

CHAPITRE 3 : CARACTERISTIQUES **GRANULOCHEMIQUES DE LA COUCHE PHOSPHATEE DE TOBENE SUD**

3.1 INTRODUCTION

Cette étude s'appuie essentiellement sur les résultats d'analyse de quelques carottes de sondages réalisés dans les différents secteurs de Tobène Sud. Les analyses concernent la composition chimique des couches phosphatées et leur aspect granulométrique. L'objectif de cette étude est de suivre la distribution du paramètre P_2O_5 , « feral » et SiO_2 en fonction de la taille des particules du minerai phosphaté.

3.2 RAPPELS SUR L'EXPLOITATION DU PHOSPHATE DE TOBENE

A l'instar des gisements de Ndomor Diop et de Keur Mor Fall déjà épuisés, l'exploitation des phosphates de Tobène se fait à ciel ouvert.

Les activités minières se résument à quatre phases, il s'agit de :

- l'étude géologique ou prospection ;
- l'exploitation ;
- le prétraitement ;
- et le traitement.

3.2.1 La prospection

C'est la première phase qui consiste à réaliser des sondages et d'effectuer des analyses et des interprétations lithologiques, granulométriques, pétrographiques et géochimiques pour délimiter, configurer, caractériser et évaluer le minerai dans le but de faire une exploitation rentable du gisement.

Les sondages permettent de donner :

- les paramètres d'exploitation (teneur en P_2O_5 ou $\delta(a)$, $Fe_2O_3 + Al_2O_3$ ou feral Φ , le rapport $K = CaO / P_2O_5$, l'épaisseur utile X de la couche phosphatée) ;
- Les estimations des réserves à partir de certains paramètres d'exploitabilité.

Les sondages se font par maillage triangulaire. En fonction de l'étape de prospection, on distingue :

- Maille d'exploration ou maille de 1000 m ;

- Maille de reconnaissance ou maille de 500 m ;
- Maille d'évaluation ou maille de 250 m ;
- Maille d'exploitation ou maille de 125 m ;
- Maille de précision ou maille de 62,5 m.

3.2.2 L'exploitation

A Tobène, le travail se fait suivant des panneaux subdivisés en passes parallèles longues d'environ 2000 m et large de 40 m et en profils perpendiculaires aux passes équidistants de 50 m. Des piquets implantés régulièrement par les topographes, délimitent ces passes et profils en guise de repères pour les géologues et mineurs.

L'exploitation s'effectue par terrassement et comprend deux chantiers : le décapage et l'extraction (figure 17).

3.2.2.1 Le décapage

Le décapage est l'ensemble des opérations d'abattage, transport et dépôt des sables de recouvrement hors de la zone d'exploitation. Il s'occupe aussi du dénoyage (le rabattement de la nappe phréatique à l'aide de pointes de collecte filtrantes) et comprend deux niveaux principaux :

- Le décapage supérieur se fait à l'aide de roue-pelles reliée à des sauterelles, des convoyeurs et des remblayeurs. Ils décapent ainsi la première quinzaine de mètres de sable. Les convoyeurs à tapis roulant transportent ces sables jusqu'aux remblayeurs qui les déposent en bordure du gisement ; c'est le système en U qui permet d'extraire le minerai et de remblayer le site en même temps.
- Le décapage inférieur : c'est l'étage inférieur où l'on ne travaille pas sans sauterelles du fait que la roue-pelle ne peut atteindre seule le convoyeur. A ce niveau s'effectue le terrassement de la partie restante des sables par les pelles et les draglines, aussi le chargement direct du minerai sur les dumpers ou 100 tonnes.

Il est parfois noté un décapage intermédiaire qui sert souvent de plate-forme de travail.

3.2.2.2 . L'extraction

C'est la découverte, l'abattage du minerai et son chargement sur les camions « Dumpers » vers la station de prétraitement.

Le lieu d'extraction est appelé chantier-bas par opposition au décapage qui serait le chantier-haut. Présentement l'extraction du minerai est assurée par quatre draglines de différents gabarits qui sont : la **650B**, la **1250B**, la **1260W** et la **7820** ou **Marrion** qui est le plus récent et le plus grand engin actuellement sur le chantier-bas

COUPE SCHEMATIQUE COUPE SCHEMATIQUE DE LA FOSSE D'EXPLOITATION

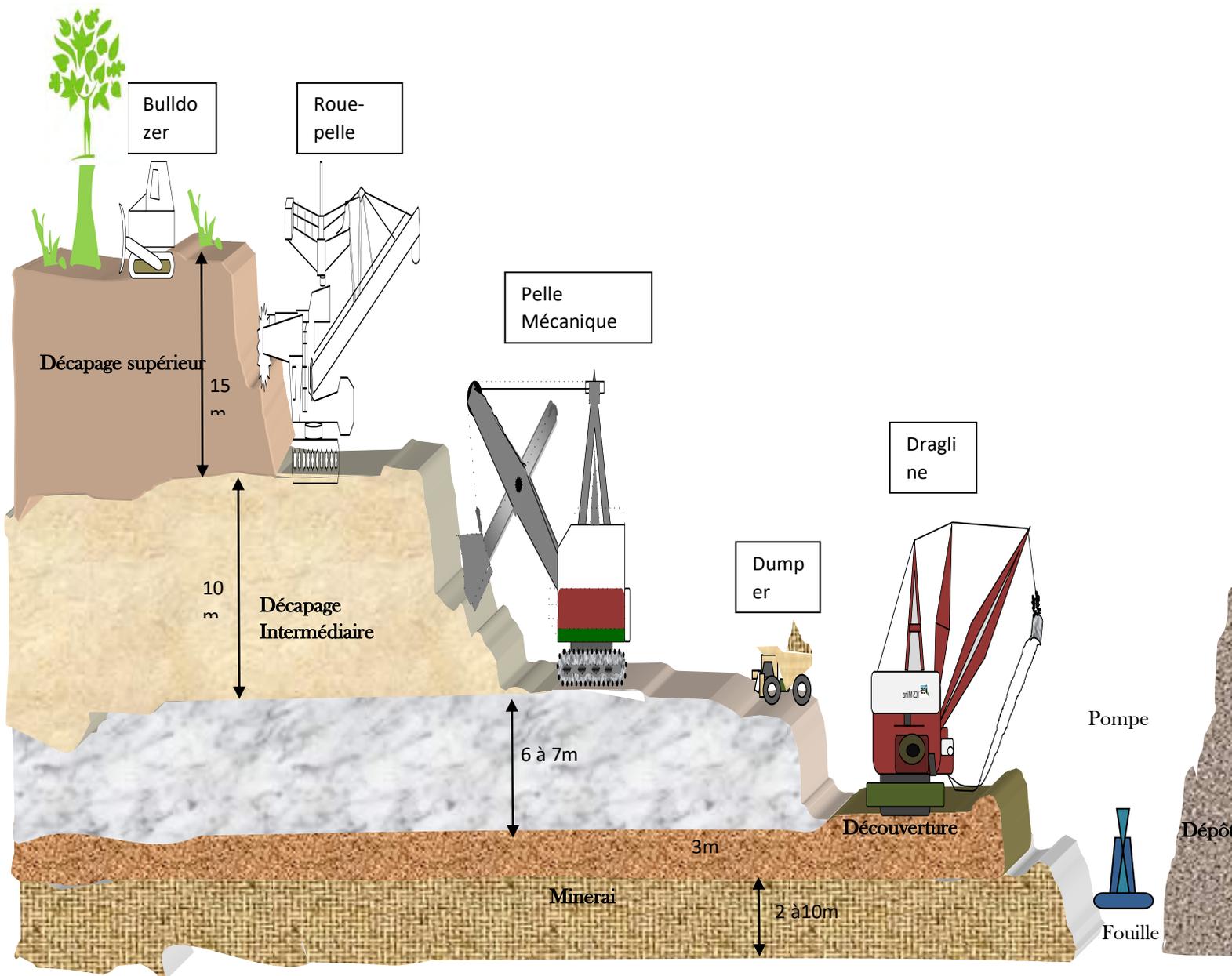


Figure 17 : Principales phases de l'exploitation minière

3.2.3 Le prétraitement

Le prétraitement est l'étape de valorisation du minerai. Il consiste à rejeter les éléments dont la taille est supérieure à 30 mm. Deux stations interviennent au cours du prétraitement : le scalpage et le débouillage.

- ✚ Le scalpage : le minerai (tout-venant), une fois chargé au niveau du chantier-bas est acheminé à la station de scalpage. Il est chargé d'éliminer les gros blocs de silex de diamètre supérieur à 500 mm grâce à un dispositif composé :
 - D'un cribleur ;
 - De deux alimenteurs à tabliers métalliques (ATM1 et ATM2) ;
 - De deux crasses ;
 - Et d'un système de convoyeur à bande acheminant le minerai à la station de débouillage. (photo)
- ✚ Le débouillage : il reçoit le minerai à bloc de silex de diamètre inférieur à 500 mm. Une fois à la station de débouillage, le minerai subit une sélection à travers un ensemble de circuit composé de :
 - Trois cribles : ces cribles sont équipés de robinets qui permettent de récupérer le phosphate colmaté sur les blocs de silex ;
 - Un débouilleur.

Seule la fraction inférieure à 30 mm est envoyée sous forme de pulpe par conduit hydraulique vers l'usine (laverie et flottation).

Le tout-venant suit ainsi un parcours assez complexe qui permet de séparer le minerai des rognons de silex et autres indurés.

3.2.4 Le traitement

C'est la phase d'enrichissement du minerai. Il se déroule en deux étapes, l'une mécanique (la préparation) et l'autre chimique (la flottation).

3.2.4.1 La préparation

Elle consiste à préparer la pulpe à la flottation ; pulpe dont les éléments sont compris entre 0 et 800 μm .

Cette pulpe ou jetée mine est soumise à une première sélection à travers des grilles planes puis des grilles courbes perforées à 800 μm . Le refus (éléments supérieurs à 800 μm) est broyé puis criblé aussi à 800 μm : on sépare ici les éléments fins des grossiers et on aboutit ainsi à deux composantes :

- Celle à éléments de $\Phi > 800 \mu\text{m}$ et retenus par les cribles, constitue la charge circulante et va subir un autre broyage ;
- Celle à éléments de $\Phi < 800 \mu\text{m}$ constitue la fraction destinée à la flottation. Le minerai extrait de la flottation est périodiquement échantillonné et analysé au laboratoire afin d'être édifié sur sa qualité.

Notons aussi que cette dernière fraction est soumise à un cyclone et une coupure à $40 \mu\text{m}$. La portion en deçà de $40 \mu\text{m}$ équivaut aux **schlamms** qui seront évacués après leur passage dans les différentes mailles, l'autre portion comprise entre 40 et $800 \mu\text{m}$ est divisée en deux classes :

La classe des fins ou « over flow » regroupe les éléments compris entre 40 et $300 \mu\text{m}$;

La classes des grossiers ou « under flow » réunit les éléments compris entre 300 et $800 \mu\text{m}$.

Le minerai résultant dépourvu de schlamms est broyé et acheminé à la flottation.

3.2.4.2 La flottation

C'est l'étape où le minerai deschlammé devient un concentré marchand. A ce niveau, il est imprégné d'autres produits chimiques spécifiques qui conduisent à la flottation des grains de phosphate qui sont récupérés et déshydratés. Donc c'est une étape purement chimique. Le produit final (concentré marchand) ainsi obtenu est destiné soit à l'exportation, soit conservé pour approvisionner les plateformes de Darou et de Mbaou en vue de la production d'acide phosphorique et d'engrais granulé.

3.3 METHODE D'ETUDE

Cette étude consiste en une analyse lithologique, granulométrique et chimique faite sur des échantillons pris au niveau des différents litho-faciès rencontrés dans la couche phosphatée (faciès carbonatés, faciès non carbonatés à gangue argilo-siliceuse, faciès altérés et faciès indurés). D'autres faciès susceptibles d'être chargés avec le minerai, lors de l'extraction, et d'amener une pollution potentielle du minerai, ont été échantillonnés (argiles intercalaires, sables de couche,...).

3.3.1 Objectifs

Le but de cette étude est de savoir la tranche granulométrique qui sera favorable pour le P_2O_5 au détriment des autres paramètres chimiques qui sont : SiO_2 et le Feral. Le laboratoire des

I.C.S considère toujours que la tranche 25 μ m-25 000 μ m est meilleure mais nous allons diminuer la tranche entre 40 μ m-12 000 μ m pour voir si le teneur en P₂O₅ sera encore meilleur.

3.3.2 Méthodologie de l'échantillonnage

Le protocole d'échantillonnage s'est fait comme suit :

- D'abord, nous avons ciblé dans le secteur de Tobène Sud.
- Ensuite, nous avons situé pour chaque échantillon le niveau de prélèvement par rapport à la couche phosphatée (vers le toit, .en pleine couche ou au voisinage du mur).
- Pour mieux appréhender la distribution du P₂O₅ dans le minerai, nous avons considéré en plus de l'échantillon global huit coupures réparties en classes granulométriques allant des rejets jusqu'aux schlamms. Il s'agit de : 25 000 μ m à 25 μ m.
- Enfin, l'échantillon, bien décrit, est envoyé au laboratoire pour subir des analyses granulochimiques.

3.3.3 Etude granulochimique

Pour faire l'étude granulochimique, nous allons réaliser des histogrammes (figure 18 à figure 21). Les teneurs de ces éléments sont obtenues à partir des analyses effectuées au laboratoire des ICS sur les échantillons.

3.3.3.1 Echantillons A1 B1 ET A2 B2

Ces échantillons (A1B1 et A2B2) affichent un caractère particulier. Les teneurs de P₂O₅ sont en voisinage de 30% dans la tranche 25-25000 μ tandis que les teneurs en SiO₂ diminuent de 15% à 20%. Dans la tranche 40-12000 μ , le SiO₂ domine largement le P₂O₅. Le feral augmente légèrement.

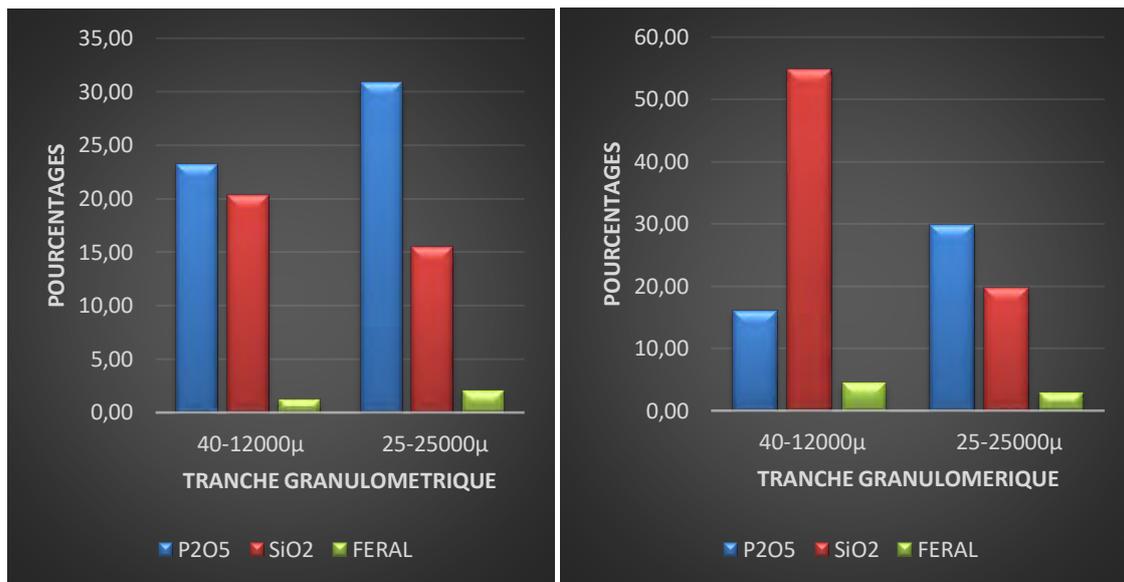


Figure 18 : Diagrammes de distribution chimique d'A1B1 et A2B2 en fonction de la granulométrie du minerai

3.3.3.2 Echantillons A3 B3 ET A4 B4

Ces échantillons (A3 B3 et A4 B4) ont une répartition chimique à peu près identique au précédent. La tranche 40-12000µ, la Silice est très élevée avec des pourcentages entre 34% et 49% alors le P₂O₅ est faible avec des pourcentages entre 15% et 19%. La tranche 25-25000µ, la silice diminue autour de 11% tandis que le P₂O₅ augmente avec des valeurs de 26% à 30%. Le feral reste constant de 5%.

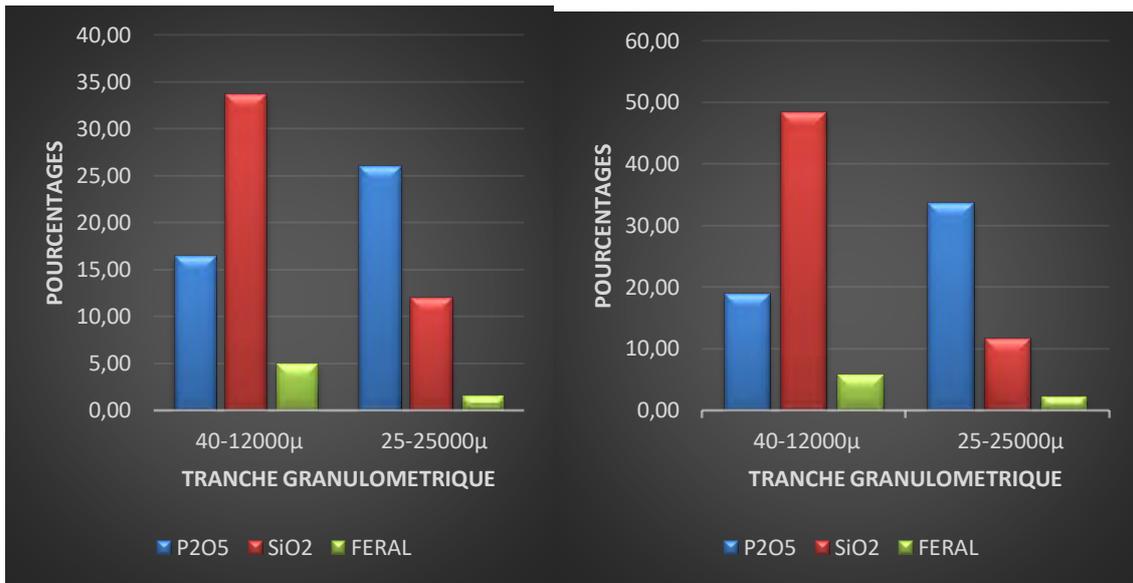


Figure 19 : Diagrammes de distribution chimique d'A3 B3 et A4 B4 en fonction de la granulométrie du minerai

3.3.3.3 Échantillons A5 B5 ET A6 B6

Dans ces échantillons (A5 B5 et A6 B6), nous avons une répartition dans la tranche 25-25000µ, le P₂O₅ domine avec des pourcentages respectives de 31% et 34% alors que celle de la silice diminue avec des pourcentages de 11% et 14%. Dans la tranche 40-12000µ, le P₂O₅ diminue de 11% mais reste abondant dans l'échantillon A6 B6 tandis que la Silice augmente avec des pourcentages de 33% et 64%. Le feral est très faible et n'excède pas 8%.

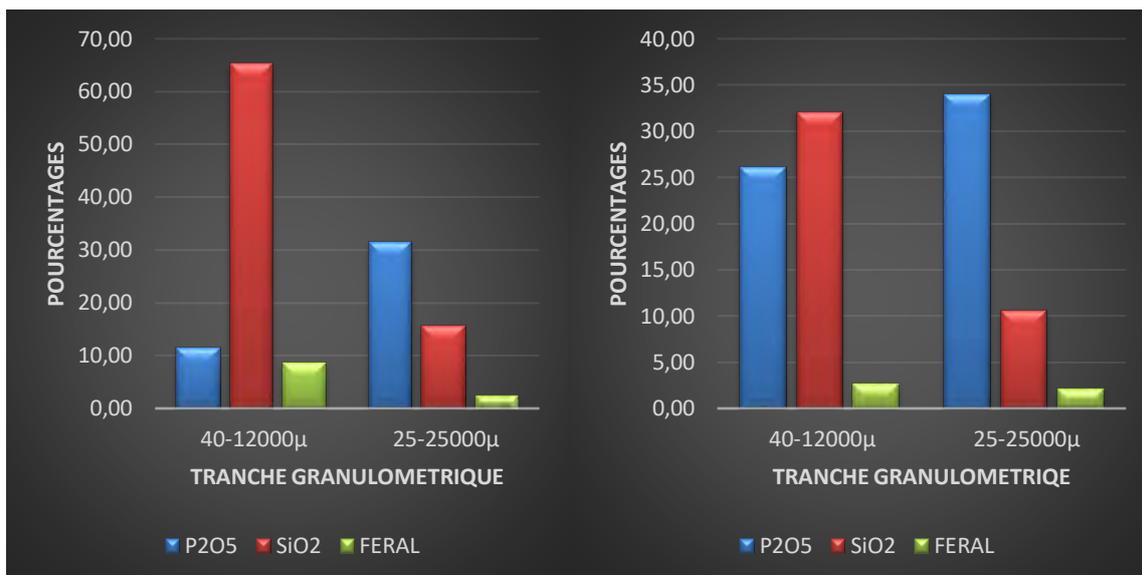


Figure 20 : Diagrammes de distribution chimique d'A5 B5 et A6 B6 en fonction de la granulométrie du minerais

3.3.3.4 Echantillons A7 B7 ET A8 B8

Dans ces échantillons, la tranche 25-25000µ, le P₂O₅ domine avec des pourcentages de 26% et 33% alors que la Silice diminue avec des pourcentages de 17% et 23%. Par contre, la tranche 40-12000µ la Silice augmente avec des pourcentages de 35,5% et 43% tandis que le P₂O₅ diminue légèrement entre 18% et 23%. Le feral reste toujours faible dans les deux tranches

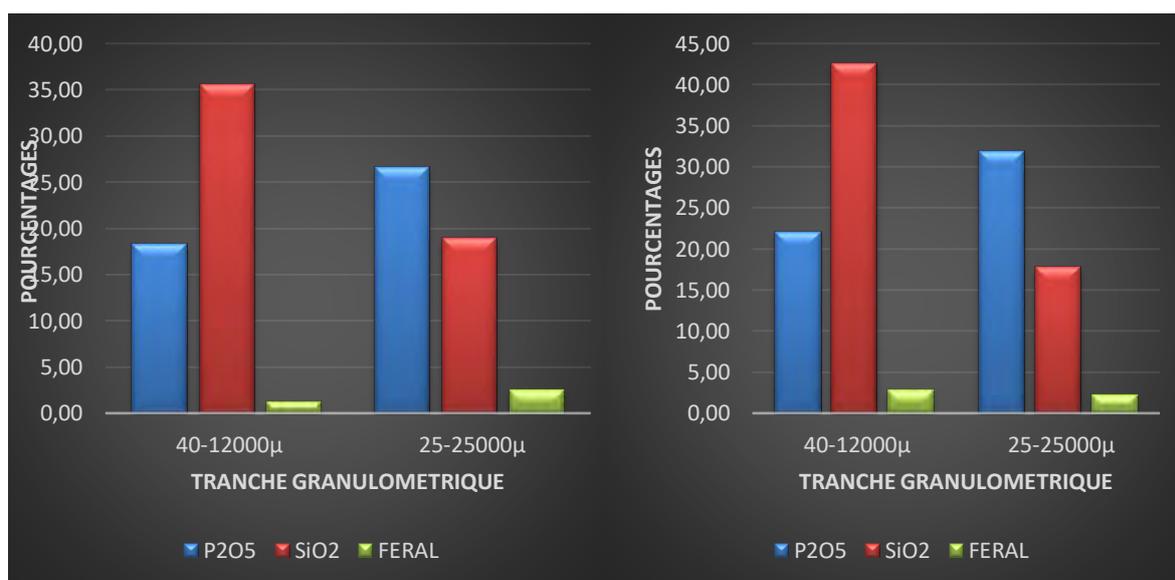


Figure 21 : Diagrammes de distribution chimique d'A7 B7 et A8 B8 en fonction de la granulométrie du minerais

3.4 Analyses et Interprétations des résultats

Les analyses granulochimiques des histogrammes montrent la distribution des éléments P_2O_5 , SiO_2 et Féral en fonction des tranches granulométriques. Les teneurs en P_2O_5 faible dans la fraction 40-12000 μ , sont plus élevées dans la tranche 25-25000 μ . Les teneurs en SiO_2 , à l'inverse, sont très élevées dans la fraction 40-12000 μ et faibles dans la tranche 25-25000 μ . Les oxydes de Fe et Al (féral) titrent des teneurs entre 8,70 et 2,46% dans toutes les tranches granulométriques.

En définitive, L'étude granulochimique a montré que l'essentiel des teneurs en P_2O_5 contenu dans le minerai phosphaté se retrouve concentrer dans la tranche 25-25000 μ .

CONCLUSION GENERALE

Notre étude sur le comportement de la silice dans la couche phosphatée du Tobène Sud, basée essentiellement sur un ensemble de données de sondages, de travaux de terrain, et de résultats d'analyses de laboratoire (analyses granulochimiques), a largement contribué à la connaissance des régions siliceux de Tobène Sud et aussi la tranche granulométrique adéquate à l'usine.

Geochimiquement, la répartition verticale des oxydes à savoir le P_2O_5 et le SiO_2 est en concordance avec la lithologie décrite précédemment. Ainsi les niveaux de phosphate hétérogène et le niveau de phosphate homogène dont les conditions de dépôt sont similaires, présentent les plus forts taux de P_2O_5 . Les niveaux d'argiles bariolés et grésos phosphatés présentent les plus forts taux de SiO_2 .

La distribution latérale montre que la silice est beaucoup plus présente dans le Sud du secteur alors que le Nord occupe la partie importante de P_2O_5 .

L'étude granulochimique, indique que la tranche granulométrique 25-25000 μ est la meilleure classe pour avoir une bonne teneur de P_2O_5 , ce dernier donne un bon rendement du minerai.

Ce travail que nous venons de présenter peut être amélioré, mais cela requiert des conditions telle qu'une restriction du cadre d'étude, et une mise en disposition de moyens de recherche. Il permettra ainsi, d'avoir des notions plus claires sur les phosphates siliceux, et par conséquent d'entreprendre une prise en charge plus efficace des problèmes découlant de ces derniers.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ATGER.** (1970). Réserves du gisement de Tobène. Rapport interne cspt /70/AT/04.23p
- BRANCART R. Y.** (1977) – Etude micropaléontologique et stratigraphique du paléogène sur le flanc occidental du horst de Ndiass et dans la région de Taïba. Thèse de 3^{ème} cycle, Université de Provence (inédit), volume 1, 89 p
- BRGM** (1962) – Carte géologique du Sénégal à 1/500 000 (4 feuilles), avec Notice explicative par C. Bense. Dir. Mines et Géol. Sénégal, Dakar. 36 p.
- BRGM** (1986) : Etudes géophysiques par sondages électriques à Mboro-Fass BoyeLompoul. Département de géophysique, 12 pages + annexes.
- DIAW A.T., Ba A., BOULAND P., DIOUF P.S., LAKE L.A., MBOW M.A., NDIAYE P. & THIAM M.D** (1993) : Gestion des ressources côtières et littorales du Sénégal ; Actes du colloque de Gorée du 27 au 29 juillet 1992. Ed. UICN, ISRA, IFAN, 485 pages.
- DIONE N.P.** (2011) : Sédimentologie et minéralogie des phosphates Éocène de Tobène. Thèse Doctorat de troisième cycle, UCAD, 235p
- DIOP A .MB.** (2000) : La série phosphatée de la partie occidentale du gisement de Tobène : lithostratigraphie, biostratigraphie et évolution paléoenvironnementale. Mémoire de D.E.A, UCAD, 54p
- FLICOTEAUX R.** (1975) – Sur l'attribution à l'Eocène moyen des couches calcaires et argilo-phosphatées de Pallo (Plateau de Thiès, Sénégal occidental). *Bull. Soc. Géol Fr.*, **17**, (3), p. 430-434.
- FLICOTEAUX R.** (1980) – Genèse des phosphates alumineux du Sénégal occidental, étapes et guides de l'altération. *Sci. Géol. Bull.*, **67**, Strasbourg, 229 p.
- FLICOTEAUX R.** (1982) : Genèse des phosphates alumineux du Sénégal occidental. Etapes et guides de l'altération. Mémoire n° 67, Inst de Geol. hist pasteur de Strasbourg, 229p.
- FLICOTEAUX R. & BRANCART R.** (1971) – Age des formations phosphatées de Lam Lam et de Taïba (Sénégal occidental). *Bull. Soc. géol. Fr.*, **3-4**, p. 399-408.
- FLICOTEAUX R. et LAPPARTIENT J. R.** (1972) - Le passage de l'Eocène inférieur à l'Eocène moyen sur la bordure orientale du dôme de Ndiass (Sénégal occidental). *Travaux du Laboratoire des Sciences de la Terre Saint Jérôme, Marseille (A)*, n° 6, 28 p.

FLICOTEAUX & MEDUS 1974. Existence d'une lacune entre les termes marins du Paléocène et du Néogène du Sénégal méridional démontrée par les microfaunes et les microflores.

KEBE M. (1999). Variabilité des lithofaciés de transition en contexte calcaire exemple du panneau IV de Keur Mor Fall (Taiba). Mémoire de D.E.A. Univ. Cheikh Anta Diop de Dakar. 78p.

KHATIB R., LY A., SOW E. & SARR R. (1990). Rythmes sédimentaires liés aux variations eustatiques globales au Campanien et au Maastrichtien du Sénégal. Révision stratigraphique de la série du Crétacé terminal du Cap de Naze. *C. R. Acad. Sci. Paris*, t. 311, série II : 1089 – 1095.

MBAN A.M (2000) : Faciès phosphatés du site de Tobène centre est : lithostratigraphie, granulométrie et particularités géochimiques liées au contexte calcaire. Mémoire de D.E.A, UCAD, 63p.

PEZERIL G., Châteauneuf J.J. & Diop C. (1986) : La tourbe des Niayes au Sénégal : genèse et géologie.

ROGER J., NOËL B.J., BARUSSEAU J.P., SERRANO O., NEHLIG P., DUVAIL C. (2009) – Notice explicative de la carte géologique du Sénégal à 1/500 000, feuilles nord-ouest, nord-est et sud-ouest. Ministère des Mines, de l'Industrie et des PME, Direction des Mines et de la Géologie, Dakar, 61 pages.

SAMB M. (1993). Rapport de stage sur Tobène. Rapport interne CSPT, p65.

SARR R., DIOUF M.B., FALL M., FAYE A. & SOW E. (2008) – Terminologie et Nomenclature stratigraphique du socle et du bassin sédimentaire sénégalais. Rapport Projet PASMI 0 ACP SE 009 – Infrastructures géologiques : Cartographie, 51-97

SLANSKY M. (1980)- Géologie des phosphates sédimentaires. Mémoire du BRGM Orléans, n°114, 90p.

SOW E. (1992). Etude sédimentologique et révision chronostratigraphique du Crétacé terminal du horst de Ndiass (Sénégal occidental). Thèse Doctorat de 3^e cycle, Université Cheikh Anta Diop de Dakar : 1-145

TESSIER F. (1952) – Contribution à la stratigraphie et à la paléontologie de la partie Ouest du Sénégal (Crétacé et Tertiaire). Thèse Doctorat d'Etat ès Sciences, Université Aix-Marseille et *Bulletin de la Direction des Mines de l'AOF, Dakar, n° 14*, Tome 1, 267 p.

TESSIER F. (1954) - Gisement fossilifère nouveau du Crétacé supérieur du Sénégal. *C.R. Somm. Soc. Géol. Fr.*, Paris, 2, p. 25-27.

TESSIER F., FLICOTEAUX R., LAPPARTIENT J.R. & TRIAT J.M. (1975) – Réforme du concept de continental terminal dans les bassins sédimentaires côtiers de l'Ouest africain. IX^e Congr. int. séd., Nice, 1, p. 207-211.

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Carte de localisation des panneaux du gisement de Taïba (service de géologie d'exploration et d'exploitation des ics)	3
Figure 2 : Organigramme des ICS.....	Erreur ! Signet non défini.
Figure 3 : Situation géographique du gisement phosphaté de Taïba (Flicoteaux, 1982)	6
Figure 4: Schéma descriptif de la géomorphologie des Niayes (<i>Source</i> : BRGM 1983).....	7
Figure 5 : Coupe schématique Ouest/Est de la zone des Niayes <i>Source</i> : PEZERIL ET AL.....	7
Figure 6 : Diagramme ombrothermique de la région de Thiès	9
Figure 7: Carte géologique du Cap-Vert et de Thiès (Roger <i>et al.</i> , 2009 ; modifiée par Sarr).	10
Figure 8 : Log synthétique du gisement phosphaté de Taïba (Samb, 1993).....	12
Figure 9 : Carte de découpage du secteur d'étude	15
Figure 10 : Position des 08 sondages étudiés dans le secteur de Tobène Sud	16
Figure 11 : Variations verticales des teneurs en P_2O_5 et en SiO_2 en fonction de la profondeur (Sondages bb35 et bb56).....	18
Figure 12 : Variations verticales des teneurs en P_2O_5 et en SiO_2 en fonction de la profondeur (Sondages bb60 et bb79).....	19
Figure 13 : Variations verticales des teneurs en P_2O_5 et en SiO_2 en fonction de la profondeur (Sondage bb100 et bb140)	20
Figure 14 : Variations verticales des teneurs en P_2O_5 et en SiO_2 en fonction de la profondeur (Sondages BB170 et BB205)	21
Figure 15 : Carte des isoteneurs en P_2O_5	23
Figure 16: Carte des isoteneurs en SiO_2	24
Figure 17: Principales phases de l'exploitation minière.....	28
Figure 18 : Diagrammes de distribution chimique d'A1B1 et A2B2 en fonction de la granulométrie du minerai.....	32
Figure 19: Diagrammes de distribution chimique d'A3 B3 et A4 B4 en fonction de la granulométrie du minerai.....	33
Figure 20: Diagrammes de distribution chimique d'A5 B5 et A6 B6 en fonction de la granulométrie du minerai.....	34
Figure 21: Diagrammes de distribution chimique d'A7 B7 et A8 B8 en fonction de la granulométrie du minerai.....	34