African plate tectonics and its repercussions on the crust of northeast Africa. Geol. Rundschau, vol. 68, n° 2, pp. 565-583. 3 fig., bibl. 4 p.
- LA ROCHE H. de (1968). - Comportement géochimique différentiel Na, K et Al dans les formations volcaniques et sédimentaires : un guide pour l'étude des formations métamorphiques et plutoniques. C.R. Acad. Sc. Fr., Série D, t. 267, pp. 39-42.
- LA ROCHE H. de (1978). - La chimie des roches présentée et interprétée d'après la structure de leur faciès minéral dans l'espace des variables chimiques : fonctions spécifiques et diagrammes qui s'en déduisent. Applications aux roches ignées. Chem. Geol., n° 21, pp. 63-86, 9 fig., bibl. (24).
- LASFARGUES P. (s.d.). - Considérations sur l'interprétation des mesures de champ total effectuées dans la région d'Abidjan. Abidjan, Archives SODEMI, s.d., 27 p., fig. Abaques.
- LASSEGRE J.L., LAVERNE G. (1976). - Le volcanisme tholéiitique de la zone du Versoyen (Alpes franco-italiennes) : minéralogie, pétrologie et géochimie. Doct. 3ème cycle, USMG, Grenoble.
- LEBARD L., FENELON J.P. (1975). - Statistique et informatique appliquées. Paris, Ed. Dunod. 3ème éd.
- LEMCINE S., TEMPLER P. (1971). - Etude des faciès métamorphiques en Côte d'Ivoire. C.R. Acad. Sc., Paris, Série D, t. 273, pp. 23-26, 2 fig., bibl. (3). Note préliminaire.
- LYNCH J.J. (1970). - The determination of copper, nickel and cobalt in rocks by atomic absorption spectrometry using a cold leach. CIM, Geoch. Explo., Spec. vol. n° 11, pp. 313-314.
- Mc DONALD C.A. (1972). - Volcanoes. Englewood Cliffs, New-Jersey, Ed. Prentice Hall Inc., 510 p., 2 appendices. Index, bibl. 27 p.
- MADON H. (1973). - Mission régionale n° 789 (Korhogo), 1er janv. 72 au 31 janvier 73. SODEMI, Abidjan, n° , Ronéot.
- MADON H. (1974). - Prospection géochimique alluvionnaire pour chrome, cuivre, molybdène, nickel et zinc des secteurs de Gbema, Ba'fretou, Katogo, Yeretiele, Monts Kô, Syempurgo, Tyasso, Nord Boundiali et Kebi, Nyapligué. SODEMI, Abidjan, n° 299, 26 p., 39 annexes h.t., Ronéot.
- MADON H. (1975). - Exploration géochimique et minéralogique en alluvions de l'I.G.S. de Diaouala. SODEMI, Abidjan, n° 345, 14 p., 9 fig., 19 annexes h.t., Ronéot.
- MADON H. (1976 a). - Reconnaissance pour nickel-(chrome) à Syempurgo, Tyasso, Katanrha, Singo, Tabakroni, Wémélhor, Natoro et Poundiali. SODEMI, Abidjan, n° 333, 39 p., 12 fig., 69 cartes en annexe ; et. pétro. en annexe 16 p. Ronéot.
- MADON H. (1976 b). - Prospection pour nickel-(chrome). SODEMI, Abidjan, n° 334, 52 p., 1 fig., 129 cartes en annexe ; et. pétro. en annexe 10 p. Ronéot.
- MADON H. (1976 c). - Anomalies chrome/nickel de Fadyadougou et Gbominasso. SODEMI, Abidjan, n° 365, 29 p., 1 fig., 7 cartes annexes h.t., 26 lames minces. Ronéot.
- MADON H. (1976 d). - Indice de barytine de Wémélhor. SODEMI, Abidjan, n° 384, 4 p., 2 fig., Ronéot.
- MAJIDI B. (1978). - Etude pétrostructurale de la région de MASHAD (Iran). Les problèmes de métamorphites, serpentinites et granitoïdes "hercyniens". Thèse Doct. Ing., Fac. Sc. Grenoble, 277 p., 88 fig., 20 tabl., 10 pl. bibl. 7 p.
- MARAKUSHEW A.A. (1979). - Some aspects of ore formation in ultramafics. Mineral. Deposita (Berl.) n° 14, pp. 81-101, 9 fig., 3 tabl., bibl. (38), abst.
- MELSON W.G., THOMPSON G. (1970). - Layered basic complex in oceanic crust, Romanche Fracture, Equatorial Atlantic ocean. Science, 168, n° 3933, pp. 818-820.
- MOHAMMED-TOURET L., TOURET J. (1977). - Les laves ultrabasiques des ceintures vertes archéennes et leur métamorphisme. Bull. Soc. Géol. Fr., série 7, t. 19, n° 5, pp. 971-977, 2 fig., 1 tabl. bibl.
- NALDRETT A.J. (1973). - Nickel sulfide deposits. Their classification and genesis with special emphasis on deposits of volcanic association. CIM Bulletin, vol. 76, pp. 181-201. CIM. Trans. pp 45-63. Abst., fig. 14, tabl. 2, bibl. (3 p).
- NALDRETT A.J., CABRI L.J. (1976). - Ultramafic and related rocks : their classification and genesis with special reference to the concentration of nickel sulfides and platinum group elements. Econ. Geol. vol. 71, pp. 131-1158, abst., fig. 12, tabl. 6, bibl. (3 p)
- NALDRETT A.J., GASPARRINI E.L. (1971). - Archean nickelsulfide deposits in Canada : their classification, geological setting and genesis with some suggestions as to exploration. Appendix : Activities and fugacities of reactants and products used in the thermodynamic calculations. Spec. Publ. geol. Soc. Aust., 3, Pls 2-3, pp. 201-226, fig. 8, tabl. 7, plates 2, bibl. (4).
- NALDRETT A.J., MASON G.D. (1968). - Contrasting Archean ultramafic igneous bodies in Dundonald and Clergue Townships, ONTARIO. Canadian Jour. Earth Sci., n° 5, pp. 111-143, 20 fig., 15 tabl., bibl. 1 p.
- OBIAL R.C., APELO M., SANTOS G. (1971). - Geochemical prospecting for nickel sulfides. An orientation survey. In : third symp. on mineral resources development and the eighteenth mine safety conference. Manila, Philippines, s.n. 1 Sect., 24 p., 13 bibl., paper.
- O. R. S. T. O. M. (1974). - Atlas de Côte d'Ivoire. Distribué par : Ministère du plan, Abidjan (C.I.).
- PERON C. (1974). - Comptages des indices minéraux de la carte des indices minéraux de la Côte d'Ivoire. SODEMI, Abidjan, 6 p. Ronéot.
- POCACHARD J. (1977). - Application du magnétomètre différentiel à double résonance à la prospection minière sur des gîtes métallifères. Grenoble, USMG, thèse 3e cycle ; 91 p.
- REGNOULT J.M. (1976). - Des roches ultrabasiques de type alpin : les complexes ophiolitiques. Mémoire de D. E. A. Grenoble, Institut Dolomieu, manus.
- REGNOULT J. M. (1978a). - Etude documentaire sur les gîtes de nickel sulfuré du Canada, d'Australie, du Mali et comparaisons avec les ultrabasites nickelifères du nord de la Côte d'Ivoire. SODEMI, Abidjan, n° 447, 41 p., 14 annexes, bibl. Ronéot.

- ROCCI G., JUTEAU T. (1968). - Spilites, k ratophyres et ophiolites. Influence de la traversée d'un socle sialique sur le magmatisme initial. Geol. en Mijnbouw, vol. 45 (5), pp. 330-339.
- REGNOULT J.M. (1978 b). - Rapport de fin de campagne du projet cuivre-nickel sulfurés nord Côte d'Ivoire (77-78). SODEMI, Abidjan, n  448, 92 p., 5 fig., 16 p. lames minces h.t., annexe 36 cartes.
- RICHARD D. (1978). - Carte de relevers des "forages cotton". D.C.H. Korhogo (Rép. Côte d'Ivoire). In d.
- ROCCI G. (1977). - Les ophiolites précambriennes : mythes et réalités. Bull. Soc. Géol. Fr. série 7, t. 19, n  5, pp. 947-952, bibl.
- ROSS J.R., HOPKINS G.M.F. (1976). - Kambalda nickel sulfide deposits. Econ. Geol. Aust. Papua New-Guinea. Serie 1 Metals, pp. 100-121, fig. 23, Tabl. 7, bibl. (34). Reprint. A.I.M.M. monograph. 5.
- ROUBAULT M. et coll. (1972). - Détermination des minéraux des roches au microscope polarisant. Paris, Ed. Lamarre-Poinat, 365 p., 5 tabl., synop., bibl.
- SAPORTA G. (1978). - Théorie et méthode de la statistique. Paris, Ed. Technip., 386 p.
- SCHRANK A., BROUSSE R. (1980). - Découverte de komatiites en Amérique du Sud. C.R. Acad. Sci., Paris, Série D., t. 290, pp. 151-154, 1 fig., & tabl., bibl. (8).
- S.G.P.M. bulletin (1958). - Analyses des roches silicatées de l'Afrique occidentale française. Dakar, SGPM, n  27, 284 p. bibl. (54).
- S.O.D.E.M.I. (1972). - Rapport annuel. SODEMI, Abidjan, Rép. Côte d'Ivoire.
- SONNENDRUCKER P. (1965). - Les metabasites du nord d'Abidjan. Rapport de fin de campagne 1964-1965. SODEMI, Abidjan, n  120, 84 p., 2 tabl., 14 fig., 55 lames minces, 11 côtes h.t., Ronéot.
- SONNENDRUCKER P. (1967). - Les complexes plutoniques du magmatisme ophiolitique attardé. Contribution à l'établissement de la notice explicative à la carte géologique au 1 : 100 000 e.de la Côte d'Ivoire. SODEMI, Abidjan, n  178, 66 p., 1 tabl., 9 fig., bibl. ronéot.
- SUN S.S., NESBITT R.W. (1978). - Geochemical regularities and genetic significance of ophiolitic basalts. Geology, vol. 6, pp. 689-693.
- TAGINI B. (1971). - Esquisse structurale de la Côte d'Ivoire. Essai de géotectonique régionale. Thèse Doct. Fac. Sc. Univ. Lausanne. SODEMI, Abidjan, 302 p., 58 fig., index géographique.
- TAGINI B. (1972). - Notice explicative à la carte géologique de la Côte d'Ivoire au 1/2 000 000. SODEMI, Abidjan, 22 p.
- TEMPIER P. (1972). - Les phénomènes métamorphiques et leur signification dans le cycle éburnéen en Côte d'Ivoire. Ann. Univ. Abidjan, série C, t. 8, fasc. 1, pp. 33-42, 6 fig., bibl. (8), discussion.
- TURNER J. (1968). - Metamorphic petrology. Mineralogical and field aspects. New-York, Mac Graw Hill Cie, 403 p.
- VILJOEN M.J., VILJOEN R.P. (1969). - Evidence of the existence of a mobile extrusive peridotitic magma from the Komati Formation of the Onverwacht group. Geol. Soc. South Africa Spec. Pub. n  2, pp. 87-112.
- VISHNEVSKAYA Yu-Ye. (1977). - Laws of metasomatic mineralisation in nickel-bearing ultrabasic rocks of Pechenga. Internat. Geol. Rev. vol 20, n  11, pp. 1293-1301, fig. 2, tabl. 4, bibl. (14). Trans. : All. Union Sci. Res. geol. Inst. (VSEGEI). Lakonomernosti metasomaticheskogo mineraloobrazovaniya v bikelenosnykh giperbazitakh Pechengi, Vses. Mineralog. Obsch. Zapiski, n  3, pp. 291-301.
- WINGLER H.G.F. (1965). - Petrogenesis of metamorphic rocks. Verlag, Ed. Sringer 220 p.
- YACE I. (1976). - Le volcanisme éburnéen dans les parties centrales et méridionales de la chaîne précambrienne de FETTERKO en Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat es-Sciences, Fac. Sc. Abidjan, n  34.
- ZANONE L. (1970 a). - Exemple de traitement par analyse de grappes (fichier de minéralisation) et par analyse factorielle (analyses chimiques). Fiche régionale de minéralisation (R.C.I.). PARIS-ENSM Centre Info. géologique. Rapp. fin de stage, Fontainebleau.

REGNOULT J. M. (1978 c). - Mission régionale de Korhogo, 1er oct. 1977 - 22 mai 1978. Rapport de fin de campagne du projet cuivre - nickel sulfurés Nord Côte d'Ivoire. Objectif, organisation, activités et coût. Abidjan, SODEMI, sept. 1978, n  446, 12 p., 2 fig., 7 tabl., 12 ann.

BROCHE J., STEFFANN L. (1971). - Méthodes d'analyses chimiques. Abidjan, SODEMI, n  268, 2 t. Ronéot.

LISTE DES FIGURES

Figure		page
1	Carte tectonique simplifiée de l'Afrique	15
2	Situation géographique et géologique des travaux antérieurs	19
3	Carte géologique de Côte d'Ivoire (C.I.)	20
4	Graphique de séquence des sols dans le Nord de la C.I.	22
5	Diagramme $Al/3 - K - Al/3 - Na$	28
6	Komatiite péridotitique à joints polyédriques.	31
7 et 8	Spinifex de coulée komatiitique	31
9	Courbes d'isosignification Co/Ni . WEMELHORO.	32
10	Granulométrie des coulées	33
11	Coupe de coulées à 2 zones de POUNDIALI	34
12	Fractures en croissants de lune	34
13	Schlieren	34
14	Log schématique de 3 types de coulées péridotitiques	35
15	Mégacoussin	38
16	Spinifex en forme de "patte d'oie"	44
17	A.C.P.N. majeurs 111 analyses "anonymes"	57
18	Carte des ultrabasites de l'intragéosynclinal de la Bagoé	59
19	Répartition des unités birrimiennes	59
20	Diagramme des coefficients d'accumulation : V, Cr, Co, Ni, Cu	65
21	Métavulcanites du magmatisme initial	65
22	Diagrammes $TiO = f(CaO/TiO_2)$ et $TiO_2 = f(Al_2O_3/TiO_2)$	67
23	Diagramme $Al_2O_3 - (Na_2O + K_2O)$ de roches basaltiques de Kuno	72
24	Diagramme A. F. M.	72
25	Diagramme de Yoder et Tilley	72
26	Diagramme de Fontelles : $Al_2O_3 - FeO - MgO$	74
27	Diagramme $CaO - MgO$	77
28	Diagramme $Al_2O_3 - MgO$	77
29	Diagramme $CaO/Al_2O_3 - MgO$	77
30	Diagramme $Al_2O_3 - FeO^*/(FeO^* + MgO)$	79
31	Diagramme $CaO - Al_2O_3 - MgO$	79
32	Diagramme Ni ou $Cr = f(MgO)$ voie humide	80
33	Diagramme Ni ou $Cr = f(MgO)$ absorption atomique	80
34	Diagramme Ni ou $Cr = f(MgO)$	81
35	Diagramme $Co = f(MgO)$	82
36	Diagramme $Cr - Ni$	82
37	Diagramme R 1 - R 2 (de LA ROCHE)	85
38	Diagramme $Fe -$ degré d'oxydation	92
39	Espace F 1 - F 2	92
40	Espace F' 1 - F 2	} Eléments majeurs
41	Espace F 1 - F 3	
42	Espace F 1 - F 4	
43	Espaces F 1 - F 2, F 1 - F 3, F 2 - F 3 des traces	
44	Espaces F 1 - F 2, F 1 - F 3, F 1 - F 4, F 2 - F 3 des traces	96
45	Espace F 1 - F 2	98
46	Espace F 1 - F 2 des traces des 157 roches	99
47	Espace F 1 - F 2 des traces des 103 roches	102
48	Concentrés de batées	106

Figure		page
49	Pourcentages de minéraux en place dans les alluvions	106
50	Diagramme $(Ca + Na + K) = f(Fe^{2+} + Fe^{3+}) \times 10$	113
51	Diagramme $TiO_2 - MgO$	113
52	Diagramme $(Ca + Na + K) - (Fe^{2+} + Fe^{3+}) - Mg$	113
53	Diagramme $Zn - Cr$	116
54	Carte géologique et magnétométrique - KATANRHA	122
55	Carte magnétométrique et géochimique (Ni - Cr) - KA.	123
56	Carte magnétométrique - SYEMPURGO	125
57	Carte géologique - SY.	125
58	Coupe géologique - SY.	126
59	Coupes et profils géochimiques des puits - SY.	127
60	Carte magnétométrique - TYASSO	128
61	Cartes magnétométriques et géochimique (Ni - Cr) TY.	130
62	Carte géologique TY.	132
63	Cartes géologique et magnétométrique - NATORO	135
64	Carte d'isoteneurs Ni - Cr - NA.	133
65	Cartes géologique, magnétométrique et géochimique - NA.	138
66	Profil magnétométrique et géochimique - NA.	138
67	Carte géologique et magnétométrique - NA.	138
68	Cartes magnétométrique et géologique - POUNDIALI	141
69	Carte d'isoteneurs Ni - Cr - PO.	142
70	Cartes et profils magnétométrique et géochimique (Ni - Cr) - PO.	144
71	Carte géologique interprétée - PO.	146
72	Carte magnétométrique - WEMELHORO	148
73	Profils magnétométrique et géochimique (Ni - Cr) - WE.	149

LISTE DES TABLEAUX

Tableau		
1	Références des demandes d'analyses et des rapports	12
2	Inventaire des dosages en sols et roches	12
3	Géochimie : "stream-sediment"	13
4	Géochimie : roches , A. T. et A. S. T.	13
5	Géochimie : sols de puits éluvionnaires	14
6	Géochimie : sols résiduels superficiels , A. T.	14
7	Classification des roches éruptives. Paramètres CIPW - LACROIX	40
8	Classification pétrochimique CIPW - LACROIX	40
9	Résultats des diffractogrammes	48
10	31 analyses majeurs par voie humide : \bar{X} et σ .	89
11	Dosages traces par spectrométrie d'absorption : \bar{X} et σ .	89
12	Matrice de relation entre éléments majeurs	90
13	Matrice de relation entre éléments majeurs	90
14	Matrice de relation entre éléments traces	90
15	Matrice de relation entre éléments traces	90
16	Matrice des coefficients de corrélation	91
17	Teneurs moyennes : Cu, Pb, Zn, Co, Ni, Cr, Mn	102
18	Comparaison des groupes génétiques dans les batées	107
19	Statistique de la prospection magnétique au sol.	120

LISTE DES PLANCHES

Planche		page
1	Aperçu géographique de la Côte d'Ivoire	16
2	Textures fluidales dans les coulées komatiitiques	51
3	Bulles dans les coulées	54

LISTE DES ANNEXES

Annexe		
1	31 analyses chimiques de majeurs recalculées à 100	
2	31 analyses chimiques de majeurs	
3	103 dosages de traces : Cu, Pb, Zn, Co, Ni, Cr, Mn	
4	157 dosages de traces : Cu, Co, Ni, Cr, Fe, Mg	
5	111 analyses chimiques de majeurs	
6	A.C.P.N. Contributions des facteurs	
7	Textures de spinifex	} micro-photographies
8	Textures fluidales	
9	Textures de cumulats	

TABLE DES MATIERES

AVANT-PROPOS	
AVERTISSEMENTS	1
GLOSSAIRE DES DEFINITIONS	2
GLOSSAIRE DES UNITES , ABREVIATIONS ET SYMBOLES	3

CHAPITRE I

PREMIERE PARTIE : LIMINAIRES

1. CADRE ET BUT DE L'ETUDE	5
2. HISTORIQUE DU PROJET	5
3. TECHNIQUES ET METHODES	5
3.1. Données antérieures	5
3.2. Les moyens logistiques en brousse	6
3.3. La prospection : organisation et techniques	6
3.3.1. Organisation	
3.3.2. Techniques utilisées et traitement des échantillons	
4. VALIDITE DES OBSERVATIONS ET DES RESULTATS	9
4.1. Le terrain	9
4.2. Le problème de l'altération des roches	10
4.3. La géochimie	10
4.4. La magnétométrie	10
5. STATISTIQUES DES TRAVAUX	11

DEUXIEME PARTIE : GENERALITES

1. LA COTE D'IVOIRE	15
1.1. Le pays	15
1.2. La géographie humaine	15
2. LA GEOLOGIE	15
3. SITUATION DES SECTEURS D'OPERATIONS.....	17
3.1. Géographie	17

3.2. Géologie	21
3.2.1. Secteurs de BOUNDIALI: KATHANRA, SYEMPURGO, TYASSO	
3.2.2. Secteurs de NIELLE : WEMELHORO, POUNDIALI, NATORO	

CHAPITRE II

PREMIERE PARTIE : LES OBSERVATIONS

1. GEOLOGIE	27
2. LES CRITERES DE TERRAIN	27
2.1. Généralités	27
2.2. Arguments en faveur de la nature effusive des komatiites	28
3. DESCRIPTIONS DES PRINCIPAUX TYPES DE COULEES	30
3.1. Les coulées massives	30
3.2. Les coulées à deux zones avec une zone à spinifex bien développée	30
3.3. Les coulées en mégacoussins	35
3.4. Les coulées métapicritiques à coussinets	36
3.5. Autre modèle	36
4. RESUME DES CRITERES PERMETTANT L'IDENTIFICATION DES OCCURRENCES KOMATIITIQUES	37

DEUXIEME PARTIE : PETROGRAPHIE - METAMORPHISME

1. CHOIX D'UNE CLASSIFICATION	39
2. DESCRIPTION DES FACIES	41
2.1. Premier groupe : les roches éruptives hétéromorphes feldspathiques	41
2.1.1. Premier ensemble : les gabbros andésitiques	
2.1.2. Deuxième ensemble : les mélagabbros	
2.2. Deuxième groupe : les roches aphanéritiques feldspathiques	45
2.2.1. Premier ensemble : les roches mésocrates	
2.2.2. Deuxième ensemble : les roches mélanocrates	
2.2.3. Troisième ensemble : les roches aphanéritiques quartzo-feldspathiques	
3. LA TOURMALINISATION	47

4. CONCLUSION SUR LA PETROGRAPHIE ET LE METAMORPHISME	47
4.1. Observations	47
4.2. Discussion bibliographique	49
4.3. Comparaisons avec le reste de la Côte d'Ivoire	49

TROISIEME PARTIE : DYNAMISME ET MAGMATOGENESE
DES KOMATIITES

1. La texture fluidale	50
2. Cristaux déformés	50
3. Spinifex	50
4. Bulles	52
5.4.1. Moment de la formation des bulles	
5.4.2. Observations	
5.4.3. Critiques sur ces considérations	
5. Conclusion sur le dynamisme des coulées komatiitiques .	55

QUATRIEME PARTIE : CADRE GEOTECHNIQUE DE MISE EN
PLACE DES KOMATIITES IVOIRIENNES

1. DONNEES ANTERIEURES	56
1.1. Généralités	56
1.2. Cadre tectonique des roches vertes birrimiennes	56
1.2.1. Système géosynclinal	
1.2.2. Tectonique des plaques	
1.3. L'océanisation	58
2. APPORTS DU PRESENT TRAVAIL	58
2.1. Probabilité d'existence d'autres komatiites "birrimiennes"	58
2.1.1. En Côte d'Ivoire	
2.1.2. En Afrique de l'Ouest et en Amérique du Sud	
2.2. La ceinture de roches vertes de BOUNDIALI	60
2.3. Relation socle - ceinture	61
2.4. Choix d'un modèle : volcanique ou orogénique	62
2.4.1. Modèle volcanique	
2.4.2. Modèle orogénique	
2.5. Comparaisons avec d'autres occurrences komatiitiques dans le monde	66
2.6. Conclusion	66

CHAPITRE III

PREMIERE PARTIE : GEOCHIMIE

1. CHIMISME DES COULEES U. M. ET DES ROCHES ASSOCIEES ..	69
1.1. Avertissement	69
1.2. Classification géochimique	69
1.2.1. Rppels et observations	
1.2.2. Les diagrammes de Kuno et de Yoder et Tilley	
1.2.3. Diagramme A. F. M. de Wager et Deer	
1.2.4. Diagramme de Fonteilles	
1.2.5. Diagrammes CaO-MgO et Al ₂ O ₃ -MgO	
1.2.6. Diagramme CaO/Al ₂ O ₃ -MgO	
1.2.7. Diagramme CaO-Al ₂ O ₃ -MgO	
2. STADES DE CRISTALLISATION DE LA SERIE KOMATIITIQUE ..	85
2.1. Rappels	85
2.2. La fusion partielle mantellique en équilibre	85
2.2.1. Le diagramme R 1 - R 2	
2.2.2. Commentaire du diagramme R 1 - R 2	
2.3. Cristallisation fractionnée d'accumulation	86
2.4. Assimilation polybarique	87

DEUXIEME PARTIE : GEOSTATISTIQUES

1. COMMENTAIRE DES TABLEAUX DES MOYENNES ET DES ECARTS TYPES DES DOSAGES EN ROCHES	88
2. EXPLICATIONS DES MATRICES DES FACTEURS DE RELATION ENTRE LES VARIABLES	88
2.1. Comparaisons des matrices des éléments majeurs entre elles	88
2.2. Interprétation des matrices de corrélation entre les majeurs	93
2.3. Comparaison des traces et de Fe-Mg	95
2.4. Conclusions	97
3. EXPLICATION DES MATRICES DE FACTEURS DE RELATIONS ENTRE LES OBSERVATIONS (ECHANTILLONS)	98
3.1. Commentaires des matrices de 31 échantillons des opérations dosés pour les majeurs	98
3.2. Commentaires des matrices de 103 et 157 échantillons des opérations dosés pour les traces	99
3.2.1. Lot de 157 échantillons dosés pour Cu, Co, Ni, Cr, Fe, Mg	
3.2.2. Lot de 103 échantillons dosés pour Cu, Pb, Zn, Co, Ni, Cr, Mn	
3.2.3. Conclusions	

CHAPITRE IV

METALLOGENIE

1. MINERALOGIE	105
1.1. Résultats des concentrés de batées	105

1.2. Caractéristiques de chaque opération	105
1.3. Teneurs moyennes en minerais des roches	108
2. METALLOGENIE	108
2.1. Indices connus	108
2.1.1. à 2.1.8. Magnétite, Chromite, Tourmaline, Pyrite, Cinabre, Barytine, Asbeste, Or	
2.1.9. Tableau récapitulatif des indices connus	
3. POSSIBILITES D'EXISTENCE DE GITES DE NICKEL SULFURE ..	112
3.1. D'après les résultats des dosages	112
3.2. D'après les critères pétrochimiques	112
3.2.1. Coefficient de ferricité F, coefficient d'Osborn et diagramme TiO ₂ - MgO	
3.2.2. Diagrammes Mg - Fe ²⁺ + Fe ³⁺ - Ca + Na + K et (Ca + Na + K) x 10 -- (Fe ²⁺ + Fe ³⁺) x 10	
3.2.3. Conclusions	
3.3. D'après les critères pétro-métallogéniques	114
3.4. "Favorabilité" de quelques opérations	115
3.4.1. Tyasso	
3.4.2. Wemelhoru	
4. TYPES DE GISEMENTS EVENTUELS DE NICKEL SULFURE ..	117
5. CEINTURE AURIFERE ET CEINTURE VERTE	118

CHAPITRE V

MAGNETOMETRIE - GEOLOGIE - GEOCHIMIE EN SOLS : ANALYSES et INTERPRETATIONS

1. AVERTISSEMENT	119
2. RAPPELS	119
3. REMARQUE SUR LES PROPRIETES MIGRATOIRES DES ELEMENTS DANS LES SOLS SUPERFICIELS	121
4. KATHANRA : Descriptions et interprétations des anomalies ...	124
5. SYEMPURGO	124
5.1. Description des anomalies	124
5.2. Interprétation des anomalies	124
5.3. Géochimie en sol	127
6. TYASSO	127
6.1. Description des anomalies	127
6.2. Interprétation des anomalies	129
6.2.1. à 6.2.5. Anomalies I à V	
6.3. Remarques sur le secteur	134
7. NATORO	136
7.1. Description des anomalies	136
7.2. Interprétation des anomalies	136
7.2.1. Anomalies magnétiques	
7.2.2. Anomalies magnétiques et géochimiques	
7.2.3. Minéralisation	
7.3. Conseils pour la prospection	137

Pourcentages pondéraux.

8. POUNDIALI	140
8.1. Description des anomalies	140
8.1.1. à 8.1.4. Anomalies I à IV	
8.2. Interprétation des anomalies	142
8.2.1. à 8.2.4. Anomalies I à IV	
8.3. Etude structurale	145
8.4. Conseils pour la prospection	145
9. WEMELHORO	147
9.1. Introduction	147
9.2. Magnétométrie	147
9.2.1. Description	
9.2.2. Interprétation	
9.3. Conseils pour la prospection	153
CONCLUSIONS GENERALES	155
BIBLIOGRAPHIE	159
LISTE DES FIGURES	163
LISTE DES TABLEAUX	164
LISTE DES PLANCHES	165
LISTE DES ANNEXES	165

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO*	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO
WE - 32	48.98	15.48	8.54	12.07	12.56	1.43	.20	.57	.01	.16
WE - 36	55.30	4.57	9.58	28.40	1.19	.06	.03	.64	.01	.20
WE - 44	41.31	3.69	14.03	39.72	.64	.01	.01	.36	.01	.22
WE - 55	42.26	5.95	13.00	34.62	3.14	.22	.04	.56	.01	.19
WE - 57	55.49	3.52	13.30	25.50	1.07	.07	.04	.64	.01	.35
WE - 59	49.06	6.81	11.09	24.01	7.85	.11	.01	.68	.01	.37
WE - 83	52.11	2.64	11.10	32.00	1.22	.07	.01	.54	.01	.29
WE - 88	42.69	6.93	12.94	32.75	3.74	.13	.04	.56	.01	.21
KA - 16	48.99	14.98	14.30	8.17	10.40	1.63	.08	1.24	.01	.21
KA - 25	51.08	7.76	12.36	27.25	.61	.02	.01	.70	.01	.21
KA - 26	47.72	8.10	11.33	24.83	7.06	.05	.03	.64	.01	.21
KA - 29	45.30	12.05	13.81	19.22	7.33	.75	.10	1.18	.01	.25
KA - 31	48.47	6.90	11.32	23.96	8.39	.07	.04	.64	.01	.20
KA - 43	47.27	9.01	20.90	20.38	.62	.02	.03	1.41	.01	.34
KA - 69	47.77	7.21	15.45	21.05	7.11	.06	.04	1.07	.01	.22
NA - 14	50.88	11.31	9.72	18.99	6.17	1.97	.12	.64	.01	.20
NA - 20	47.38	10.20	11.30	24.04	6.10	.11	.04	.61	.01	.21
PO - 18	45.78	6.83	15.29	30.61	.61	.04	.01	.55	.01	.26
PO - 27	48.97	16.51	9.19	8.97	13.13	1.99	.20	.86	.01	.17
PO - 35	48.71	13.73	17.38	18.54	.63	.03	.03	.67	.01	.27
TY - 83	51.54	10.19	12.91	9.04	14.38	.45	.15	.78	.37	.18
TY - 88	51.26	14.16	14.15	6.67	10.43	1.68	.29	.99	.20	.17
TY - 95	51.35	15.78	12.43	5.12	12.15	1.76	.23	.83	.20	.18
TY -102	49.26	13.81	12.89	10.66	10.58	1.32	.31	.80	.17	.19
TY -113	46.57	11.39	13.60	17.06	9.55	.72	.16	.55	.20	.19
TY -114	46.19	11.31	13.71	18.82	8.38	.36	.10	.73	.20	.19
TY -127	45.93	10.99	13.63	17.55	10.19	.50	.11	.73	.17	.19
TY -135	46.52	10.14	13.12	21.20	7.12	.67	.13	.68	.20	.21
TY -140	45.42	8.95	15.05	22.05	7.29	.09	.04	.69	.21	.21
TY -141	48.53	12.44	12.66	11.62	11.12	2.17	.52	.54	.20	.19
TY -151	53.54	13.40	10.77	9.56	9.31	1.84	.27	.96	.20	.16

Les traces sont équivalentes à .01% en poids.

ANNEXE 2

Composition chimique des roches méta-ultramafiques et métamafiques du Centre Nord de la COTE D'IVOIRE, BOUNDIALI et NIELLE.

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	FeO total	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	P.F.
WE- 32	48.04	15.18	2.07	6.51	8.37	11.84	12.32	1.40	.20	.56	t	.16	1.85
WE- 36	51.87	4.29	4.55	4.89	8.98	26.64	1.12	.06	.03	.60	t	.19	5.25
WE- 44	36.26	3.24	9.58	3.69	12.31	34.86	.56	.01	.01	.32	t	.19	10.67
WE- 55	37.67	5.30	5.34	6.78	11.59	30.86	2.80	.20	.04	.50	t	.17	9.65
WE- 57	51.87	3.29	3.41	1.26	12.43	23.84	1.00	.07	.04	.60	t	.33	5.08
WE- 59	46.35	6.33	3.89	6.33	10.33	22.63	7.42	.10	.01	.61	t	.35	7.75
WE- 83	47.91	2.33	6.55	1.32	11.21	29.11	1.12	.06	.01	.51	t	.27	6.53
WE- 88	35.37	6.23	4.52	7.22	11.63	29.11	3.33	.12	.01	.50	t	.19	3.21
KA- 16	47.50	14.52	5.41	5.00	13.87	7.92	10.08	1.58	.08	1.20	t	.20	2.44
KA- 25	46.79	7.11	5.70	6.19	11.32	24.96	.56	.02	.01	.64	t	.19	7.20
KA- 26	44.59	7.57	2.86	8.01	10.58	23.20	6.60	.05	.03	.60	t	.20	6.22
KA- 29	42.23	11.23	3.97	9.30	12.87	17.92	6.83	.70	.09	1.10	t	.23	6.12
KA- 31	45.32	6.45	2.90	7.97	10.58	22.40	7.84	.07	.04	.60	t	.19	5.60
KA- 43	42.82	8.18	15.34	5.13	18.94	18.46	.56	.02	.03	1.28	t	.31	7.32
KA- 69	44.67	6.74	5.35	9.63	14.44	19.68	6.65	.06	.04	1.00	t	.21	5.36
NA- 14	47.79	10.62	3.14	6.30	9.13	17.84	5.80	1.85	.11	.60	t	.19	5.31
NA- 20	43.79	9.43	4.25	6.62	10.44	22.22	5.64	.10	.04	.56	t	.19	6.70
PO- 18	41.87	6.25	9.98	5.00	13.98	28.00	.56	.04	.01	.50	t	.24	7.34
PO- 27	48.02	16.19	4.31	5.13	9.01	8.80	12.88	1.95	.20	.84	t	.17	1.55
PO- 35	43.62	12.29	13.56	3.36	15.56	16.60	.56	.03	.03	.60	t	.24	8.42
TY- 83	50.19	9.92	6.97	6.30	12.57	8.80	14.00	.44	.15	.76	.36	.18	1.81
TY- 88	49.82	13.76	6.57	7.84	13.75	6.48	10.14	1.63	.28	.96	.19	.17	2.12
TY- 95	49.76	15.29	7.68	5.13	12.04	4.96	11.77	1.71	.22	.80	.19	.17	1.68
TY-102	46.93	13.16	5.34	7.47	12.28	10.16	10.08	1.26	.30	.76	.16	.18	4.01
TY-113	43.68	10.68	5.10	8.17	12.76	16.00	8.96	.68	.15	.52	.19	.18	5.22
TY-114	43.19	10.58	4.54	8.73	12.82	17.60	7.84	.34	.09	.68	.19	.18	5.83
TY-127	42.92	10.27	5.32	7.95	12.74	16.40	9.52	.47	.10	.68	.16	.18	5.35
TY-135	43.89	9.57	4.30	8.51	12.38	20.00	6.72	.63	.12	.64	.19	.20	5.12
TY-140	41.36	3.25	5.40	9.01	13.87	20.32	5.72	.08	.04	.64	.19	.19	6.80
TY-141	46.43	11.90	7.00	5.81	12.11	11.12	10.64	2.38	.30	.52	.19	.18	3.05
TY-151	51.52	12.89	4.92	5.94	10.37	9.20	8.96	1.77	.26	.92	.19	.15	3.32

t, traces ; PF, perte au feu à 1000°C

Table with columns for element symbols (Cu, Pb, Zn, Co, Ni, Cr, Mn) and numerical values for various samples (TY 75, TY 76, etc.).

Cu Pb Zn Co Ni Cr Mn

Table with columns for element symbols (Cu, Co, Ni, Cr, Fe, Mg) and numerical values for various samples (TY 78, TY 79, etc.).

Analyses chimiques de 111 individus "anonymes"

échantillon	Si	Al	Fe	Mg	Ca	Na	K	Ti	Mn
UK 17	46.10	6.00	9.43	20.90	5.50	1.20	0.00	1.10	1.00
UK 2	37.54	2.30	6.84	34.77	1.70	0.90	0.01	1.20	0.00
UK 300	41.70	0.31	11.07	20.61	3.92	1.28	0.10	1.46	0.23
UK 387	54.32	4.50	4.80	28.22	1.40	0.25	0.01	1.13	0.11
UK 400	1.90	6.32	73.34	1.60	0.60	0.20	0.01	1.50	0.00
UK 470	42.23	6.22	6.18	24.55	0.45	0.28	0.01	1.40	0.22
VG 22	48.00	14.10	11.64	11.25	7.90	1.00	0.07	1.80	0.20
VG 31	47.50	16.52	10.58	10.70	8.20	1.80	0.10	1.70	0.12
VG 36	55.60	16.50	7.69	6.70	4.15	3.90	0.05	1.75	0.10
VG 48	56.95	16.72	6.57	7.85	3.80	3.50	1.00	1.65	0.10
VG 54	48.00	13.20	13.56	10.95	7.25	1.70	0.15	1.35	0.20
VG 59	43.20	13.30	10.42	7.95	6.50	2.50	0.35	1.75	0.12
VG 61	65.95	12.72	5.43	3.20	1.85	5.85	0.45	1.50	0.23
VG 82	66.05	13.40	4.54	3.15	1.80	6.20	0.45	1.47	0.06
VG 2	51.60	16.20	9.19	9.15	6.75	2.60	0.70	1.68	0.13
VG 7	47.95	13.62	12.14	11.05	8.35	2.15	0.25	1.80	0.20
VG 8	47.25	14.20	12.48	11.05	8.30	2.20	0.20	1.80	0.12
VG 10	49.20	15.62	11.85	10.15	8.50	2.85	0.15	1.75	0.20
VG 12	56.00	12.82	6.46	6.40	7.85	3.45	0.65	1.80	0.10
VG 16	56.50	12.92	8.26	7.15	7.65	2.65	0.85	1.75	0.10
VG 17	56.90	13.50	8.13	7.00	7.40	2.75	0.90	1.75	0.10
VG 19	55.80	14.30	8.33	6.90	6.50	2.80	0.65	1.85	0.10
MA 307	52.40	12.50	13.50	5.50	9.45	3.15	0.65	1.35	1.00
MA 637	48.45	14.20	15.09	3.0	9.00	2.55	0.20	1.60	0.23
MA 650	52.30	16.02	9.87	3.45	6.20	3.15	1.00	1.80	0.13
QOL 656	47.40	13.12	13.99	7.70	12.60	1.40	0.10	1.00	0.20
QOL 657	49.50	16.30	11.55	4.05	11.80	2.65	0.15	1.75	0.17
WL 1	33.94	8.18	17.78	22.54	4.32	0.00	0.00	1.15	0.16
WL 2	36.07	8.14	16.41	24.22	4.86	0.00	0.00	1.19	0.14
UK 107	51.12	12.99	11.43	7.60	9.24	2.80	0.63	1.72	0.14
UK 305	49.16	13.80	12.89	7.36	10.05	2.25	0.40	1.04	0.12
UK 512	56.17	15.70	8.31	4.45	7.95	3.00	0.95	1.76	0.12
UK 517	46.77	15.50	10.19	8.80	11.80	1.90	0.27	1.52	0.16
UK 533	49.96	14.38	10.31	7.60	12.05	2.05	0.25	1.31	0.20
UK 538	48.51	14.32	13.41	6.60	10.45	2.50	0.35	2.03	0.23
UK 539	49.11	11.48	15.97	5.92	10.08	2.96	0.25	1.31	0.05
UK 546	49.64	13.20	14.60	7.00	10.00	2.00	0.36	1.39	0.11
UK 577	48.70	15.04	14.32	5.20	10.08	2.45	0.40	1.60	0.23
UK 578	48.27	13.70	15.07	5.16	10.41	2.80	0.33	2.42	0.23
UK 595	47.79	13.09	15.89	7.22	9.85	2.20	0.36	1.70	0.23
UK 597	48.08	13.12	15.24	6.84	9.68	2.25	0.37	1.77	0.28
UK 599	48.75	15.00	14.33	4.60	10.13	2.60	0.44	1.66	0.22
UK 605	47.87	13.74	14.80	8.12	9.91	2.20	0.29	1.50	0.22
UK 607	48.50	13.77	12.91	3.50	10.50	2.60	0.38	2.60	0.20
UK 608	47.80	15.01	14.62	3.88	9.80	2.45	0.37	1.63	0.22
UK 609	48.59	14.96	12.54	8.16	9.85	2.20	0.53	1.32	0.22
UK 611	49.42	17.22	10.27	6.24	11.14	2.40	0.44	1.80	0.17
UK 612	50.36	14.66	10.89	9.00	10.30	2.65	0.36	1.97	0.12
UK 625	52.60	13.18	9.97	6.96	10.45	2.65	0.83	1.35	0.17
UK 628	52.13	14.38	11.43	6.36	9.91	2.20	0.56	1.48	0.16
UK 630	51.60	13.94	9.63	6.16	10.36	2.38	0.75	1.35	0.15
UK 636	52.65	12.24	12.14	3.56	9.74	2.70	0.93	1.45	0.17
UK 638	51.65	13.80	10.70	7.05	10.30	2.26	0.60	1.45	0.12
UK 639	52.17	14.04	10.55	6.54	9.71	2.42	0.94	1.51	0.18
UK 644	51.40	14.60	10.27	7.50	11.20	2.18	0.60	1.17	0.12
UK 645	52.05	14.62	10.75	6.60	10.50	2.16	0.56	1.27	0.15
NE1 13	50.25	17.87	12.19	3.43	7.89	2.59	0.41	1.77	0.20
NE1 25*	50.33	16.07	11.67	4.01	8.96	2.95	0.88	1.35	0.19
NW4 438	52.88	14.87	14.29	3.22	8.04	3.21	0.50	1.40	0.10
OCL 86	46.37	14.94	17.78	6.00	10.25	1.72	0.09	1.29	0.03
OCL 88	53.28	16.32	8.53	7.67	10.26	1.85	0.06	1.17	0.06
OCL 89	48.49	26.60	3.28	4.46	12.32	2.13	0.31	1.04	0.00
OCL 89	47.84	14.80	15.34	3.89	10.95	1.25	0.18	0.90	0.22
SW3 58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.85	0.41	1.28	0.00
NE13072	50.11	17.20	12.51	3.12	7.66	2.45	1.88	1.72	0.00
NE1 16	48.57	17.29	11.95	4.00	8.96	2.78	1.20	1.30	0.17
NE1405J	47.35	17.83	11.48	4.65	10.22	2.36	0.75	1.13	0.14
NE1272	53.38	13.89	14.14	3.05	7.96	2.95	0.18	1.51	0.03
NE1 33	49.97	13.67	13.09	2.88	6.27	3.35	0.85	1.58	0.23
NE1 19	54.48	13.78	11.93	2.40	7.39	2.93	0.95	1.60	0.19
NE1 24*	52.20	13.92	13.45	3.20	4.70	3.03	0.18	1.55	0.22
NE1 34*	53.93	14.06	14.15	3.04	3.36	3.63	0.45	1.43	0.24
NE1 28*	52.41	13.80	14.25	2.68	8.06	3.90	0.20	1.40	0.12
NW2 29	55.13	17.13	11.73	2.03	7.20	3.28	0.25	1.56	0.07
NE2 17	52.92	14.89	12.25	3.10	7.97	2.70	0.60	1.81	0.02
UK 651	50.98	14.19	16.10	3.42	7.37	2.44	0.18	1.93	0.03
UK 651	49.55	13.58	10.53	8.52	11.98	2.15	0.32	1.32	0.10
UK 671	50.26	13.04	13.62	7.08	10.52	2.10	0.18	1.06	0.20
UK 673	53.37	14.32	8.35	7.60	9.74	3.40	0.43	1.45	0.12
UK 685	48.65	14.01	13.44	6.52	11.03	2.70	0.45	1.18	0.20
UK 690	48.23	14.54	13.33	7.84	10.47	1.40	0.15	1.66	0.21
UK 697	48.27	14.00	13.45	7.44	10.86	1.95	0.20	1.21	0.21
UK 703	47.63	12.62	14.63	7.40	10.30	3.00	0.59	1.60	0.16
AV 95	47.80	14.87	15.81	5.80	9.60	2.50	0.43	1.38	0.15
ZAN 2	50.00	14.32	10.43	7.62	12.32	2.10	0.33	1.21	0.15
NE3 8J	53.78	15.43	13.41	3.00	5.88	3.57	0.63	1.36	0.18
NE1 36	47.05	17.64	11.08	4.64	2.41	2.83	0.75	1.45	0.14
NW4 26	56.59	17.13	7.52	2.11	6.08	3.38	1.76	1.80	0.07

ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES NORMEES

FACTEURS DES VARIABLES COTEIVOIRE

31 ANALYSES

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	
	5.22	1.77	1.33	0.66	0.78	0.39	0.29	0.12	0.09	0.04	0.00	0.00
SI	.50	-.41	.00	-.64	.33	-.22	-.05	-.07	-.03	.03	.01	.00
AL	-.82	-.13	-.07	-.11	-.31	-.02	-.25	-.16	-.02	-.08	-.02	-.08
FE3	-.33	-.77	-.05	-.52	-.01	-.03	-.01	-.03	-.04	-.10	.01	.00
FE2	-.32	-.67	-.01	-.13	-.12	-.10	-.12	-.14	-.02	-.08	-.01	-.08
MG	-.93	.28	-.17	-.04	-.03	.03	.13	-.06	-.04	-.04	-.04	.00
CA	.90	.23	-.08	-.02	-.11	.12	-.24	-.21	-.08	-.03	-.01	.00
NA	.86	-.15	-.17	-.16	-.30	.14	-.15	.03	.20	.07	.00	.00
K	.83	-.13	-.34	-.06	-.06	.28	-.27	-.03	-.18	-.05	-.08	.00
TI	.41	-.36	.77	.11	-.10	-.16	-.18	.13	.00	-.06	-.00	.00
MI	.62	-.08	-.24	-.42	.62	-.05	-.02	-.00	.12	-.03	-.00	.00
PH	-.50	-.49	.37	-.10	.24	.64	-.11	-.02	.05	-.03	-.00	.00

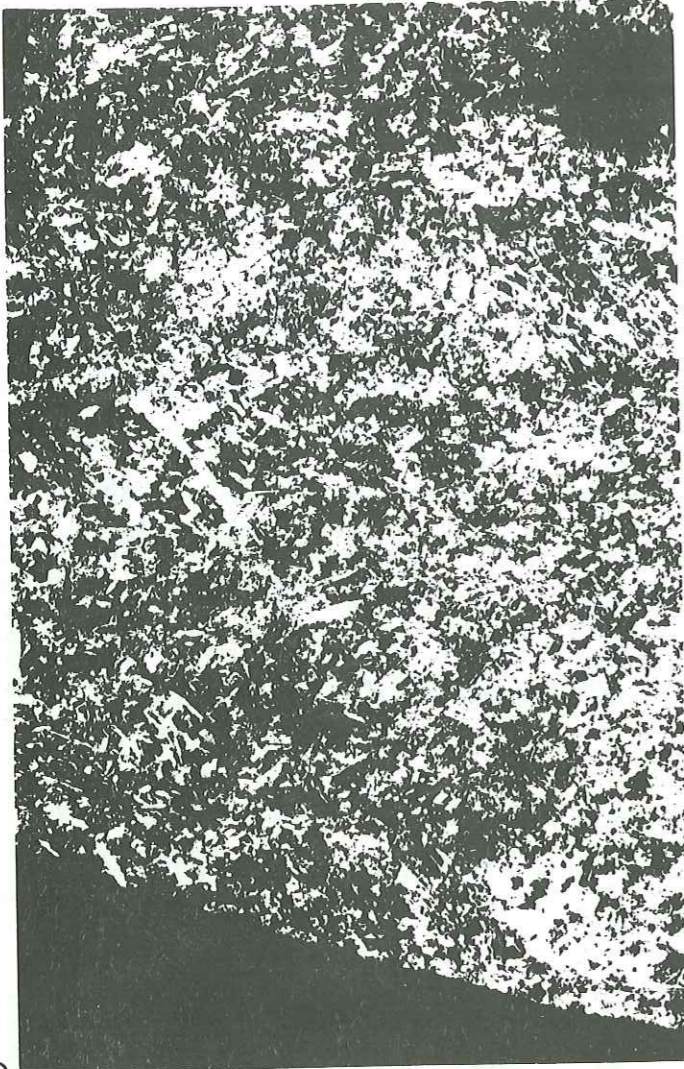
31 ANALYSES

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	
	4.75	1.74	1.09	.51	.35	.29	.21	.06	.00	.00	.00	0.00
SI	.54	-.01	.79	-.03	-.18	-.22	-.07	-.02	-.02	-.02	-.00	.00
AL	-.91	-.13	-.20	-.08	-.07	-.14	-.29	-.09	-.02	-.02	-.00	.00
FE total	-.16	-.85	-.31	-.22	-.06	-.21	-.06	-.08	-.01	-.01	.00	.00
MG	-.94	-.27	-.04	-.02	.07	-.12	-.12	-.01	-.05	-.05	.00	.00
CA	.87	-.10	.07	-.16	-.40	-.14	-.16	-.06	-.02	-.00	.00	.00
NA	.91	-.12	.02	-.18	-.12	-.31	-.02	-.13	.00	.00	.00	.00
K	.84	-.14	-.08	-.47	.06	.07	-.17	-.12	-.00	.00	.00	.00
TI	.62	-.79	.07	-.31	-.15	-.14	-.22	-.08	-.00	-.00	.00	.00
PH	-.53	.50	.51	-.27	-.52	-.18	-.02	-.02	-.00	-.00	.00	.00

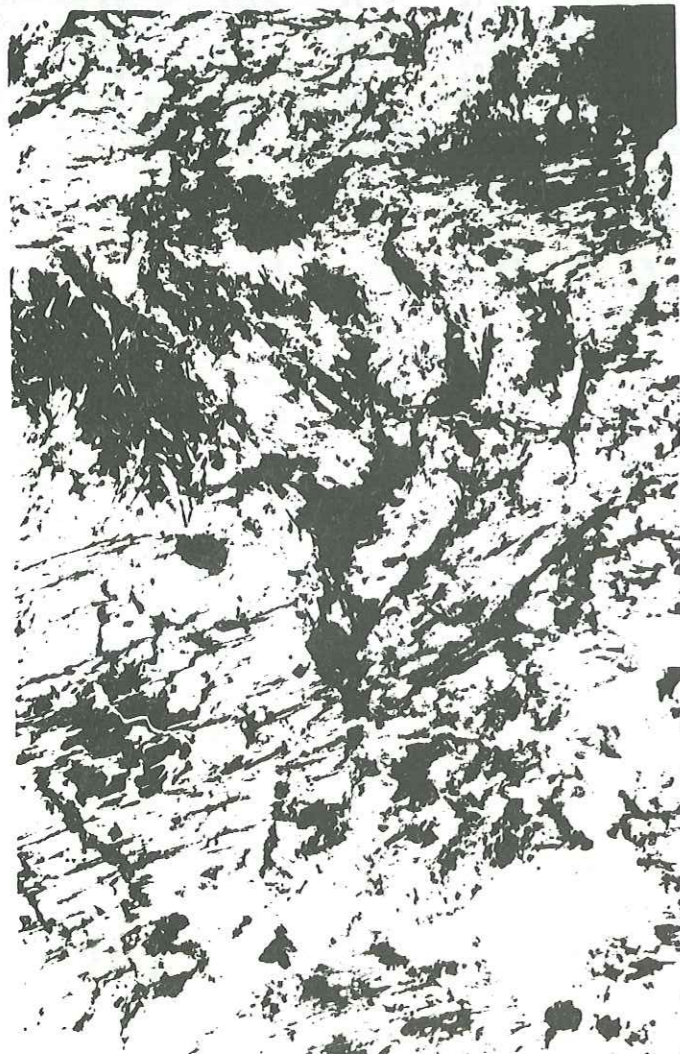
103 ANALYSES

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	
	2.30	1.65	1.65	.87	.54	.15	.10	.00	.00	.00	.00	0.00
CU	-.54	.24	.22	.85	.02	.03	.03	.00	.			

1

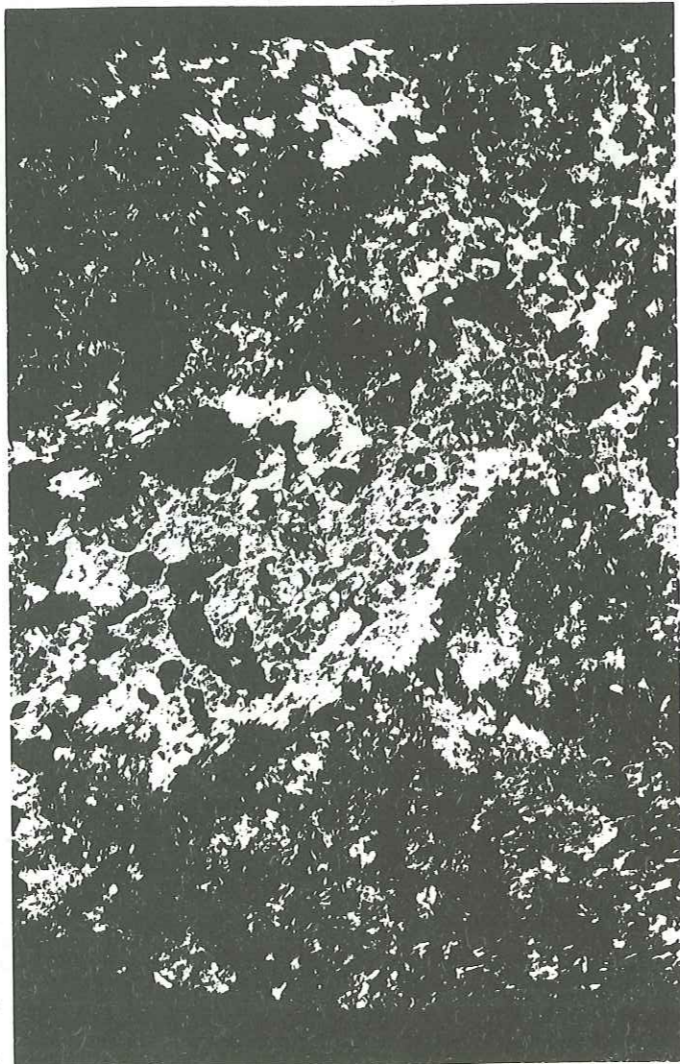


2



- Annexe : 7
- TEXTURES DE SPINIFEX
- 1) WE. 75/328 (l.m. 31 306)
L.P. x 6.3.
Komatiite péridotitique altérée en amphibole, talc, chlorite, serpentine. Des textures de spinifex aciculaires orientés au hasard sont identifiables aux alignements essentiellement composés de trémolite-chlorite. Certains spinifex dépassent 1 cm.
 - 2) WE. 44 (l.m. 35 103)
L.N. x 26 - A.C.
Harzburgite altérée. Pyroxène et olivine serpentinisés . Les aiguilles d'hématite pseudomorphoseraient des textures de spinifex soit squelettiques, soit à croissance lamellaire ("plate spinifex"). L'assemblage de ces derniers rappelle une vague stratification entrecroisée.
 - 3) WE. 55 (l.m. 35 104)
L.P. x 6.3. - A.C.
Komatiite péridotitique altérée à texture de spinifex harrisitique. Grandes plages de trémolite et de chlorite poecilitiques englobant des noyaux d'olivine serpentinisée. Les lames de trémolite peuvent pseudomorphoser des cristaux d'augite et donnent une apparence porphyrique aux affleurements.

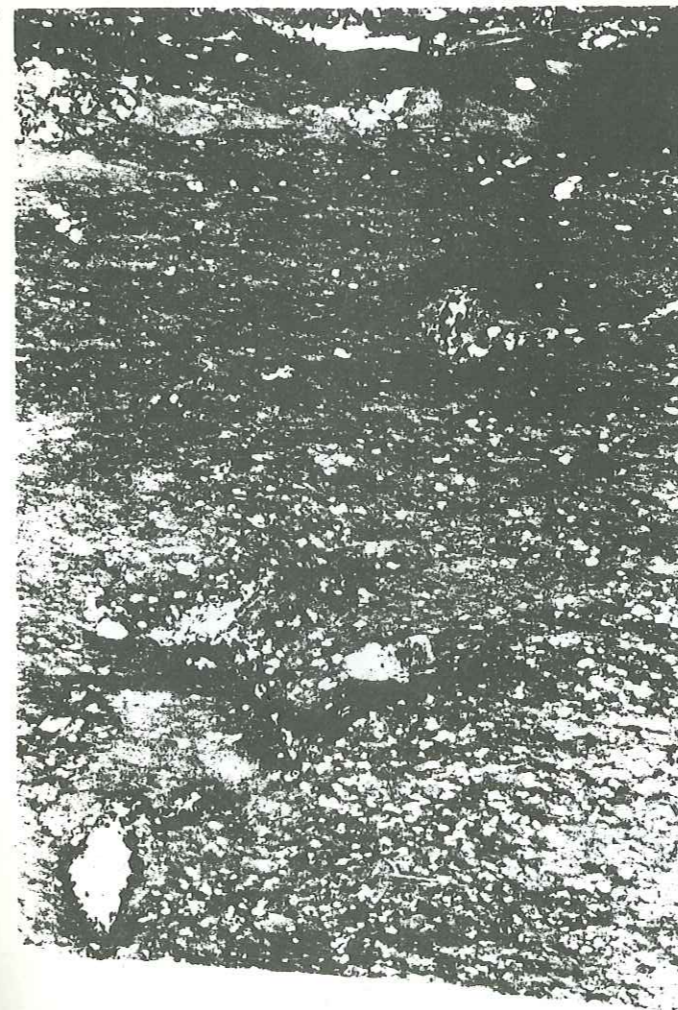
3



4



5

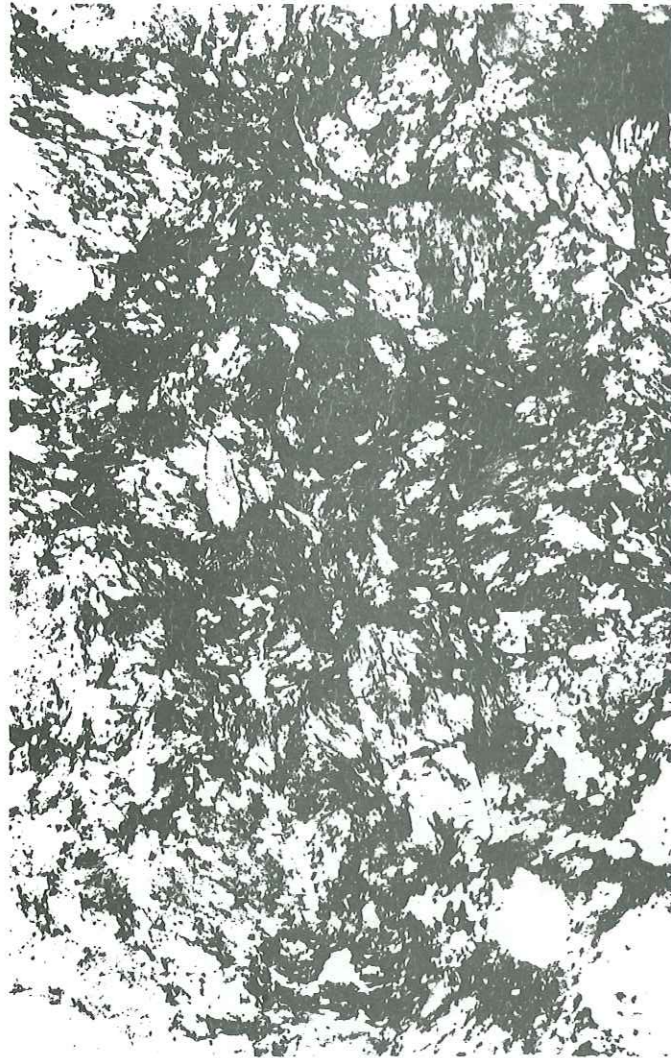
Annexe : 8

TEXTURES FLUIDALES

- 4) KA. 75/112 (l.m. 30 784)
L.P. x 6.3.
Talschiste à trémolite aciculaire dans une matrice dévitrifiée.
Les aiguilles de trémolite représenteraient d'anciens spinifex de Cpx.
- 5) KA. 25 (l.m. 35 095)
L.N. x 6.3. - A.C.
Talschiste montrant des filets laviques (en haut) et des bulles épigénisées par des oxydes et des hydroxydes de fer.
- 6) KA. 75/123 (l.m. 30 791)
L.N. x 6.3.
Talschiste à trémolite et chlorite.
Les filets laviques ou les "pseudo-flammes" sont soulignés par des oxydes et des hydroxydes ferriques. Les fines stries, surtout en haut à droite, seraient des spinifex aciculaires d'olivine serpentinisée. Les trous de la lame peuvent représenter soit des cristaux (actuellement de la trémolite), soit des bulles déformés par l'écoulement.

6

7



Annexe : 9

TEXTURES DE CUMULATS

- 7) WE. 57 (l.m. 35 176)
L.N. x 26.
Cumulat d'olivines pseudomorphosées par des amphiboles.
- 8) PO. 35 (l.m. 35 099)
L.N. x 63. - A.C.
Komatiite pyroxénitique. Assemblage de talc, mica blanc, chlorite avec des trainées ferrugineuses.
Ancien cumulat cataclasé.
Nombreux trous (bulles ?) dans la lame.
- 9) PO. 18 (l.m. 35 093)
L.N. x 26 - A.C.
Komatiite pérodotitique sans spinifex (partie inférieure).
Les cristaux d'olivine (serpentinisée) sont hypidiomorphes avec un habitus de croissance squelettique (1). La matrice est formée de Cpx et de verre dévitrifié.
Certains cumulus d'olivine arrondis ont une auréole réactionnelle de chlorite et de serpentines.
Les trous peuvent représenter d'anciennes bulles.

8



9



Dernière page d'une thèse

VU

Grenoble, le 18 Juin 1980

Le Président de la thèse

R. MICHEL

Vu, et permis d'imprimer,



Grenoble, le

Le Président de l'Université Scientifique et Médicale



D^EG. CAU