# ETUDE PÉTROGRAPHIQUE DES ROCHES MÈRES DES MINÉRALISATIONS NICKÉLIFÈRES DE SIPILOU NORD (OUEST DE LA CÔTE D'IVOIRE) : ESSAI DE CORRÉLATIONS ENTRE LES MINÉRALISATIONS ET LES ROCHES MÈRES.

# Gbele OUATTARA<sup>\*</sup>, Gnammytchet Barthélemy KOFFI et Alphonse Kouakou YAO

Département de Formation et de Recherche des Sciences de la Terre et des Ressources Minières / Laboratoire du Génie Civil, Géosciences et Sciences Géographiques de l'Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny de Yamoussoukro, BP 1093 Yamoussoukro, Côte d'Ivoire.

(Reçu le 13 Mai 2009, accepté le 29 Août 2009)

\* Correspondance et tirés à part, e-mail : gbele.ouattara@yahoo.fr

# RÉSUMÉ

Le programme de reconnaissance générale, mené par l'Etat ivoirien à travers la Société pour le Développement Minier en Côte d'Ivoire (SODEMI), a permis de déceler des indices de nickel dans l'Ouest de la Côte d'Ivoire. Ces indices constituent, aujourd'hui, le district nickélifère de Biankouma. Le Gîte de Sipilou Nord, évalué à plus de 230 millions de tonnes, constitue l'un des gisements de ce district. Les études pétrographiques effectuées sur ce gisement ne sont pas suffisantes pour établir des corrélations entre les minéralisations et les roches mères.

Dans ce travail, nous avons effectué une étude pétrographique complémentaire. Il ressort de cette étude que les roches mères des minéralisations sont essentiellement des dunites, des péridotites (harzburgites et lherzolites) et des pyroxénites. Ces résultats confirment ceux des travaux antérieurs réalisés par la SODEMI. Des essais de corrélations, effectués à la suite de l'étude pétrographique, montrent que les dunites et les péridotites sont les plus favorables à la minéralisation nickélifère. Toutefois, la concentration du nickel ne dépend pas seulement de la nature de la roche mère, mais aussi des conditions topographiques.

Mots-clés : Roches basiques et ultrabasiques, minéralisations nickélifères, Sipilou Nord, Ouest de la Côte d'Ivoire.

## ABSTRACT

## Petrographic study of the bed rocks of the nickeliferous mineralizations in Northern Sipilou (Western of Côte d'Ivoire): Correlations Test betweenMineralizations and the bed rocks

The general recognition program, carried out by the government of Côte d'Ivoire, through the Mining Development Company ("Société pour le Développement Minier en Côte d'Ivoire" - SODEMI), permits to detect nickel traces in the West of Côte d'Ivoire. These indices constitute, today, the nickeliferous district of Biankouma. The Northern Lodging of Sipilou, evaluated with more than 230 million tons, constitutes one of the ores of this district. The petrographic studies carried out on this ore are not sufficient to establish correlations between mineralizations and bed rocks.

In this work, we made complementary petrographic study. It comes out from this study that the bed rocks of the mineralizations are primarily dunites, peridotites (harzburgites and lherzolites) and pyroxenites. These results confirm those of the former work completed by SODEMI. Tests of correlations after the petrographic study, show that dunites and the peridotites are most favorable to nickeliferous mineralization. However, the concentration of nickel does not depend only on the nature of the bed rock, but also of the topographic conditions.

Keywords : Basic and ultrabasic rocks, nickeliferous mineralizations, Northern Sipilou, Western of Côte d'Ivoire.

## I - INTRODUCTION

Les travaux menés par Mathez [1], pour le compte de la Société pour le Développement Minier en Côte d'Ivoire (SODEMI), et par la compagnie Falconbridge International (Investment) Limited, ont permis de délimiter quatre principaux gîtes dans l'ouest de la Côte d'Ivoire : Sipilou Nord, Foungouesso, Moyango et Viala. Ces gîtes représentent une ressource globale de plus de 280 millions de tonnes de minerai à 1,44% de nickel et 0,11% de cobalt (à la teneur de coupure de 1% de nickel). Les gisements de Sipilou Nord, avec plus de 230 millions de tonnes, représentent la plus grande partie de cette ressource globale.

Les études pétrographiques réalisées sur les ultrabasites de la Côte d'Ivoire [2, 3] ont montré que les roches mères des minéralisations sont essentiellement des dunites, harzburgites et orthopyroxénites. Cependant, les relations qui existent entre les roches mères et la minéralisation (en ce qui concerne le taux de minéralisation) sont peu connues. D'où la nécessité de réaliser des travaux complémentaires afin de mieux établir la corrélation

entre la composition minéralogique des roches mères et la minéralisation nickélifère latéritique.

La région soumise à notre étude subit un climat tropical humide caractérisé par une pluviométrie relativement importante d'environ 1500 à 1600 mm par an. Ce climat est, localement, influencé par les reliefs montagneux des monts Dan et Toura. La région est caractérisée par une savane plus ou moins arborée, parsemée de galeries et îlots de forêts. En plaine, la plupart des cours d'eau sont bordés par une forêt galerie. Sur les latérites, nous avons, essentiellement des prairies de grandes superficies, alors que sur les massifs rocheux, situés plus en hauteur, on observe des arbustes et de grandes herbes qui les recouvrent.

La région de Sipilou (*Figure 1*) présente un soubassement constitué essentiellement d'une épaisse série de gneiss d'âge libérien (2900–2500 Ma) et d'origine tant sédimentaire que volcanique [4-8]. Ces formations ont subi un métamorphisme régional catazonal dont l'intensité varie du Sud au Nord, passant du faciès granulite (gneiss à hypersthène) au faciès amphibolites à almandin (gneiss à biotite et/ou amphiboles). Des anatexies locales, partiellement réinjectées dans les métamorphites, ont donné naissance à des charnockites d'une part, à des métadiorites et des métagabbros d'autre part. Mises en place en contexte catazonal, ces roches ont été affectées par la suite par une légère retromorphose [5, 6].

Au sein de cet ensemble, flottent des lambeaux d'amphibolo-pyroxénites et surtout des quartzites diverses (à magnétite, à grenats, à pyroxènes), probablement enracinées à faible profondeur, et montrant la même intensité que les gneiss environnants. Des plutonites basiques (gabbros, norites) se sont mises en place postérieurement dans cet ensemble sous forme d'unités d'extensions restreintes (filons, sills).

Une autre série de roches basiques à ultrabasiques, caractérisée par l'abondance de l'olivine et une forte teneur en nickel, s'est également mise en place soit sous forme de filons, soit sous forme de sills ou de petits massifs stratiformes [5, 6]. Ces intrusions sont séquentes par rapport aux formations encaissantes et leur mise en place est généralement régie par des failles. Elles sont constituées de gabbros-norites à olivine, de péridotites, de dunites et de pyroxénites montrant fréquemment une texture en cumulat.

Les bordures des massifs sont souvent caractérisées par les faciès endomorphiques de contact (amphibolites), à paragenèse "schistes verts", attestant d'une mise en place en milieu refroidi [1]. Ce sont les plus importants de ces massifs ultrabasiques qui, sous l'effet de l'altération en climat tropical prolongé, ont donné naissance au nickel latéritique du district de Biankouma. Une dernière manifestation plutonique, granitique cette fois, a provoqué la mise en place de petits massifs de granites à biotite et de filons de pegmatite recoupant toutes les roches antérieures. Cette manifestation correspond probablement à une des phases de l'orogenèse éburnéenne. L'âge de la mise en place du complexe ultrabasique, du district nickélifère de Biankouma, doit donc se situer entre la fin de l'orogenèse libérienne et le début de l'orogenèse éburnéenne.



Figure 1 : Carte géologique simplifiée du domaine archéen de Man, modifiée d'après carte géologique à 1/1000000 de la Côte d'Ivoire et les cartes de Papon [8] et de Camil [4]

Les minéralisations rencontrées dans la région de Sipilou Nord sont essentiellement nickélifères et accompagnées de cobalt. Le nickel se présente sous forme latéritique et résulte essentiellement de l'altération météorique supergène des roches basiques et ultrabasiques dans les conditions du climat tropical et subtropical. Le processus de latéritisation se traduit par la destruction des ultrabasites et le déplacement de certains éléments chimiques. La genèse de ces concentrations est liée à trois processus : (1) l'extraction du nickel des minéraux porteurs primaires, (2) le transport par des eaux de surface ou de percolation et (3) son piégeage. Le nickel, généralement associé au cobalt, se trouve dans les structures des oxydes et hydroxydes de fer (goethites, hématites, magnétites) dans l'ordre de 1 à 1,5% de nickel (Ni) dans la partie supérieure du profil d'altération, et dans la structure des minéraux silicatés (serpentines, particulièrement la garniérite), et dans le bas du profil d'altération avec des teneurs de l'ordre de 2 à 3% de Ni). Le profil d'altération type du gisement de Sipilou est indiqué dans le *Tableau 1*. Des profils similaires ont été décrits dans le centre du Brésil [9], en Nouvelle-Calédonie [10,11], au Burundi [12] et dans le Sud-Est du Cameroun [13].

**Tableau 1 :** Description des principaux faciès latéritiques du gîte de Sipilou Nord. Ce tableau est issu de la compilation de plusieurs travaux de Falconbridge, [14], de thèse [2] et de mémoire d'étudiants [15].

Faciès	Descriptions						
Faciès I	Faciès Limonitiques						
1	Horizon riche en hématite ( $Fe_2O_3 > 50\%$ ), goethite (FeO-OH), limonite. Cet horizon est de couleur rouge. Il est désagrégé et contient des galets latéritiques ferrugineux de taille variable de couleur brune						
2	Horizon riche non seulement en hématite, magnétite, mais également riche en argiles. Il est généralement de couleur brun-sombre souvent ocre ou tacheté (brun-sombre avec des points ocres). Il peut être meuble ou compact, plastique ou non. Il contient rarement des fragments avec des textures reliques granulaires. Les oxydes de manganèse y existent souvent (<2%) sous forme de revêtement de fracture ou de petites veinules						
Faciès d	le Transition						
3	Matériau latéritique constitué essentiellement d'argiles. Il est de couleur verte très sombre. C'est un matériau tendre, malléable montrant souvent des textures reliques. Il contient souvent des veinules de garniérite et presque pas de serpentine (< 2%). A ce stade de la latéritisation, la serpentine est entièrement transformée en minéraux argileux (nontronite, montmorillonite : minéraux argileux du groupe des smectites)						
4	Il présente la même composition et la même apparence que l'horizon précédant. Il a une structure friable (aréneuse, désassemblée comme le sable) et plus ou moins consolidée (quelques fragments peuvent être cassés avec un couteau)						

Faciès Saprolitique							
5	Horizon lessivé, vert pâle à brun très pâle. Il est caractérisé par une faible densité ainsi que des fragments friables (40% des fragments rocheux). On y observe souvent des filonnets de garniérite						
6	Horizon serpentinisé composé de fragments rocheux compétents avec des fractures sombres. La texture granulaire y est bien préservée. Des veinules de silice (calcédoine ou quartz), garniérite et/ou serpentine sont présents						
Autres Faciès							
7a	On y trouve des cristaux altérés baignant dans une matrice siliceuse (généralement associée à la serpentine)						
7b	Matériau basique indéterminé. Les produits d'altération sont présents dans ce matériau						
7c	Matériau felsique indéterminé. Il est constitué de produits d'altération de feldspaths (silicates blancs, kaolinite) reflétant l'origine felsique de la roche						
7d	Horizon siliceux dur brunâtre. Il est composé de quartz jaspéroïdale, calcédoine et quartz						

Les travaux menés par Mathez [1], pour le compte de la Société pour le Développement Minier en Côte d'Ivoire (SODEMI), et par la compagnie Falconbridge International (Investment) Limited, ont permis de délimiter quatre principaux gîtes dans l'ouest de la Côte d'Ivoire : Sipilou Nord, Foungouesso, Moyango et Viala. Ces gîtes représentent une ressource globale de plus de 280 millions de tonnes de minerai à 1,44% de nickel et 0,11% de cobalt (à la teneur de coupure de 1% de nickel). Les gisements de Sipilou Nord, avec plus de 230 millions de tonnes, représentent la plus grande partie de cette ressource globale.

Les études pétrographiques réalisées sur les ultrabasites de la Côte d'Ivoire [2,3] ont montré que les roches mères des minéralisations sont essentiellement des dunites, harzburgites et orthopyroxénites. Cependant, les relations qui existent entre les roches mères et la minéralisation (en ce qui concerne le taux de minéralisation) sont peu connues. D'où la nécessité de réaliser des travaux complémentaires afin de mieux établir la corrélation entre la composition minéralogique des roches mères et la minéralisation nickélifère latéritique.

# **II - MATÉRIEL ET MÉTHODES**

L'approche méthodologique de notre étude consiste en une synthèse bibliographique, suivie d'une étude pétrographique des échantillons de carottes de sondage disponibles. Les descriptions macroscopiques ont porté sur cent quarante (140) échantillons issus de plusieurs carottes. Pour mieux les décrire, il a été indispensable de procéder à leur regroupement en tenant compte d'un certain nombre de caractères macroscopiques : couleur, densité, structure et texture macroscopique, composition minéralogique. Quant aux descriptions microscopiques, elles ont porté sur une cinquantaine de lames minces, soyeusement sélectionnées après l'étude macroscopique. Ensuite, nous avons essayé de définir les liens entre les roches mères du gisement et les minéralisations nickélifères qui y sont associées. Nous avons également tenu compte des relations entre l'épaisseur minéralisée et le pourcentage en nickel (Ni) d'une part, la topographie et la minéralisation d'autre part.

# **III – RÉSULTATS ET DISCUSSION**

Les minéralisations nickélifères de la région de Sipilou se composent de deux corps : Sipilou Nord et Sipilou Sud. Au cours de la phase d'évaluation des réserves de nickel (Ni) latéritique, des sondages ont été réalisés par l'ancienne compagnie Falconbridge International (Investment) Limited, sur le site de Sipilou Nord. La presque totalité de ces sondages a atteint la roche mère saine ou faiblement altérée.

## **III-1. Travaux antérieurs**

Les travaux antérieurs, d'études pétrographiques effectuées sur les roches mères des minéralisations de Sipilou, ont été essentiellement réalisés par Mathez [1], pour le compte de la SODEMI. En effet, au cours de la mission Nickel – Biankouma, 23 sondages ont été réalisés dans un réseau de maille carré de 400 m de côté. Ces travaux ont révélé que les roches mères appartiennent toutes au groupe des ultrabasites. Ce sont des dunites, des péridotites (généralement des harzburgites), des pyroxénites et des amphibolites. Le cœur du massif est constitué presque exclusivement de dunites et ce n'est qu'au voisinage de ses bordures que les faciès à pyroxènes apparaissent en abondance. Des niveaux plus ou moins riches en pyroxènes alternent fréquemment.

Les études pétrographiques et géochimiques menées par Ouattara [2] ont également permis de confirmer la nature de ces roches. Les résultats du chimisme des minéraux de ces roches montrent que l'olivine est très magnésienne, les pyroxènes sont orthorhombiques (Enstatite – Bronzite – Hypersthène).

# III-2. Étude pétrographique

L'étude macroscopique nous a permis de déceler trois principaux groupes de roches, repartie dans différents blocs du gisement (*Figure 2*).

Le Groupe 1 renferme des échantillons de couleur verte sombre (mélanocrate), avec une texture grenue porphyroïde et une structure massive non orientée. On y trouve des phénocristaux de pyroxènes disséminés dans une matrice vert pâle (à olivine serpentinisée) et quelques minéraux d'amphiboles.

Le Groupe 2 est constitué d'échantillons de couleur mélanocrate (vert sombre à sombre) et de texture grenue moyenne à fine. Les échantillons sont constitués en majorité de pyroxènes (80 à 90%) associés à de petites veinules blanchâtres dans une matrice plus fine vert foncé (olivine). On note également la présence de quelques minéraux d'amphiboles.

Le Groupe 3 présente des échantillons avec une texture grenue plus fine que celle des groupes précédents. Les roches sont de couleurs variées, généralement vert pâle à vert très sombre. Elles sont constituées de pyroxènes dans une matrice d'olivine. On y distingue des tâches blanchâtres dues à une serpentinisation.



Figure 2 : Carte de positionnement des échantillons analysés dans cette étude pétrographique

L'étude microscopique a permit de mieux décrire les échantillons des groupes précédents. Il ressort de cette étude que les roches mères du gîte de

#### Gbele OUATTARA et al.

Sipilou Nord correspondent principalement aux dunites, harzburgites, lherzolites et, par endroits, aux pyroxénites.

Les échantillons du Groupe 1 présentent des textures d'adcumulat à mésocumulat. L'olivine subautomorphe constitue le minéral cumulus. Elle se présente sous forme de grandes plages séparées par des bandes de serpentine. Quelques cristaux de pyroxènes apparaissent dans cette masse, généralement moins de 10% (*Figure 3A*). Comme minéraux accessoires, on observe des cristaux subautomorphes à automorphes d'oxydes (magnétite, chromite ou spinelles chromifères). L'olivine montre souvent des bandes de serpentine fibreuse (chrysotile et/ou de brucite) se développant perpendiculairement à partir de cassures, avec une cristallisation concomitante de magnétite. Leur composition est celle des dunites.

Les échantillons du Groupe 2 sont à texture d'orthocumulat à mésocumulat. Le pyroxène apparaît ici en proportion notable, mais très variable (10 à 60 %), à côté de l'olivine qui est toujours fortement serpentinisée. Les cristaux de pyroxène sont parfois bordés d'amphiboles. L'olivine paraît moins serpentinisée dans ces roches que dans les dunites. Le pyroxène, généralement orthorhombique, peut se présenter sous forme de grandes plages englobant l'olivine. Les amphiboles semblent provenir de la transformation des pyroxènes (*Figure 3B*). Leur composition est celle des péridotites (harzburgites à lherzolites).

Les échantillons du Groupe 3 sont essentiellement constitués de pyroxènes toujours montrant un début de serpentinisation. Les minéraux d'amphiboles accompagnent souvent les pyroxènes (*Figure 3C*). Ces échantillons constituent les pyroxénites  $\pm$  des amphibolites.

Il ressort de cette étude pétrographique que les roches mères présentent les caractéristiques des dunites, des péridotites (harzburgites à lherzolites) et des pyroxénites  $\pm$  amphibolitisées. Elles sont cumulatives. L'olivine, très magnésienne, est principalement le minéral cumulus.

Du point de vue de la répartition de ces roches (Figure 2), nous notons que :

- le bloc Ouest est constitué essentiellement de péridotites et de pyroxénites avec, par endroits, des dunites ;
- le bloc Central est constitué, dans sa grande partie, de dunites accompagnées de péridotites et de pyroxénites, notamment sur les bordures ;
- le bloc Est et le Plateau NE sont constitués de dunites et d'harzburgites.

Ces résultats corroborent avec les travaux de Mathez (1976). Par ailleurs, il faut noter qu'en tenant compte des profondeurs minéralisées, les dunites paraissent plus profondes que les péridotites et pyroxénites. Ceci permet de suggérer que les dunites sont enveloppées par les autres roches. Une disposition similaire a été décrite dans le gîte de Samapleu (un peu plus au

sud de Sipilou; bien que les roches ne soit pas de même nature pétrographique), avec au cœur des roches ultramafiques et en bordures des roches ultramafiques à mafiques [2].



Figure 3 : Photographies montrant ; A. Dunite à texture d'adcumulat à mésocumulat avec des cristaux d'olivine (ol) parfois serpentinisés (sp) ; B. Péridotite à grand cristal de pyroxène bordé de fins cristaux d'olivine et d'amphiboles. Texture d'orthocumulat ;
C. Pyroxénite à cristaux de pyroxènes et d'amphiboles.

### **III-3. Interprétations et discussion**

Le complexe ultrabasique de Sipilou Nord présente une partie supérieure fortement attaquée par l'altération météorique. Cette altération est à l'origine de la minéralisation qui résulte de la déstabilisation des olivines (et éventuellement les pyroxènes) et de la concentration du nickel (Ni) dans les latérites. L'étude pétrographique à révélé la nature de ces roches mères. Toutefois, les relations entre elles et la minéralisation sont inconnues. L'essai de corrélations entre les roches mères et les minéralisations se fera en tenant compte de l'étude pétrographique effectuée. Il s'agira pour nous, à partir des teneurs et des épaisseurs de minéralisation d'un certain nombre de sondages, de trouver leur rapport avec la roche mère. Nous nous servirons également de graphiques pour établir ces corrélations, à partir des données figurant dans le *Tableau 2*.

# III-3-1. Relations entre pourcentage en nickel (% Ni) et épaisseur de minéralisation

Les relations entre les pourcentages en nickel (%Ni) et l'épaisseur de minéralisation dans le gisement sont présentées par le graphe de la *Figure 4A*. L'analyse de ce diagramme révèle que, plus l'épaisseur de minéralisation est élevée, plus le pourcentage en nickel (% Ni) est faible. Ce pourcentage, qui représente la moyenne des teneurs en nickel (Ni) sur l'épaisseur de la minéralisation est très variable sur l'ensemble du gisement. L'étude d'un certain nombre de sondages a montré que, dans les latérites, les teneurs en nickel (Ni) sont moins élevées (0,1 à 1,5%). Par contre, elles sont très élevées dans les faciès saprolitiques (2 à 3%). Les épaisseur simportantes s'étendent sur au moins deux faciès (saprolitique et transition). Les teneurs moins élevées dans les horizons à forte épaisseur minéralisée traduisent le fait que l'horizon saprolitique (riche en Ni) s'étend sur une très faible épaisseur par rapport à celle des autres faciès (limonitique et transition), à l'exception des sondages présentant une grande épaisseur du minerai saprolitique.

Echantil	Profond eur (m)	Coordonn ées (m)		Elévat ion	Epaisseur minéralisé	% Ni	Roche
1011.5		Est 2	Nord	( <b>m</b> )	e (m)	111	mere
IC 31781	41,7	1290	260	563	8,40	1,4	Dunite
IC 33838	49,95	1300	245	566	-	-	Dunite
IC 23933	42,55	1440	220	551	-	-	Péridoti
IC 24829	32,85	1820	295	539,4	27,73	1,2	Péridoti
IC 25258	26,61	1460	160	527,5	4,20	1,4	Péridoti
IC 30354	19,8	1920	145	534	7,00	1,0	Péridoti
IC 30943	35,5	1290	210	570,5	-	-	Péridoti
IC 33131	52	1310	230	567	28,20	1,1	Péridoti
IC 33547	51,5	1330	230	563	-	-	Péridoti

**Tableau 2 :** Tableau donnant le pourcentage en nickel, l'épaisseurminéralisée, l'altitude et les roches mères associées

IC 34829	58,25	1090	170	512	46,00	1,0	Pyroxé
IC 35317	65,79	1370	210	564	47,00	1,1	Dunite
IC 35545	43,37	1350	230	566	17,44	1,2	Dunite
IC 37129	28,44	1190	260	564	5,00	1,5	Péridoti
IC 37162	35,44	1190	200	570	8,08	1,5	Pyroxé
IC 38132	56,81	1370	260	566	29,30	1,2	Péridoti
IC 39297	49	1420	210	560	33,50	1,1	Péridoti
IC 20944	55,8	1060	180	548	28,70	1,0	Péridoti
IC 22046	43,48	1110	120	532,6	13,44	1,6	Dunite
IC 22067	19,75	1110	220	575,3	-	-	Pyroxé
IC 24740	30,1	1800	295	536	21,70	1,8	Péridoti
IC 24935	29,78	1810	245	523	14,70	1,2	Péridoti
IC 26057	44	1740	150	527,4	31,80	1,5	Dunite
IC 30334	26,2	1900	850	533	-	-	Pyroxé
IC 30435	52,7	1600	145	525	-	-	Pyroxé
IC 30847	47	1290	190	563	-	-	Pyroxé
IC 30904	56,1	1290	230	570	32,20	1,4	Dunite
IC 31315	40,5	1390	230	572	-	-	Pyroxé
IC 31367	49	1410	230	567	22,00	1,3	Dunite
IC 32418	68	1310	260	562,5	41,60	1,8	Dunite
IC 32473	56,87	1310	280	557	42,00	1,1	Dunite
IC 32570	54	1320	210	562	-	-	Pyroxé
IC 32633	60,85	1330	180	545	30,75	1,2	Dunite
IC 32770	49	1330	240	562,5	-	-	Pyroxé
	1	I		1			1
IC 32872	49	1340	270	557	-	-	Pyroxé
IC 32910	47,2	1340	230	564,5	-	-	Pyroxé
IC 32946	34,9	1290	230	567	-	-	Pyroxé
IC 33188	56,5	1310	250	564	-	-	Pyroxé
IC 33340	57	1320	230	565,5	-	-	Pyroxé
IC 33740	50,76	1340	210	565	2,00	1,2	Dunite
IC 33902	62,83	1310	235	567	-		Pyroxé
IC 34682	47,85	1750	120	529	-		Pyroxé
IC 34724	41,1	1750	140	531	25,60	1,4	Dunite

IC 34946	41,3	1100	170	562	-	-	Pyroxé
IC 35064	58,76	1470	240	545	29,60	1,3	Péridoti
IC 35250	49,89	1370	190	556	-	-	Pyroxé
IC 35926	48,62	1490	250	546	31,82	1,1	Péridoti
IC 36091	6	1100	210	572	-	-	Pyroxé
IC 36339	26	1130	250	576	26,00	0,5	Péridoti
IC 36435	52,9	1140	210	575	-	-	Pyroxé
IC 36545	56,5	1150	180	563	-	-	Pyroxé
IC 36837	50,2	1170	220	568	-	-	Pyroxé
IC 36945	52,2	1170	240	568	19,10	1,2	Dunite
IC 37368	53,8	1210	220	570,5	25,10	1,3	Dunite
IC 37514	58,51	1350	260	563	43,80	1,2	Dunite
IC 37628	59	1350	220	563	36,46	1,2	Dunite
IC 37878	57	1360	210	562	42,00	1,2	Dunite
IC 38325	46,84	1370	180	551	29,65	1,2	Dunite
IC 38645	50,5	1390	280	557	-	-	Pyroxé
IC 38892	51,6	1390	180	552	-	-	Pyroxé
IC 39088	52,2	1410	220	565	17,03	1,3	Dunite
IC 39423	61, 37	1440	230	553	38,67	1,3	Dunite
IC 39629	57,2	1470	280	546,5	32,00	1,3	Dunite
IC 39959	49,95	1490	260	548,9	41,27	1,3	Dunite
IC 17801	25,1	1280	265	563,7	25,10	0,6	Péridoti
IC 24296	30,4	1260	200	575,3	-	-	-
IC 30311	51,4	1900	165	528	7,50	1,7	Péridoti
IC 32995	55,9	1300	235	568	34,30	1,7	Dunite
IC 38275	52,83	1370	200	561	42,10	1,2	Dunite



Figure 4 : A. Graphe du pourcentage de nickel (%Ni) en fonction de l'intervalle minéralisé ; B. Diagramme présentant le rapport entre la topographie et le pourcentage de nickel ; C. Diagramme présentant le rapport entre la topographie et l'épaisseur minéralisée

#### III-3-2. Relations entre topographie et minéralisation

La topographie a une influence sur la minéralisation. Le graphe de la *Figure* 4B permet d'apprécier cette influence. Les données se répartissent en trois ensembles. Un premier ensemble se situe à des élévations faibles (entre 510 et 535 mètres). A ces altitudes, les teneurs en nickel sont élevées

(généralement supérieures à 1,2% Ni) quel que soit la nature de la roche mère, à l'exception des pyroxénites. Le deuxième ensemble se situe à des altitudes comprises entre 540 et 555 mètres. Les teneurs sont faibles (< 1,4% Ni). Le troisième ensemble est à des altitudes plus élevées (entre 560 et 575 mètres) et montre que les concentrations en nickel sont faibles à très élevées, notamment sur les substratums de dunites.

En effet, la zone soumise à notre étude présente un relief assez accidenté. Les altitudes comprises entre 540 et 555 m pourraient correspondre à des flancs des collines. Ceux-ci présentant des pentes abruptes sont soumis au ruissellement intense des eaux météoriques, favorisant ainsi la migration des éléments utiles (d'où la faiblesse des concentrations en nickel dans ces zones). Les fortes élévations (560 à 575 m) se retrouveraient dans les replats et sommets des collines où se développe une épaisse couche latéritique. L'accumulation préférentielle du nickel dans ces zones (teneur variant 1,1 à 1,8%), s'explique par le fait que ce type de relief tabulaire a la particularité de ralentir la mobilité du nickel, participant ainsi à sa concentration. Par ailleurs, une coupe orientée Ouest-Est (Figure 5) montre que la partie centrale du gîte est beaucoup plus élevée, avec une topographie relativement plane. Les concentrations en nickel y sont plus élevées comme au Brésil [9]. En effet, les gisements nickélifères de la région centrale du Brésil présentant un climat tropical à saisons contrastées montrent une évolution latéritique plus complète dans les zones basses plus enrichies en nickel que les parties hautes ; ces dernières étant démantelées par l'érosion.

### III-3-3. Relations entre épaisseur de minéralisation et topographie

Le graphe de la *Figure 4C* montre, de façon générale, qu'il n'existe pas de relations particulières entre la topographie et l'épaisseur minéralisée. Cependant, lorsqu'on considère les trois ensembles définis plus haut, nous nous rendons compte, qu'à basse altitude (ensemble 1), les pyroxénites et les péridotites présentent les plus fortes épaisseurs minéralisées. A des altitudes moyennes (ensemble 2), les dunites présentent, souvent, les plus fortes épaisseurs minéralisées. A haute altitude (ensemble 3), les dunites présentent les plus fortes épaisseurs minéralisées et les pyroxénites et les pyroxénites.



Figure 5 : Coupe verticale Ouest-Est à travers quelques sondages.

#### III-3-4. Corrélations entre minéralisations et roches mères

Les épaisseurs de minéralisation supérieures à 30 mètres se rencontrent dans les zones où les roches mères sont des dunites. Ainsi, l'enrichissement en nickel dépend de la nature de la roche mère. Au cours du processus de l'altération de ces ultrabasites, l'olivine étant le minéral subissant l'altération plus rapidement que les autres minéraux (notamment le pyroxène), il ressort que, plus la roche mère est riche en olivine, plus elle est susceptible d'être altérée et, plus elle libère le nickel. C'est ainsi que, les dunites constituent de loin les roches les plus favorables à l'enrichissement du nickel. Ensuite, nous avons les péridotites (harzburgites) et enfin les pyroxénites qui sont les moins riches en olivine. La forte épaisseur rencontrée au niveau des sondages où la roche mère est une pyroxénite peut s'expliquer par le fait que la topographie dans ce lieu est très favorable à l'accumulation du nickel.

Cette étude de corrélation nous emmène à conclure que la minéralisation est fonction du pourcentage en olivine au sein des roches mères. Par conséquent, nous obtenons l'ordre de libération de nickel suivant : 1) dunites ; 2) péridotites (harzburgites et lherzolites) et 3) pyroxénites.

Toutefois, la concentration n'est pas seulement guidée par la nature de la roche mère, mais elle dépend aussi de certains paramètres dont la topographie.

# **IV - CONCLUSION**

Les minéralisations nickélifères de Sipilou Nord, évaluées à plus de 230 millions de tonnes, constituent les 2/3 des ressources globales des gîtes du district nickélifère de Biankouma. Ces minéralisations de nickel latéritique résultent de l'altération des roches ultrabasiques. Il ressort de notre étude pétrographique, que les roches mères des minéralisations de Sipilou Nord sont essentiellement des dunites, des péridotites (harzburgites et lherzolites) et des pyroxénites.

Du point de vue de la répartition spatiale de ces roches, les dunites occupent la partie centrale du gisement et paraissent plus profondes que les péridotites et les pyroxénites. Cela confirme les résultats des travaux antérieurs et permet de suggérer que les dunites sont enveloppées par les autres roches. La distribution de la minéralisation dans le complexe ultrabasique de Sipilou est fonction de la nature de la roche mère. L'étude des corrélations a montré que les roches riches en olivine sont les plus favorables à l'enrichissement en nickel. Mais cette concentration en nickel est également fortement dépendante de la topographie. Des pentes abruptes sont des zones défavorables à l'accumulation du métal.

Suite aux résultats obtenus, nous proposons d'effectuer un certain nombre de travaux complémentaires pour mieux cerner la minéralisation du gîte de Sipilou Nord. Il s'agit :

1) voir le type de minéralisation qui se développe à partir des silicates, notamment les phyllosilicates, et les phases porteuses initiales du nickel dont les oxydes. Il faut également caractériser les évolutions chimiques et minéralogiques qui affectent les phases porteuses du nickel dans cet environnement latéritique.

2) faire des analyses isotopiques de l'oxygène sur les phases siliceuses (quartz, calcédoine) associées aux smectites, afin de préciser les températures et milieux de formation ;

3) quantifier les processus d'altération et d'érosion des objets étudiés, incluant la notion d'enregistrement climatique au sein des phases néoformées et manteaux d'altération. Il s'agira de déterminer les changements morphoclimatiques, surtout pour cet environnement actuellement très accidenté ;

4) établir, éventuellement, le rôle de l'hydrothermalisme sur la prémétéorisation des roches ultramafiques et mafiques dans cette partie du domaine archéen. Ceci permettra de quantifier l'altération météoritique sur le processus de serpentinisation.

## RÉFÉRENCES

- G. MATHEZ, Sondage sur les gîtes de nickel latéritiques de Sipilou, rapport de fin de campagne 1974-1975, Rapport N°1380 SODEMI (Société pour le Développement Minier de Côte d'Ivoire), (1976), 50 p.
- [2] N. OUATTARA, Pétrologie, géochimie et métallogénie des sulfures et éléments de groupe du platine des ultrabasites de Côte d'Ivoire, Thèse de docteur ès sciences de l'université d'Orléans, (1998), 262 p.
- [3] N. OUATTARA et A. POUCLET, Première occurrence des minéraux du groupe du platine en Côte d'Ivoire, dans le complexe basique et ultrabasique de Samapleu, Résumé Journées des Sciences Géologiques, Université de Cocody - Abidjan (mars 2008),.
- [4] J. CAMIL, Pétrographie, chronologie des ensembles granulitiques archéen et formations associées de la région de Man (Côte d'Ivoire), Thèse de Docteur ès Sciences naturelles, université d'Abidjan, (1984), 306 p.
- [5] A. N. KOUAMELAN, Géochronologie des formations archéennes et protérozoïque de la dorsale de Man en Côte d'Ivoire. Implication pour la transition archéen-protérozoïque, Doctorat d'Université, Université de Rennes, Mémoire Géoscience Rennes n°73, (1996), 290 p.
- [6] A. N. KOUAMELAN, J. J. PEUCAT and C. DELOR, Reliques archéennes (3.15 Ga) au sein du magmatisme Birimien (2.1 Ga) de Côte d'Ivoire, craton Ouest-Africain, C.R. Acad. Sci. Paris 324, (1997) 719–727
- [7] I. YACÉ, Initiation à la géologie. L'exemple de la Côte d'Ivoire et de l'Afrique de l'Ouest : pétrologie, géologie régionale, Éditions CEDA, Côte d'Ivoire, (2002), 183 p.
- [8] A. PAPON, Géologie et Minéralisation du Sud-Ouest de la Côted'Ivoire, Mémoire BRGM, Paris n°80, (1973), 284 p.
- [9] A. J. MELFI, J. J. TRESCASES et S. M. BARROS DE OLIVEIRA, Les « latérites » nickélifères du Brésil, *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Géol., vol., XI*, n°1, 1979-1980, (1980) 14-42.
- [10] D. TRAORE, Serpentinisation hydrothermale et altération latéritique des roches ultrabasiques en milieu tropical : Evolution Géochimique et Minéralogique de la Minéralisation en Platine de la Rivière des Pirogues, (Nouvelle-Calédonie), Thèse, Université de la Nouvelle-Calédonie, Département Sciences et Techniques, (2005), 222 p.
- [11] A. LAGRANGE, Etudes écologique et microbiologique des espèces du genre costularia (cyperaceae), pionnières des sols ultramafiques en Nouvelle-Calédonie : Perspectives d'application à la restauration écologique, Thèse Ecole Doctorale : Milieux Insulaires Ultra-Marins, Université de la Nouvelle-Calédonie, (2009), 234 p.
- [12] D. BANDYAYERA, Formation des latérites nickélifères et mode de distribution des éléments du groupe du platine dans les profils latéritiques du complexe de Musongati, Burundi, Thèse, Université du Québec à Chicoutimi, (1997), 440 p.

- [13] R. YONGUE-FOUATEU, M. YEMEFACK, A. S. L. WOUATONG, P. D. NDJIGUI et P. BILONG, Contrasted mineralogical composition of the laterite cover on serpentinites of Nkamouna-Kongo, southeast Cameroon, *Clays Minerals*, vol. 44, n° 2, (2009) 221-237.
- [14] FALCONBRIDGE INTERNATIONAL (INVESTMENTS) LIMITED CÔTE D'IVOIRE, Carte de section, Sipilou North deposit
   - section 14000E, Cross section 1.0% Ni Cut-off, S.R. 2<1, Touba-Biankouma project, (1998).
- [15] A. A. KEÏTA, S. KONE, K. P. S. KOUAKOU et K. M. SIRIDJA, Etude pétrographique des roches mères des minéralisations nickélifères de Sipilou Nord (Ouest de la Côte d'Ivoire), Projet de Fin d'Etude, Ecole Supérieure des Mines et de Géologie, INP-HB, (2004), 56 p.