UNIVERSITE CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES
DEPARTEMENT DE GEOLOGIE

Mémoire de Master de Géosciences

Option : Pétrologie, Métallogénie et Tectonique

Spécialité : Ressources Minérales

N° d'ordre : 207

Les contraintes lithochimiques et structurales du gisement d'attapulgite d'Allou kagne (Région de Thiès / Sénégal occidental)

Présenté par : **Babacar Saddikh SENE**

Sous la Direction de : Dr Moussa DABO & Dinna Pathé DIALLO

Soutenu le 00 /00/2015

Devant la commission d'examen composée de :

M. Papa Moussa	NDIAYE	UCAD	Président
M. Papa Malick	NGOM	UCAD	Membre
M. Dinna Pathé	DIALLO	UCAD	Membre
M. Moussa	DABO	UCAD	Membre
M. Arfang Lamine	SOUMARE	SSPT	Membre

Sté. SENEGALAISE
DES PHOSPHATES DE THIES

Résumé

La marge continentale ouest africaine est constituée par la partie occidentale du bassin sénégalo-mauritanien. Ce bassin repose lui-même sur l'extrémité ouest du socle ouest africain.

Le gisement d'attapulgite d'Allou Kagne se localise dans la partie occidentale du bassin Sénégalo-mauritanien. Ce bassin formé d'assises sédimentaires mésozoïques et cénozoïques, est le plus vaste des bassins de marge passive de la côte atlantique.

Ce gisement est exploité par la société sénégalaise des phosphates de Thiès, Les attapulgites exploitées sont traitées par voies mécaniques et par voies chimiques. La teneur en CaCO3 recherché pour l'exportation de l'attapulgites par la société, est CaCO3<15%.

Les attapulgites du gisement d'Allou Kagne ne se présentent pas en lentilles plus ou moins insérées dans une assise géologique, mais elle constitue elle-même une assise géologique.

La variation du bicarbonate de calcium permet de distinguer dans les deux prospects des attapulgites riches en CaCO3>20% et des attapulgites pauvres en CaCO3<20%.

L'enrichissement des attapulgites en bicarbonate de calcium se fait du sommet vers la base.

Le bassin Sénégalo-mauritanien est bordé par des zones soumises à une grande activité tectonique.

L'étude microtectoniques sur les fronts de taille des carrières nous permis de distinguer des structures tectoniques essentiellement cassantes.

Les structures cassantes sont marquées par une faille de direction N45 aves un pendage de 54°vers le SE par des fractures, dont 3 directions majeures ont été observées : E-W et NE. Les structures ductiles se manifestent sous forme de plis.

Mots clés : attapulgites, ALLou Kagne, CaCO3 (bicarbonate de calcium), Structures tectoniques ; gisement, prospect, fractures

Liste des figures

Figure 1. Situation géographique d'Allou kagne (direction d'aménagement du territoire…….....6

Figure 2. Contexte géologique du bassin Sénégalo-mauritanien (d'aprés Ponsard et al., 1998, modifiée.....8

Figure.3. Coupe schématique Est-Ouest à travers le bassin sénégalais (d'après)….....8

Fig.ure 4. Colonne stratigraphique du bassin sénégalo-mauritanien montrant les trois phases De son évolution géodynamique(Nzoussi, 1998)……..……..……10

Figure 5 Affleurements de la partie occidentale du bassin Sénégalo-mauritanien dans (d'après Elouard et al., 1976). (A) localisation de la concession minière .....…...11

Figure 6. Log stratigraphique synthétique détaillé de la région de Thiès……..……15

Figure 7. - Extrait de *U. S. Geological Survey Open-File Report* 01-041. Analyses…….18

Figure 8. Localisation des gisements d'attapulgite autour du horst de Diass……. 20

Figure 9. Localisation des gisements d'attapulgites autour du horst de Diass…….....21

Figure 10. Concession d'attapulgite d'Allou Kagne prospect à maille 50……...22

Figure 11.Concession d'attapulgite d'Allou Kagne prospect à 200…….22

Figure 12. Extraction du minerai par pelle mécanique et camion……24

Figure 13. Plan des parbas……24

Figure 14. Etalement du minerai sur les parbas……....25

Figure 15. Chaine du traitement du minerai…….26

Figure 16. Griblex…….27

Figure 17. Séparateur de Jones…….27

Figure 18. Prospect situé au nord de la mine……29

Figure19 Variogramme du %CaCO3 supérieur à 20 dans le prospect nord……....31

Figure 20.Variogramme du %CaCO3<20 dans le prospect nord ……...….30

Figure.21. Représentation en 3D de la variation du %CaCO3>20 avec la profondeur dans le prospect nord ……..….32

Figure 22. Représentation en 3D de la variation du %CaCO3<20 avec la profondeur dans le prospect nord……33

Figure 23. Position du Prospect sud…….34

Figure 24. Variogramme du %CaCO3>20 dans le prospect nord .....…...35

Figure 25. Variogramme du %CaCO3 inférieur à 20 dans le prospect sud.....…...36

Figure 26. Représentation 3D de la variation du %CaCO3>20 avec la profondeur dans le Prospect sud……..….387

Figure 27.Représentation en 3D de la variation du %CaCO3<20 avec la profondeur dans Le prospect nord……...……38

Figure 28. Carte thématique des puits avec leurs teneurs dans le prospect sud.....…...39

Figure 29. Carte thématique des puits avec leurs teneurs moyennes dans le prospect nord……....39

Figure30. Colonne stratigraphie du prospect nord……...40

Figure 31. Colonne stratigraphie du prospect Sud……....….40

Figure.32.Carte structurale de la mine d'attapulgite d'Allou Kagne……...44

Figure.33 Faille avec remplissage d'argile noirâtre ……...….45

Figure 34. Diaclase et Joints conjuguées sans remplissage ……....……46

Figure 35. Système de fractures dans les attapulgite…….....47

Figure.36. … Joints stylolitique verticale associés à des rebroussements de lèvres des compartiments séparés……..47

Figure.37. Fracture avec injection d'argile latéritique …….....48

Figure.38. Système de fractures dans les attapulgites ……48

Figure.39. Pli ouvert ……...….49

Figure.40. Joints et ondulation de la So……50

Figur.41. . Rebroussement sous forme de micropli à la limite des joints ……....50

Figure42. Plis ouverts associés à des joints de cisaillements ……51

Table des matières

INTRODUCTION GENERALE ……..……..…..……..…..……..…1

CHAPITRE Ⅰ : PRESENTATION GENERALE.....…..4

1. Présentation de la zone d'étude…….……5

2. Contexte géologique du bassin Sénégalo-mauritanien….....6

2.1. Evolution géodynamique……...…….……...….....…….9

2.1.1. Phase anté-rift……..…….…..……..9

2.1.2.Phase syn-rif…….…….…..…….....…...9

2.1.3 Phase post-rift…….…….…….....….…….....…...9

3. Géologie du secteur de Allou Kagne……...…..……..……..……..…...11

3.1. Les formations sédimentaires…….…..…….…....…...…….…..12

3.1.1. Crétacé terminal…….…….…..…….....….12

3.1.2. Paléocène…….....……....…….…..……...……12

3.1.3. Eocène inférieur(Yprésien)……..…….…….…..…….…….....… 13

3.1.4. Eocène moyen.....….13

3.1.5. Eocène supérieur……...……..……...…….…...14

3.1.6. Oligocène……..…….…..……..…..……...14

3.1.7. Quaternaire…….…….…..…..……..……..…14

3.2. Le volcanisme…….…….……..……14

3.2.1. Ensemble volcaique de Thiès……...…….…..…….…….14

3.2.2 Ensemble volcanique de Diass.....…15

3.3. Cadre tectonique.....…16

Chapitre Ⅱ : LES GISEMENTS D4ATTAPULGITES……..……17

1. Généralité……...…….……..... 18

2. Genèse et différents types de gisement……...…….……... 19

2.1. Genèse des attapulgites……...……. 19

2.2. Les différents types d'attapulgites…….…….…… 19

3. Les différents types d'attapulgites exploités à la mine d'Allou kagne…….…..…… 21

4. Processus de prospection ……..…..…….…..…… 22

5 .Processus d'exploitation.…….……....23

5.1. Extraction et transport du minerai…….……..……23

5.2. Le traitement……...……..
..... 25

5.2.1. Le traitement mécanique……...……..... 25

5.2.2. Le traitement thermique ……25

6. Méthodologie……..…….
..... 27

Chapitre Ⅲ : LES CONTRAINTES LITHOCHIMIQUES DU GISEMENT D'ATTAPULGITE D'ALLOU KAGNE ……..…….28

1.Position du prospect nord…….....29

1.1. Distribution horizontale du CaCO3…….……30

1.1.1. Distribution du minerai à %CaCO3>20 …….. 31

1.1.2. Distribution du minerai a %CaCO3<20……31

1.2. Distribution verticale du CaCO3…….....…… 32

1.2.1. L'épaisseur du minerai titrant plus de 20% de CaCO3 ……..…….…… 32

1.2.1. L'épaisseur du minerai titrant moins de %20 de CaCO3…….…… 33

2. Position du prospect sud……..……34

2.1.Distribution horizontale du CaCO3 ……..……35

2.1.1. Distribution du minerai à %CaCO3>20……...……35

2.1.2. Distribution du minerai a %CaCO3……..……..……36

2.2. Distribution verticale du CaCO3…….…… 37

2.2.1. L'épaisseur du minerai titrant plus de 20% de CaCO3……..……...……37

2.2.1. L'épaisseur du minerai titrant moins de %20 de CaCO3……..38

3.Discussion des données lithochimiques et conclusions……..…….
..... 39

Chapitre Ⅳ :LES CONTRAINTES STRUCTURALES DES CARRIERE D'ATTAPULGITE D'ALLOU KAGNE……..……42

1. Etude tectonique sur le gisement d'attapulgite d'Allou Kagne…….…….…….……43

1.1. **Les structures cassantes……...……..** 45

1.1.2. La faille ……45

1.1.2. Joints et diaclases……45

1.1.3. Fracture ……48

1.2. Les structures ductiles……...……49

1.2.1. Les plis…….……49

2. IMPLICATIONS STRUCTURALES ….....……51

Recommandation……....52

Conclusion général.....….53

Annexes.....…55

Références bibliographiques…….....60

INTRODUCTION GENERALE

Le gisement d'attapulgites d'Allou kagne se localise dans la partie occidentale du bassin Sénégalo-mauritanien (figure). Ce bassin péricratonunique d'âge méso-cénozoïque s'est individualisé lors du rifting Permo-triasique qui amorce l'ouverture de l'Océan Atlantique centrale. 1

C'est dans ce contexte que nous avons effectué une étude des contraintes lithochimiques et tectoniques du gisement d'attapulgite d'Allou Kagne de la société Sénégalaise des phosphates de Thiès.Les attapulgites du Sénégal constituent des assises géologiques dans les formations géologiques du bassin Sénégalo-mauritanien.(Elouard, 1966)

Sur le plan industriel, l'enrichissement des attapulgites en calcaire (carbonate de calcium) entraîne un avilissement de l'attapulgite traité dans le temps, d'où une chute préjudiciable de ces caractéristiques viscométriques .L'excès de calcaire dans les attapulgites compromette sa valorisation.

Nous tenterons de montrer la variation du carbonate de calcium et de caractériser les structures tectoniques observées sur les fronts de taille.

CHAPITRE Ⅰ : PRESENTATION GENERALE

1. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

La concession minière de la Société Sénégalaise des Phosphates de Thiès (SSPT) est localisée dans la région de Thiès à 9km de la ville sur la bordure sud de la RN2 menant vers Dakar

La concession est à cheval entre les communautés rurales de Fandène et de Keur Moussa qui sont les subdivisions de l'arrondissement de Keur Moussa du département de Thiès. (Figure1)

Le climat est de type sahélien avec des précipitations moyennes de l'ordre de 400mm par an, la température moyenne avoisine 32°C.

La région de Thiès est constituée d'un relief relativement plat. Les principaux types de sols rencontrés sont les sols ferrugineux tropicaux lessivés à texture sableuse appelé <<sol dur>>qui constituent 70% des superficies cultivables, les sols ferrugineux tropicaux lessivés à texture humifère représentant 10%, les sols ferrugineux à texture argilo-sableux qui représentent 19% et les sols hydromorphes à texture humifère appelés sols de bas fond.

La végétation est une savane arborée (au domaine soudano-sahélien) dans laquelle les Acacias dominent. La strate herbacée est dominée par les graminées qui composent les pâturages de la région.

Au plan hydrographie et hydrologie, la région possède d'importantes nappes souterraines (nappe du continental terminal, nappe de l'Eocène, nappe du Paléocène, nappe du Maestrichtien, nappe du littoral Nord) et des eaux superficielles (lac tanma). L'eau des puits est relativement de bonne qualité (salinité inférieure à 0.8g/l) mais contient à certains endroits un excès de fer et de fluor

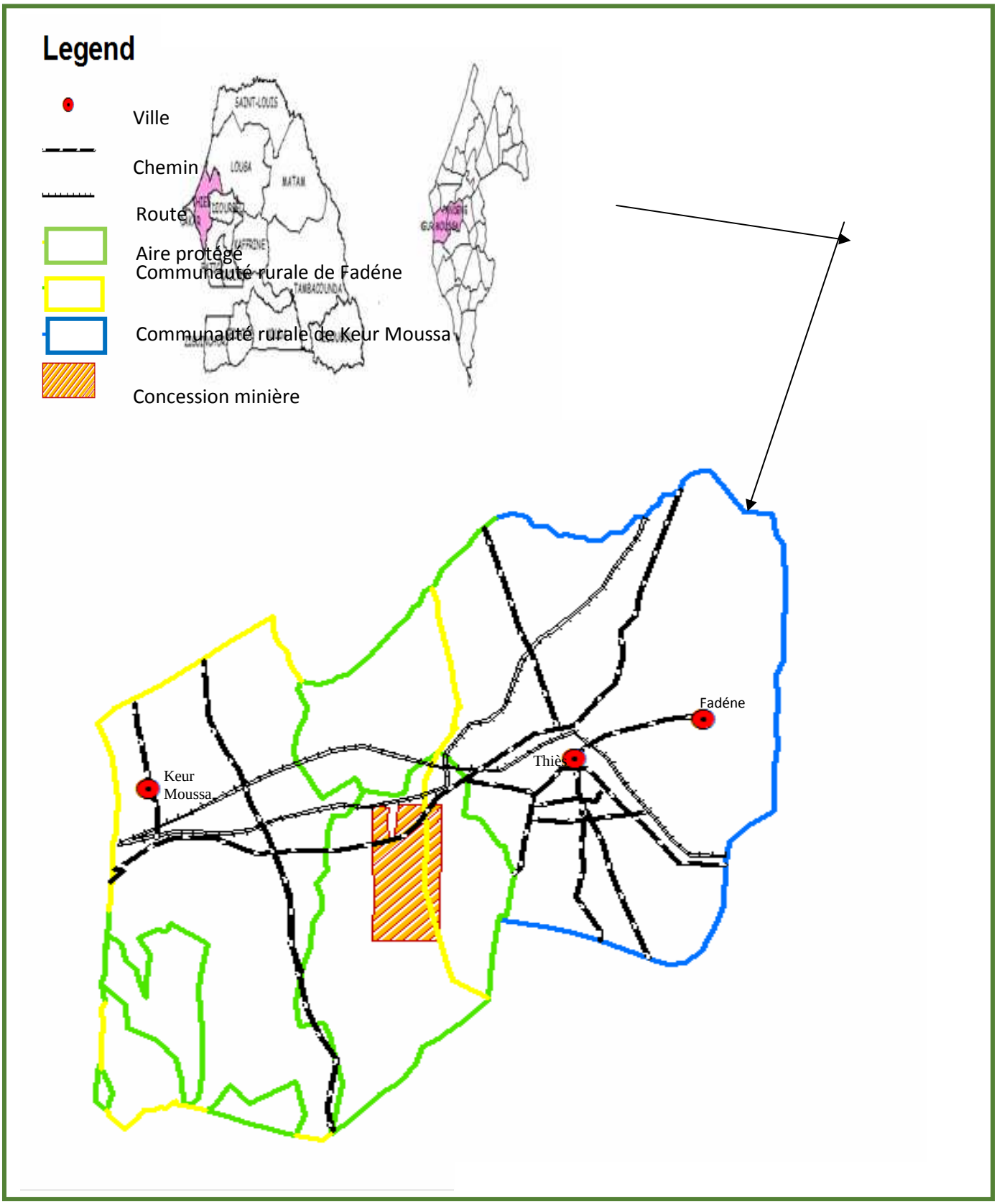


Figure1. Situation géographique d'Allou Kagne (direction de l'aménagement du territoire)

2. Contexte géologique du bassin Sénégalo-mauritanien

Le bassin sénégalais fait partie du bassin sénégalo-mauritanien, le plus vaste des bassins côtiers existant au niveau de la marge nord-ouest de l'Afrique (fig. 2). Il couvre une superficie de 340000 km² et présente 1200 à 1300 km de côte, depuis le Cap Blanc, au nord de la Mauritanie, jusqu'au Cap Roxo, au sud, en Guinée Bissau (Bellion et Guiraud, 1982). Il présente une largeur de 560 km au niveau du parallèle de Dakar, et la puissance des formations méso-cénozoïques atteint 12 000 mètres au large de la Casamance, au sud duSénégal.

Ce bassin est formé d'assises sédimentaires mésozoïques et cénozoïques dont les plus anciennes reconnues par forage datent du Jurassique supérieur (Bellion et Guiraud, 1982)

Les formations de couvertures reposent sur un substratum constitué par le Siluro-Dévonien du bassin de Bové, au sud, par la chaîne panafricaine et hercynienne des Mauritanides, à l'Est, et par le socle Précambrien granitisé et métamorphisé de la dorsale de Reguibat, au nord (Dillon et Sougy, 1974; Lecorche et al., 1985; Villeneuve et Da Rocha Araujo, 1984). Sur le flanc ouest, le bassin est ouvert sur l'Océan Atlantique.(fig. 2)

Au premier abord, le bassin présente une structure simple qui se caractérise par un socle s'abaissant d'Est en ouest. Cependant, le fond est affecté par une tectonique cassante marquée par la formation de nombreuses failles normales qui ont pu rejouer à différentes reprises (Bellion, 1987). L'épaisseur et l'âge des assises sédimentaires du bassin permettent de distinguer un domaine oriental et un domaine occidental séparé par une zone de flexure (fig.3)

Le domaine oriental se situe à l'est du méridien 15°50 ouest. Son socle s'enfonce graduellement vers l'ouest. Il est altéré et recouvert par quelques centaines de mètres de roches détritiques datées du Crétacé (Cénomanien supérieur au Maastrichtien), par des marnes et calcaires pelliculaires du Tertiaire inférieur (Flicoteaux-Dupin, 1979 in Michaud, 1984).

La zone de flexure est comprise entre les méridiens 15°30 ouest et 16°30 ouest. Son socle plonge vers l'ouest avec un pendage croissant et se situe à plus de 4000 m de profondeur au-delà de Diourbel. Ce socle est traversé par des venues magmatiques mises en relation avec l'ouverture de l'Atlantique (Liger et Roussel, 1979). La couverture est formée par une succession de roches de plus en plus anciennes d'Est en ouest, du Tertiaire au Jurassique terminal (De Spengler et al. 1966; Flicoteaux-Dupin, in Michaud, 1984)

Le domaine occidental s'étend à l'ouest du méridien 16°30 ouest et se prolonge en mer. Son socle n'a jamais été atteint et il est enfoui sous une couverture dépassant 8000 m d'épaisseur

cumulée (Bellion et Giraud, 1982), reconnue de l'Oxfordien à l'Actuel (Bellion et Giraud, 1982). Cette couverture comprend des calcaires du Jurassique supérieur, des argiles intercalées de grès fins et plus rarement des calcaires du Crétacé, et des marnes et calcaires du Tertiaire. Dans la région de la presqu'île du Cap Vert, ce domaine occidental est caractérisé par des failles parallèles à la côte découpant des blocs en horsts et grabens (De Spengler et al.1966) associés à un volcanisme Miocène moyen à Quaternaire (Cantagrel et al. 1976).

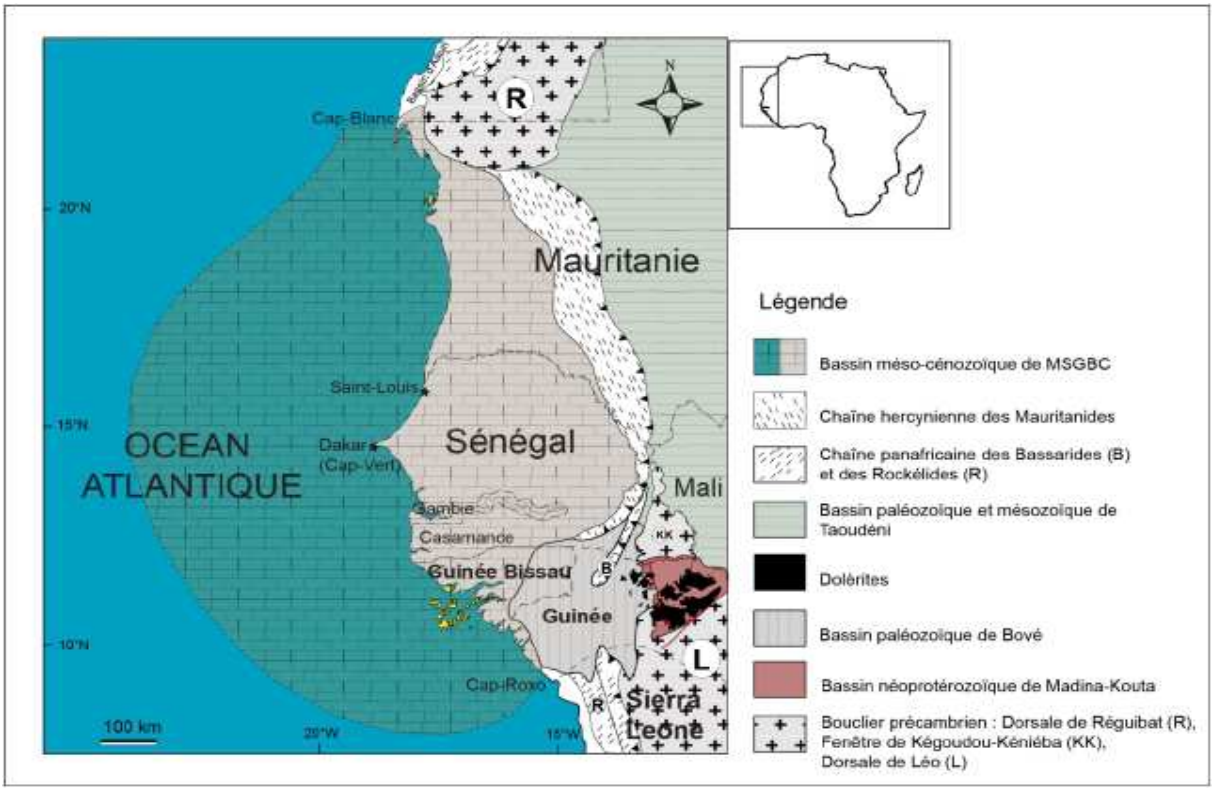


Figure 2. Contexte géologique du bassin Sénégalo-mauritanien (d'aprés Ponsard et al., 1998, modifiée)

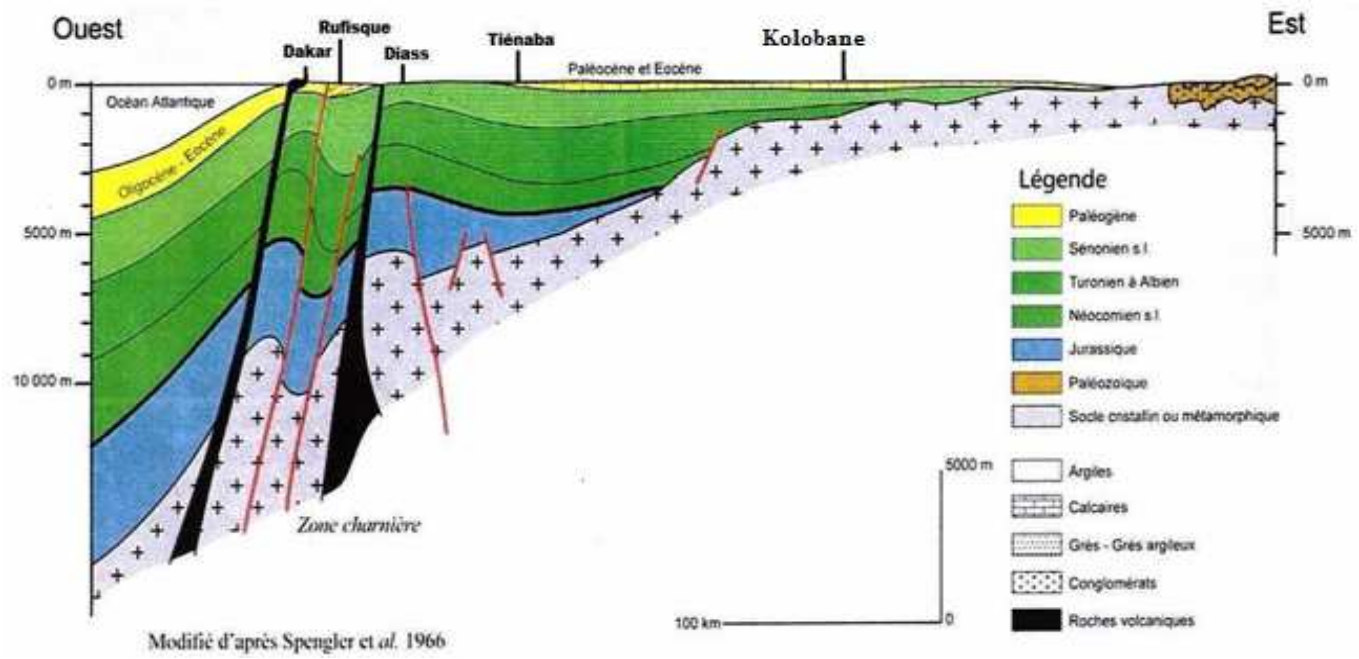


Figure 3 : Coupe schématique Est-Ouest à travers le bassin sénégalais (Spengler *et al*., 1966).

2.1. Evolution géodynamique du bassin

Le bassin Sénégalo-mauritanien se situe dans un contexte géologique de marge passive de type Atlantique. Son histoire se résumera donc en trois phases liées à l'ouverture de l'Océan Atlantique. (Fig.4)

2.1.1. La phase anté-rift

Elle se caractérise principalement par des sédiments clastiques datés du Cambrien à l'Ordovicien. La série anté- rift la plus complète a été identifiée dans les forges de DM1 et KO1. (Diamniadio 1 et Kolda 1). Deux principaux régimes tectoniques ont été identifiés dans cette série :

- Le régime extensif avec un système de blocs bascules et de horst et gabbren au sud et à l'Est du sous bassin dela Casamance ainsi qu'au sud de la région du Cap-Vert (Brownfield, M. E. and R. R. Charpentier, 2003)
- Le régime compressif au centre et au nord du bassin relatif aux orogénèses Calédonienne et hercynienne (Brownfield, M. E. and R. R. Charpentier, 2003).

2.1.2. La phase syn-rift

Cette phase s'exprime par des grès continentaux et des argiles lacustres datées du Permo-Trias inférieur surmontés par des évaporites (sel, gypse et anhydrite) disposées en dômes.

(Brownfield, M. E. and R. R. Charpentier, 2003). La tectonique dans la série syn-rift est essentiellement une tectonique extensive dominée par les mécanismes d'ouvertures de l'Atlantique central.

2.1.3. La phase post-rift

Elle se caractérise par des séries sédimentaires d'âge Jurassique moyen à Halocène (fig.2). (Brownfield, M. E. and R. R. Charpentier, 2003).

- La série post-rift est affectée par un régime en extension marqué par la présence de failles normales NE et de failles décrochantes. C'est égalementdurant cette période que débute la tectonique salifère. (Brownfield, M. E. and R. R. Charpentier, 2003)

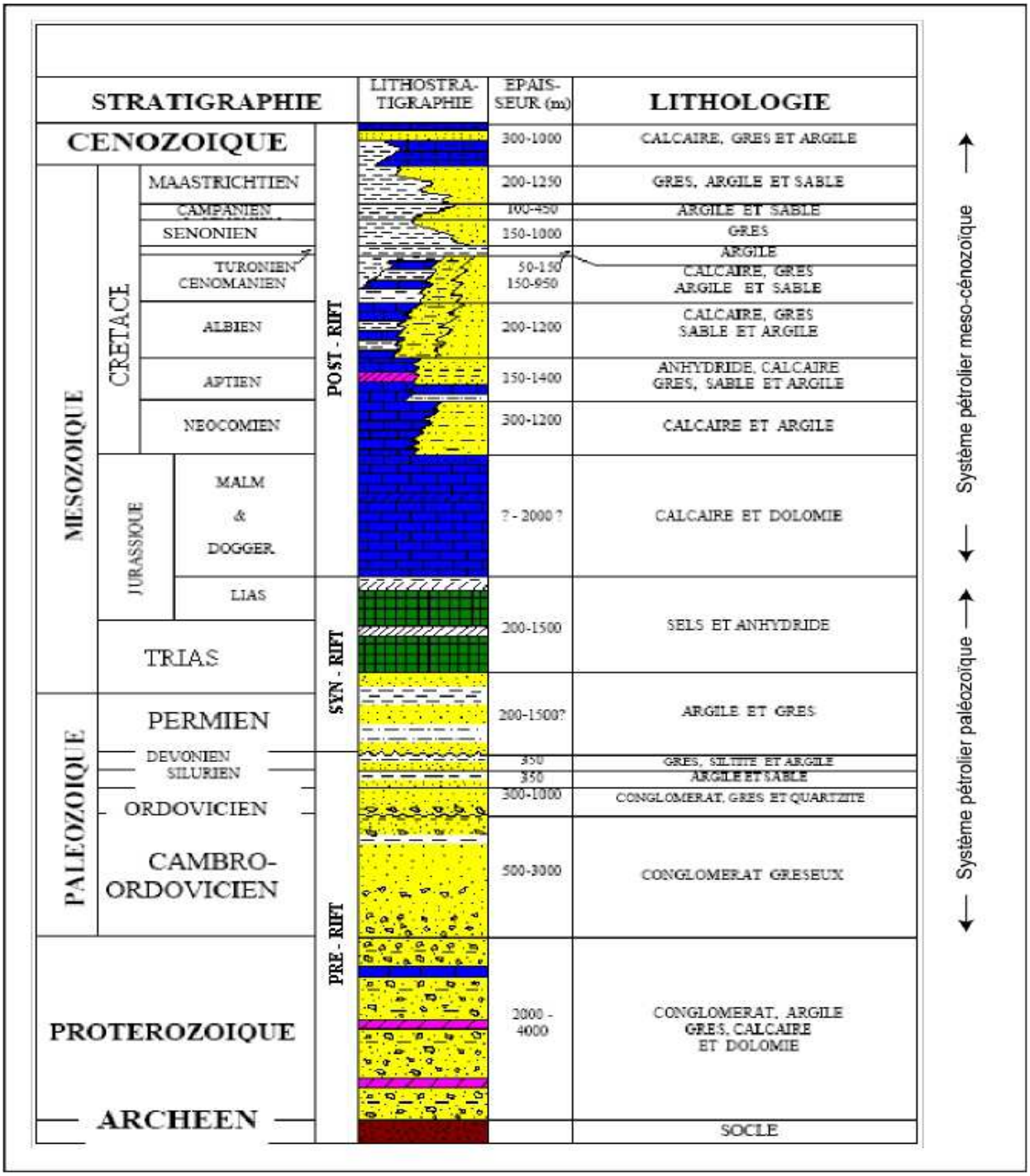


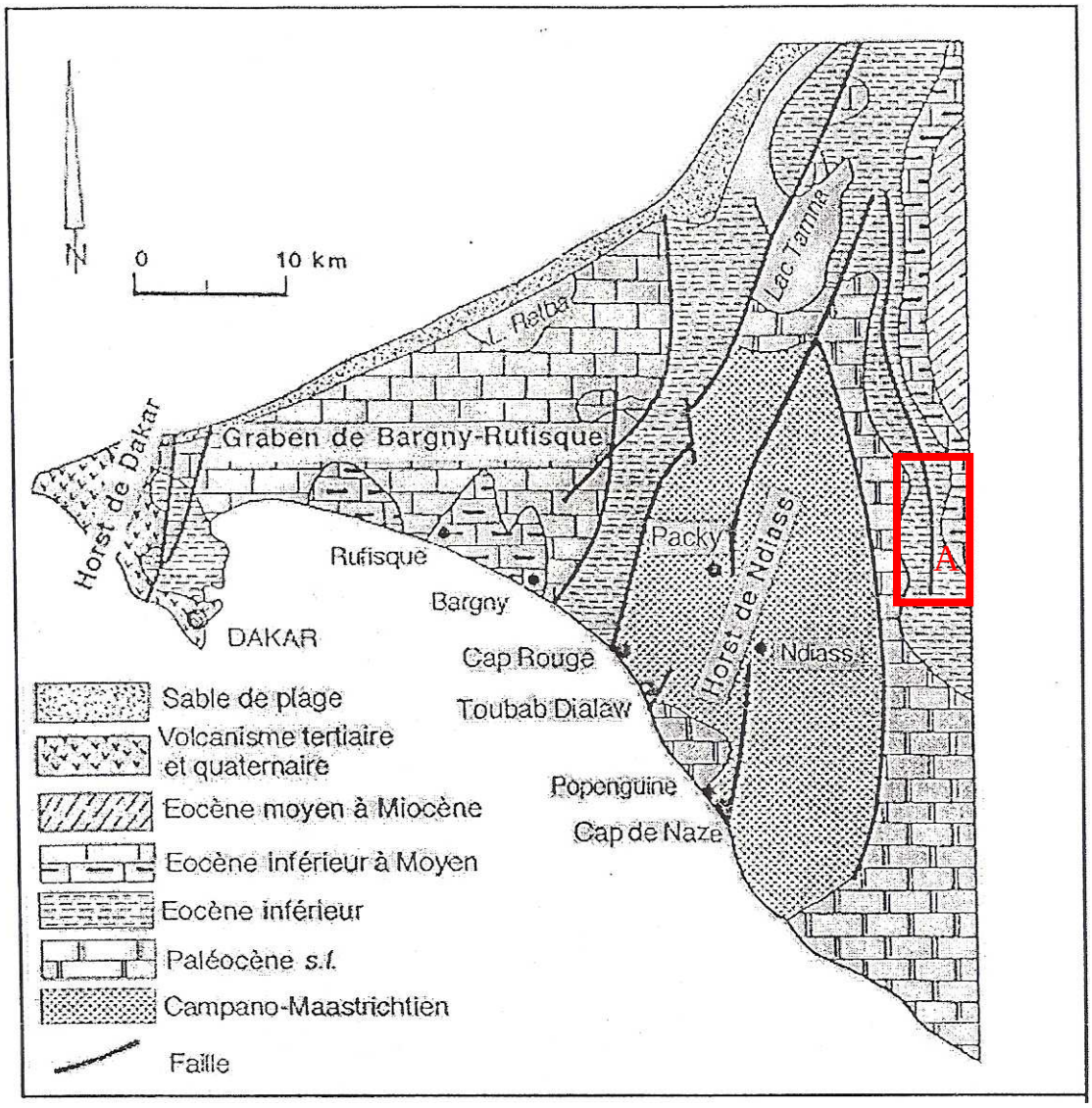
Figure 4. Colonne stratigraphique du bassin sénégalo-mauritanien montrant les trois phases Deson évolution géodynamique(Nzoussi, 1998)

3. **GEOLOGIE DU SECTEUR DE ALLOU KAGNE**

Le gisement d'attapulgite de la concession minière de la société sénégalaise des phosphates de Thiès est localisé au pied de la falaise de Thiès. La falaise de Thiès est une cuesta molle. Elle est un des rares reliefs de l'ouest du Sénégal qui se trouve à la bordure du grand synclinal sénégalais. La falaise est orientée NE-SW dans sa partie septentrionale, elle s'infléchit vers l'Est et disparaît en laissant quelques buttes témoins au sud

Ces attapulgites appartiennent aux membres de Tiémassas de la formation de Thiès

Au plan structural la présence des failles normales dans toute la partie occidentale de ce bassin permet une structuration en horst et à gabbren : horst de Dakar, gabbren deBargny-Rufisque, horst de Diass.



6

Figure 5. Affleurements de la partie occidentale du bassin Sénégalo-mauritanien dans (d'après Elouard et al., 1976). (A) localisation de la concession minière de la SSPT

3.1. **Les formations sédimentaires**

La stratigraphie des formations sédimentaires porte sur les affleurements de la région de Thiès. Elle a été établie à partir des travaux récents de Sarr et al. (2008) et Roger et al. (2009).

3.1.1. Le Crétacé terminal

Dans la partie occidentale du bassin Sénégalo-mauritanien, les terrains les plus anciens à l'affleurement sont attribués au crétacé terminal.

Le Crétacé terminal est reconnue à l'affleurement dans le horst de Diass, où ont été reconnus le Campaniens (formation de Paki) et le Maastrichtien (formation du Cap de Naze). Ces deux unités ont été réunies à l'échelle de 1/500000, dans le groupe de Diass

- Formation de Paki

Elle correspond aux grés des carrières de Paki et aux argiles noires de la base du Cap de Naze près de poponguine. Cette formation est datée du sommet du campanien par les foraminifères planctoniques.

- Formation du Cap de Naze

Elle comprend essentiellement des sables, des grès tendres et des argiles qui forment la partie supérieure de la falaise du Cap de Naze. Elle correspond également aux affleurements du Cap Rouge entre Yène et Toubab Dialaw. La formation du Cap de Naze est datée du Maastrichtien par les foraminifères benthiques et les ammonites

3.1.2. Le Paléocène

Le Paléocène marque le début d'un nouveau cycle caractérisé par l'arrêt de la sédimentation terrigène et le ralentissement de la subsidence.

Il est reconnu à l'affleurement dans la région de Ndayane et poponguine, dans la falaise sous la résidence présidentielle.

Le Danien

Le Danien affleure à ans le horst de Diass, il comprend des calcaires gréseux coquilliers et une alternance marno-calcaire de la formation de Ndayane.

Le Thanétien

Dans le horst de Diass, le long de la falaise de Thiès et la région de Mbour, le Thanétien Affleure sous faciès de calcaires coquilliers très karstifiéés qui constitue la formation de Poponguine.

3.1.3. Eocène inférieur (Yprésien)

L'Eocène inférieur est marqué par un renouvellement des faciès qui deviennent à dominante argileuse. Cette homogénéisation de la sédimentation traduit une forte poussée transgressive dont les dépôts vont déborder les limites du bassin Paléocène.

A l'Est du graben de Rufisque, en direction de Thiès et de Joal, les faciès rapportent à l'Eocène inférieur affleurant largement (Pantoir, pied de la falaise de Thiès, Ngomène). La série vient ennoyer la plateforme Paléocène.

Dans le horst de Diass et dans la région de Thiès, la formation de Thiès comprend une succession de cinq membres :

- Le Membre de Yène constitué par une calcarénite phosphatée et glauconieuse ;
- Le Membre de Tiémassasse formé d'argiles blanches à attapulgite et horizons silicifiés affleurant au sud de Mbour et au pied de la falaise de Thiès (gisement d'attapulgite Allou Kagne) ;
- le Membre de Pointe de Sarène correspond à un banc de calcaire silicifié et phosphaté à discocyclines affleurant au sud de Mbour et au pied de falaise de Thiès ;
- le membre du Ravin des Voleurs est constitué de marnes feuilletées blanches à attapulgite et de fins lits de calcaires en plaquettes ;
- le Membre de Ngazobil est formé d'une alternance de marnes et de calcaires noduleux riches en fossiles de mollusques et d'oursins. Il affleure sur la falaise littorale de Ngazobil, la partie supérieure de la falaise de Thiès et dans le secteur de Rufisque-Bargny (Cap des biches, carrière SOCOCIM)

3.1.4. Eocène moyen (Lutétien et Bartonien)

Le Lutétien est marqué par l'installation d'une plate-forme carbonatée à faciès alternants marne et carbonate, riches en faune marine (Discocyclines, oursins et Mollusques variés) .Ces dépôts sont relayés par des calcaires à nummulites caractéristiques de la fin de l'Eocène (Bartonien).

Dans le horst de Diass l'Eocène moyen a été reconnu à Toubab Dialaw sous forme d'un calcaire silicifié à Nummulites surmontant des coulées de débris (Sarr et al. 2000) autre fois interprétée comme un diatrème.

L'Eocène moyen est mal connu à l'affleurement dans le plateau de Thiès, il est connu surtout dans deux (2) formations

- la formation de Lam-Lam correspond à une alternance de marnes ocre-jaune à Discocyclines et de Calcaires à mollusques, oursins et algues. Cette formation est datée du Lutétien inférieur.

- La formation de Taïba comprend une alternance de calcaire et de marnes phosphatées à Nummulites. Elle est date du Lutétien supérieur et du Bartonien.
-

3.1.5. Eocène supérieur

La mer se retire à la fin de l'Eocène moyen mais persiste sur la marge occidentale du bassin (Dakar, Plateau de Thiès).

Dans la région de Thiès l'Eocène supérieur correspond aux minces (5 m) lits de phosphates alumino-calciques de Lam-Lam.

3.1.6. Oligocène

Dans le Plateau de Thiès il correspond aux phosphates d'alumine altérés de Lam-Lam.

3.1.7. Quaternaire

Au quaternaire les formations sont marines, continentales et volcaniques. Elles couvrent une grande partie de la presqu'île duCap Vert : ce sont lessystèmes dunaires qui unissent la tête de la presqu'île au Massif de Diass et se prolongent le long du littoral nord.

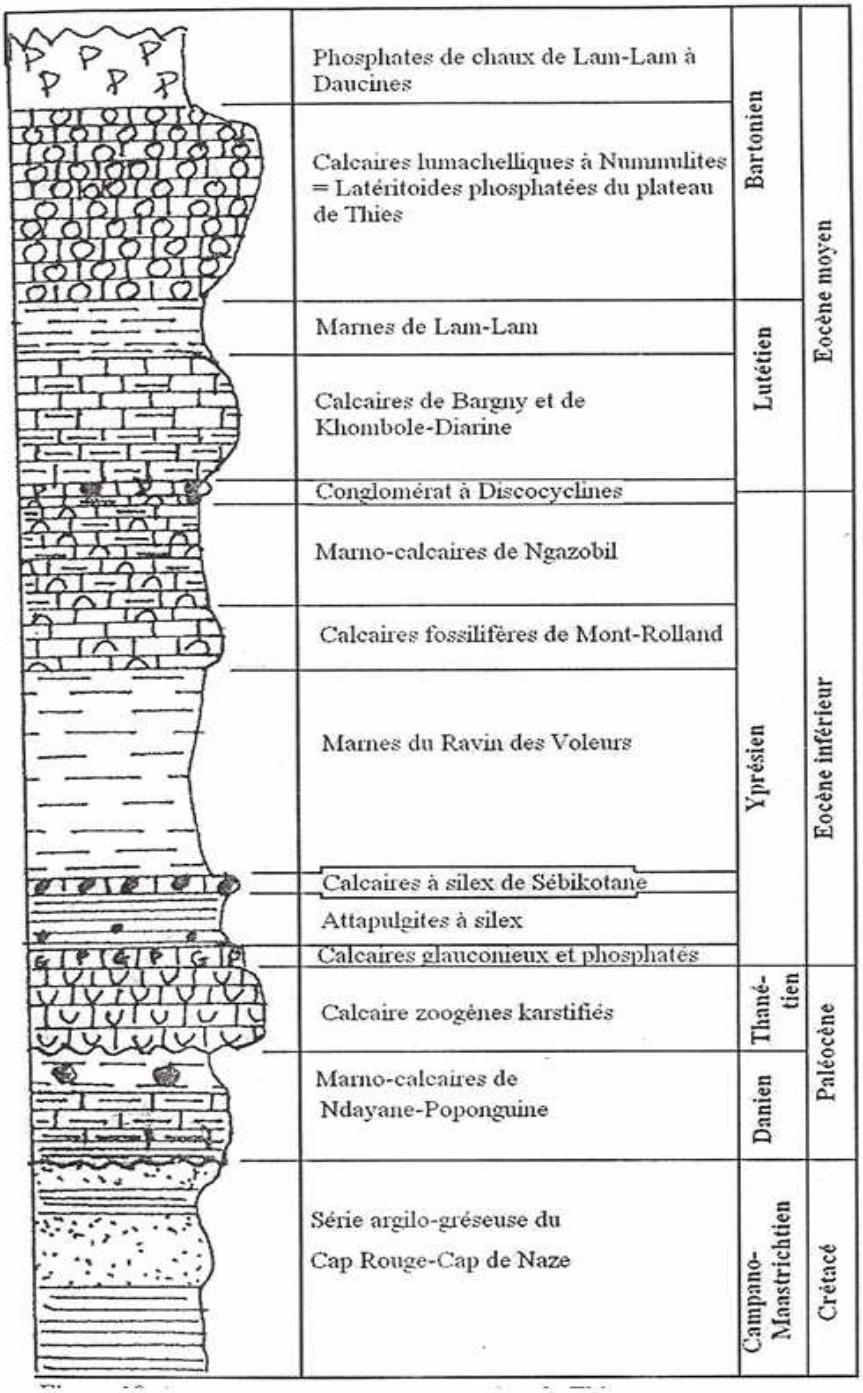


Figure 6. Log stratigraphique synthétique détaillé de la région de Thiès

3.2. **Le volcanisme**

Le volcanisme dans la région de Thiès est essentiellement représenté par un volcanisme tertiaire. Ce volcanisme peut être subdivisé en deux ensembles volcaniques: ensemble volcaniques de Thiès et ensemble volcanique de Diass.

Ensemble volcanique de Thiès

Il s'étend à l'ouest de la cuesta de Thiès où le principal affleurement est celui de Diack (deux âges publiés :7,8 et 10,3 Ma) qui est le témoin d'un ancien lac de lave basanitique établi dans un maar. A Bandia (35 Ma), redaté à 14,57 ± 0,31 Ma (cette étude), Thièo (14,5 Ma), Keur Mamour (11,75 Ma), à LamLam (12 Ma) et auRavin des Voleurs (13,3 Ma) les affleurements se présentent en filons de basanite et de néphélinite parfoisde puissance pluri décamétrique.

Ensemble volcanique de Diass

Cet ensemble volcanique est constitué de plusieurs petits affleurements de roches volcaniques:

- la coulée de basanite de Seune Sérère y a été datée à 13 Ma;
- des filons à Khazabe et au Cap de Naze ;
- des brèches associées aux failles comme à Toubab Dialaw. Antérieurement interprétées comme des brèches de diatrème volcanique par Sarr *et al*. (2000) ces brèches ont été réinterprétées comme des coulées de débris non volcaniques de cône de bas de talus.

3.3. Cadre structural

Plusieurs études de géologie structurale ont été effectuées dans la partie occidentale du bassin Sénégalo- mauritanien. Les premiers travaux, ceux de Martin(1966) ont mis en évidence la présence de plusieurs structures régionales essentiellement orientées NS, NNE tel que : la faille de la falaise de Thiès, la faille de Ngomène-Bandia, la faille de Fouloum, la faille de sébikotane et la faille de l'école William Ponty prolongée par celle de Kayar.

Par la suite les travaux de la mission américain Esso Exploration Inc(1966) ainsi que ceux de Faye (1983), de Bellion (1987) et de Lompo (1987) ont permis de distingue quatre principales directions structurales : les directions majeurs NNE et NW et les directions secondaires NE et NS.

Les travaux de MPassi (2004) distinguent quatre unités directionnelles : NW-SE, NS à NNE-SSW, NE-SW dans les structures cassantes.

En outre, il distingue des structures semi-ductiles (fente en échelon) et ductiles (schistosité, linéation et pli).

CHAPITRE Ⅱ : LES GISEMENTS D'ATTAPULGITES

1. GENERALITE

Les attapulgites (ou palygorskites) et sépiolites sont des minéraux argileux magnésiens qui se présentent le plus souvent en fibres de 1 à 3 microns de long et dont l'importante surface spécifique (100 à 400 m²/g) se traduit par une grande capacité d'absorption et d'adsorption. Elles peuvent ainsi absorber jusqu'à 110 % de leur poids en eau. Les argiles qui les contiennent peuvent se présenter sous des faciès variés : compacts, terreux ou en plaques.
Si elles trouvent des applications dans le domaine industriel, notamment pour absorber les huiles, elles sont utilisées à 88 % pour des usages « grand public » en tant que litières pour animaux domestiques. Elles servent également de supports dans les produits phytosanitaires et d'agents actifs des pansements gastriques en pharmacie.
La formule générale de l'attapulgite est $(Mg, Al)_5(Si, Al)_8O_{20}(OH)_2 8H_2O$. Ce minéral, de la classe des phyllosilicates, appartient au système monoclinique (figure 8)

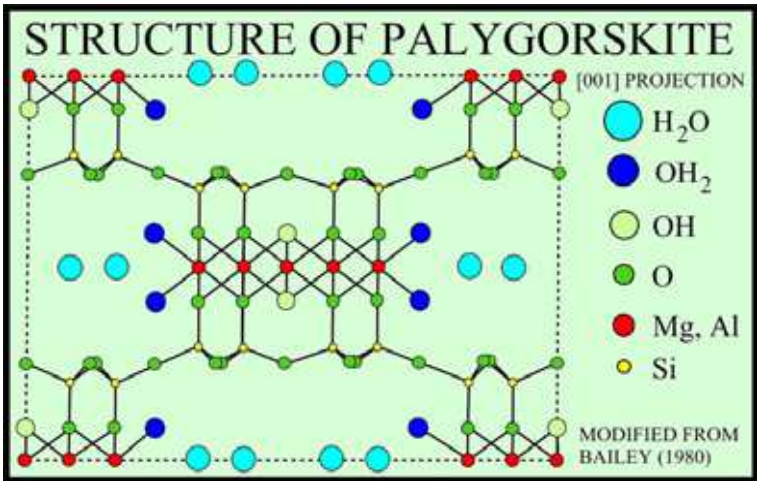


Figure 7.- Extrait de *U. S. Geological Survey Open-File Report* 01-041 Analyses

2. GENESE ET DIFFERNTS TYPES DE GISEMENTS

2.1. Genèse des attapulgites

Le minéral caractéristique de la base des formations phosphatées du Sénégal est un palygorskite alumineuse et ferrifère .les fossiles (dents et vertèbres de poisson par exemple) attestent que l'argile saline appartient .à une sédimentation marine basique typique à calcaire. L'attapulgite ne peuvent être héritée ni des sols, ni de roches ; elle est néoformée au cours de la sédimentation.

L'histoire géologique des zones à attapulgites du Sénégal peut se résumer comme suit :

- à la limite du Crétacé et du Tertiaire, le Maestrichtien subit une déformation anticlinale que la transgression Paléocène nivelle tout en permettant l'émersion possible d'ilots Maestrichtiens,--à la fin du Paléocène, l'anticlinal émerge et se trouve largement érodé. Les flancs Est et Ouest sont karsttifiés,--La transgression Eocène fossilise les structures précédemment ébauchées .La sédimentation marine en lieu calme donne les attapulgite,-à la fin de l'Eocène inférieur la ride anticlinal bascule .L'individualisation du horst de Diass et de la dépression du lac tanma date de cette époque .L'ébauche de la falaise de Thiès se fait par recul d'érosion, Les attapulgites érodées sont recouvertes par des gravillons latéritiques souvent enrobés d'argile noirâtre appelés << poto-poto>> dont l'épaisseur varie, selon les zones de 1m à 6m.

2.2. Les différents types d'attapulgites

L'attapulgite se rencontre soit comme élément constitutif plus ou moins important de certaines roches, soit à l'état presque pur. En principe, l'attapulgite naturelle contient 70% à 80%d'attapulgite proprement dit ; 10% à 15% de montmorillonite, de sépiolite et d'autres argiles ; 4% à 5%de quartz et 1à 5% de calcite ou dolomie.

Nous connaissons les attapulgites grasses, maigres, plastiques et, celles qui recouvrent leur désignation d'après les éléments principaux qu'elles contiennent. Parmi ces dernière nous citerons:

- les attapulgites alumineuses qui comportent une substitution de Al à Si – les attapulgites calcaires.
- les attapulgites silicifiées.
- les attapulgites ferrifères.
- les attapulgites manganésifères dans lesquelles une petite quantité de Mn2 remplace Mg.
- – les attapulgites nickélifères où le nickel remplace le magnésium.

Comme le signal P. ELOUARD(1996) l'attapulgite du Sénégal ne se présente pas en lentilles plus ou moins importantes insérées dans une assise géologique mais constitue elle-même une assise géologique.

De fait les gisements et indices connus se distribuent le long du contact Paléocène-Eocène qui court en zigzagant de la pointe Sarène et à Mbodiène, au sud, à Fouloum et Mont Roland, au nord.

Outre les gites bien étudiés de Pout,Fouloum, Nianing, et Mbodiène, Wirth rapporte également avoir testé des échantillons <<provenant des régions des régions de Nguik, thièo, Gagnabougou et Gandigal>>précisant les résultats enregistrés au point de vue teneur en calcaire en silice sont encourageants

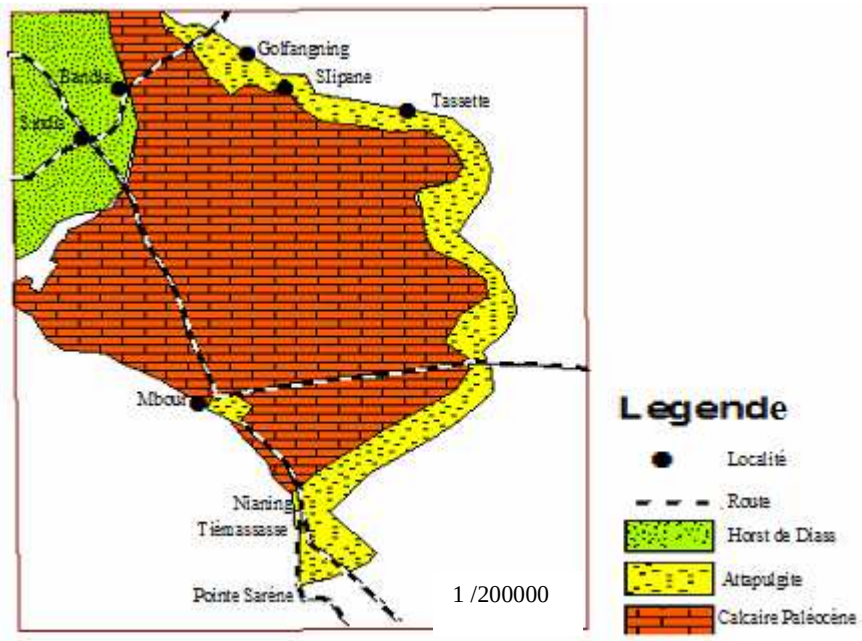


Figure 8. Localisation des gisements d'attapulgite autour du horst de Diass (P. Elouard 1966 modifié)

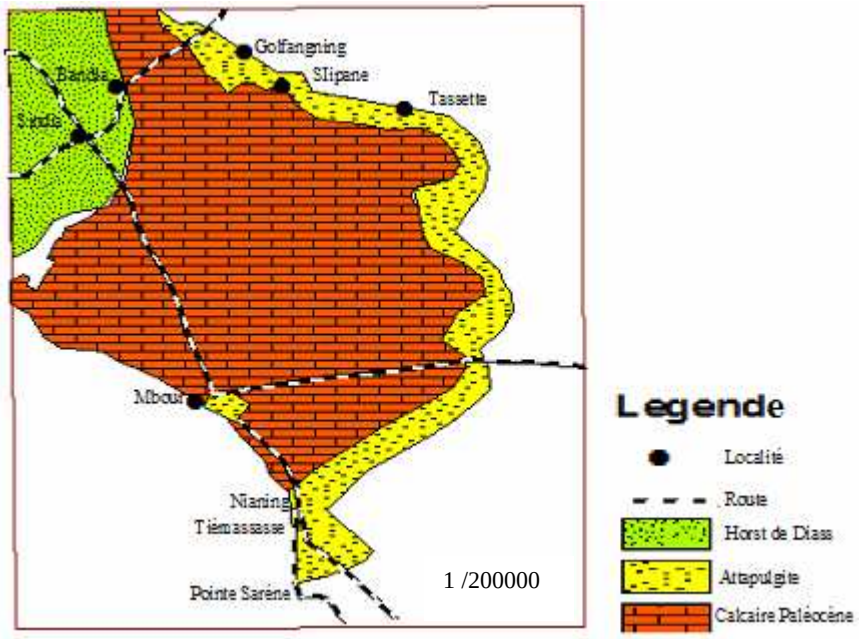


Figure 9.Localisation des gisements d'attapulgites autour du horst de Diass (P. Elouard 1966 modifié)

3. LES DIFFERENTS TYPES D'ATTAPULGITES EXPLOITES A ALLOU KAGNE

Le gisement d'attapulgite de la concession minière de la société Sénégalaise des phosphates de Thiès ne se présente pas en lentille plus ou moins importantes insérées dans des assises géologiques mais constitue elle-même une assise géologique comme tous les gisements d'attapulgite de la partie occidentale du bassin Sénégalo-mauritanien. Selon L. Wirth, de la faculté des sciences de l'université Cheikh Anta Diop de Dakar qui reprend P Elouard(1966), la formation à attapulgite se situe à la base de l'Eocène entre les calcaires karstiques du Paléocène et les marnes à attapulgites de l'Eocène inférieur.

L'attapulgite exploite est une attapulgite calcaire qui se présente sous différent faciès. Une attapulgite débité en banc décimétrique compact avec des inclusions de nodules de silex, de phospharénitesilicifiées et des poches de latérite. Une attapulgite débité en plaquette et présentantl'aspect d'une roche broché avec des taches noires.

4. PROCESSUS PROSPECTION

La prospection désigne l'ensemble des travaux de recherches qui concourent à la découverte et/ou à l'évaluation du gisement. Elle englobe les opérations de fonçages (puits et sondages), de descriptions géologiques, d'échantillonnages, de transferts d'échantillons au laboratoire pour les analyses et les opérations de traitement des résultats.

Nous avons commencé par une étude de terrain suivi d'une cartographie du secteur et l'établissement d'un plan de sondage.

Le plan de sondage consiste à faire des puits ou sondages au niveau des points d'intersection entre les lignes NE-SW et les profils NW-SE. Ces points ont la même équidistance en fonction du système de maillage utilisé. Nous avons effectué deux systèmes de maillages :

-la maille 200

-la maille 50

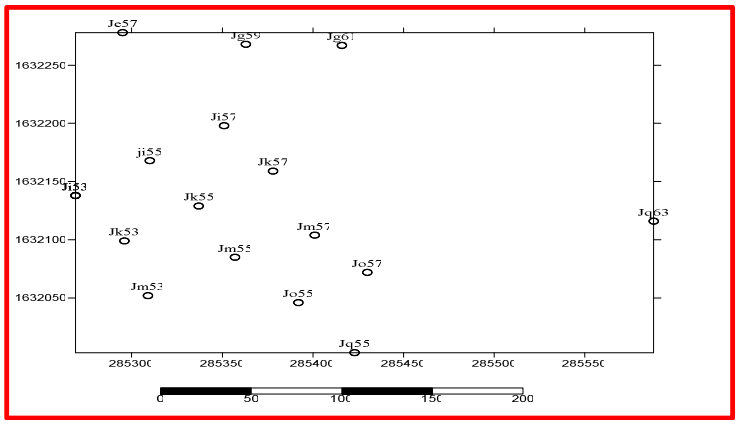


Figure 10. Prospect à maille 50

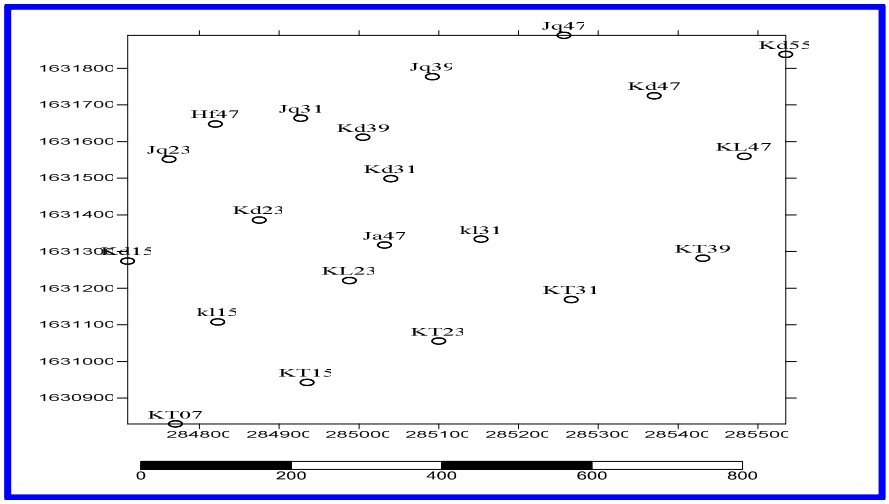


Figure 11. Prospect à maille 200

5. PROCESSUS D'EXPLOITATION

Inaugurée à la veille des indépendances, la Société Sénégalaise des Phosphates de Thiès (SSTP) était jusqu'en Avril 1998 une société nationale .A ses débuts, elle s'identifiait à l'usine de Lam-Lam qui traite le minerai provenant de la carrière d'Allou Kagne et en 1986 une usine est installée sur le site d'Allou Kagne

L'usine de Lam-Lam produit du phosphate de chaux, du phosphate d'alumines et du clinker alors que sur celle de Allou kagne c'est seulement de l'attapulgite qui y est traité. La production des deux usines est destinées à l'exportation et est transportée régulièrement par voie ferrée jusqu'au Port autonome de Dakar où la société dispose d'un terminal.

En 1998, la société est entièrement privatisée et devient une filiale d'une entreprise Espagnol, le TOSLA de Madrid. Ses acquéreurs sont particulièrement intéressés par l'attapulgite, la production d'attapulgite est actuellement la principale activité au niveau de la société.

A Allou Kagne on a une mine à ciel ouvert. Dans le premier temps on commence par réaliser des pistes de productions et puis préparé les parbas ou aires de Pré- séchage. L'extraction s'effectue sur le minerai en fonction des commandes, puis il sera traité par voie mécanique et par voie thermique au niveau de l'usine.

Le processus d'exploitation comporte l'extraction du minerai, son transport, son analyse et puis son traitement.[2].0

5.1. Extraction et transport du minerai

D'abord on procède au décapage où on enlève le recouvrement constitué de stérile à l'aide de bulldozer. Les déblais sont acheminés dans des zones déjà exploité ou dans une zone aménagée à cet effet.

L'extraction se fait à l'aide de pelles mécaniques qui extraient le minerai et le chargent dans des camions de 20m³qui le déversent sur les parbas (figure 13.).

Le minerai extrait de la mine est acheminé directement vers les parbas pour le séchage au soleil. Chaque parbas est divisé en blocs (**Fig.14)**. L'ensemble des parbas occupe une superficie de 80 ha.

Après un processus de foisonnement et de retournement respectivement par un bull et un tracteur (figure 15), le minerai est séché pendant deux à trois semaines avec des séries d'échantillonnage pour le contrôle de l'humidité et de la densité. Et enfin le minerai est transporté directement au niveau des stocks tampons ou au niveau de l'usine

Figure 12. Extraction du minerai par pelle mécanique et camion

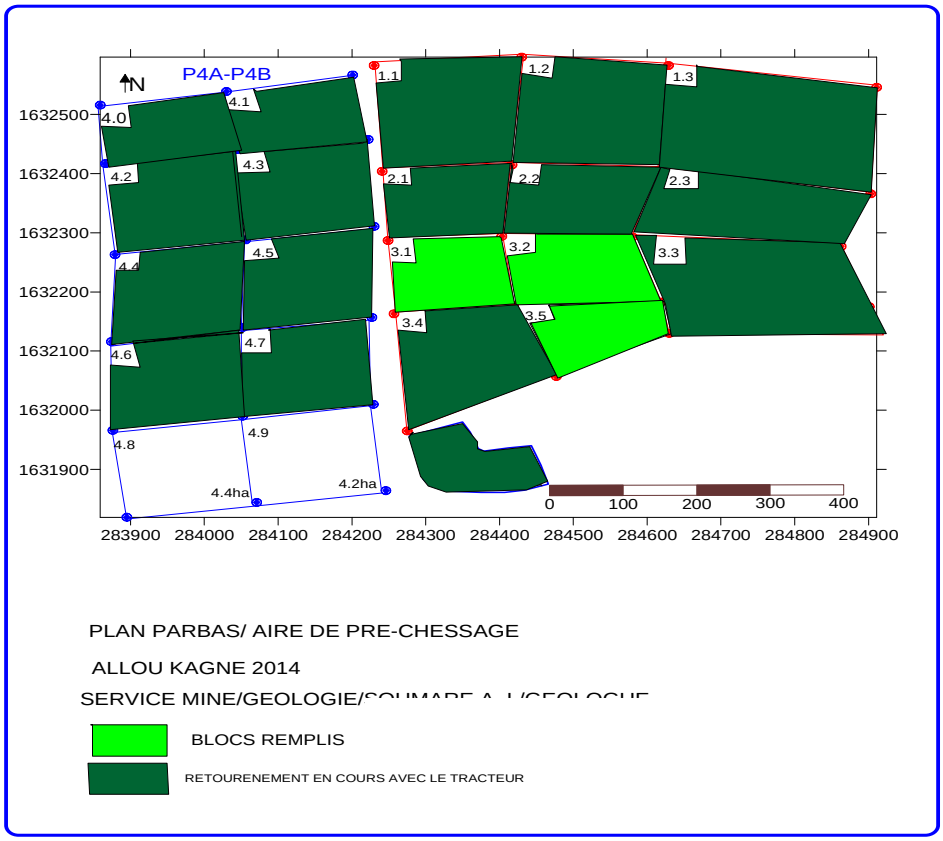


Figure 13. Plan des parbas

Figure 14. Etalement du minerai sur les parbas

5.2. Le **traitement du minerai**

Le traitement du minerai se fait de deuxfaçons : le traitement mécanique et le traitement thermique

5.2.1. Le traitement mécanique

Le traitement mécanique commence par la trémie A1 et se termine par la trémie C5.IL permet d'obtenir un produit granulométriques inférieur à 6 ,3mm. La chaine de traitement mécanique comprend ; un concasseur principal, trois (3) broyeurs (simons, laminoires et Moritz), deux (2) groupes de cribles (elivar et chauvin), les trémies A1, A5, C5 et plusieurs transporteurs.

5.2.2. Traitement thermique

Il s'agit de faire le séchage du produit à travers un four rotatif .Ce four rotatif est constitué :

-d'une chambre magmatique qui est constituée par des briques réfractaires et une flamme qui induit la température à l'intérieur du four.

-d'un système de ventilation constitué par un ventilos de dilution qui permet d'abaisser la température à l'intérieur de la chambre de chauffe et un ventilos de combustion qui permet de canaliser la flamme à l'intérieur de la chambre de chauffage.

-d'une virole qui en faisant des inclinaisons et des rotations, permet au produit de glisser et d'être évacuer au niveau de la Genevet

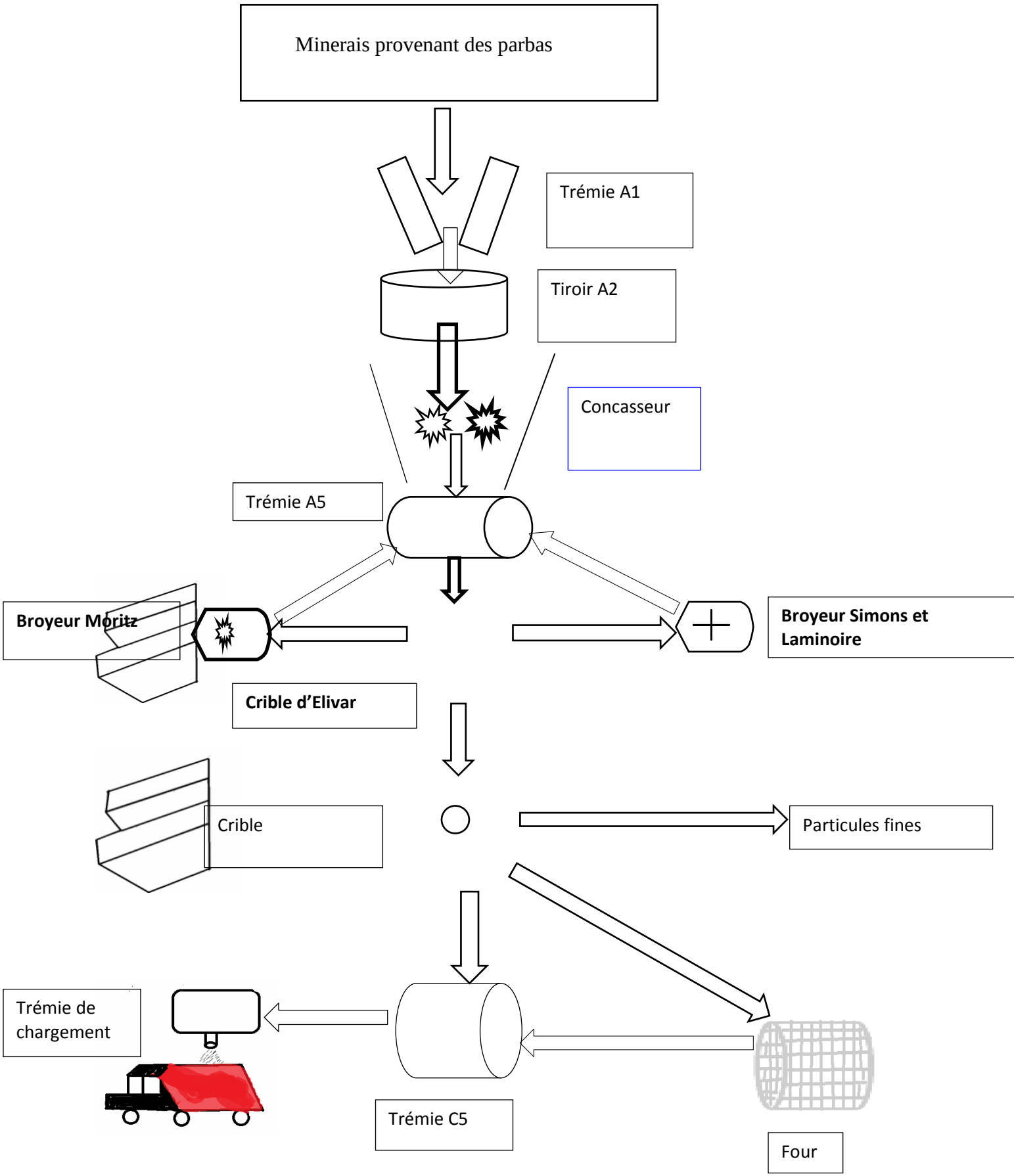


Figure 15. Chaine du traitement du minerai

6. MZTHODOLOGIE

Ce travail consiste d'abord a réalisé des puits sur les deux prospects, le prospect nord et le prospect sud. Chaque puits a un diamètre de quatre-vingt centimètre avec une profondeur de vingt mètres en moyennes.

Après avoir dépassé le recouvrement nous prélevons des échantillons à chaque mètre de fonçage que nous mettons dans un sachet en plastique avec toutes les références (nom du puits, profondeur et référence de l'échantillon).Chaque échantillon du puits est passé au broyeurs de Griblex (figure 12.) ; la sortie est également quartée au Jones (figure 13.). Les échantillons de chaque puits sont envoyés au laboratoire accompagnés d'un bordereau d'analyse sur lequel sont mentionnés tous les paramètres à déterminer tels que %CaCO3, l'humidité, la densité et l'absorption. Dans le cadre de notre étude nous avons besoin uniquement du pourcentage de carbonate de calcium.

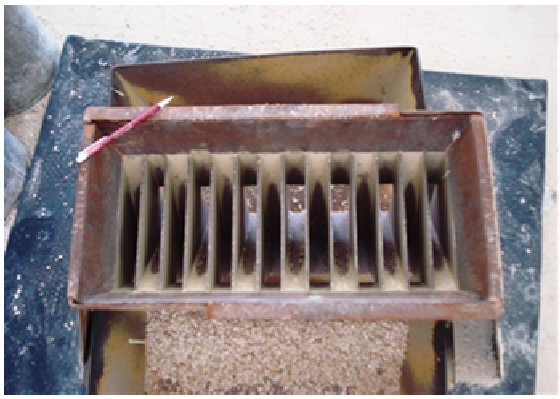


Figure 16. GriblexFigure 17. Séparateur de Jones

Après l'analyse au laboratoire les résultats sont consignés dans un tableau. Ce sont ces résultats qu'on utilisera pour faire une partie de notre étude.

Ensuite nous avons effectués une étude microtectoniques sur le front de taille des carrières. Pour la réalisation de ces travaux nous avons utilisé d'une boussole, d'un GPS, et d'un carnet pour les prises de notes.

L'exploitation des données a été possible grâce aux logiciels surfer 11, Map info 11.5 et stéréogramme et Arc gis 9.3

CHAPITRE Ⅲ : LES CONTRAINTES LITHOCHIMIQUES DU GISEMENT D'ATTAPULGITE D'ALLOU KAGNE

1. POSITION DU PROSPECT NORD

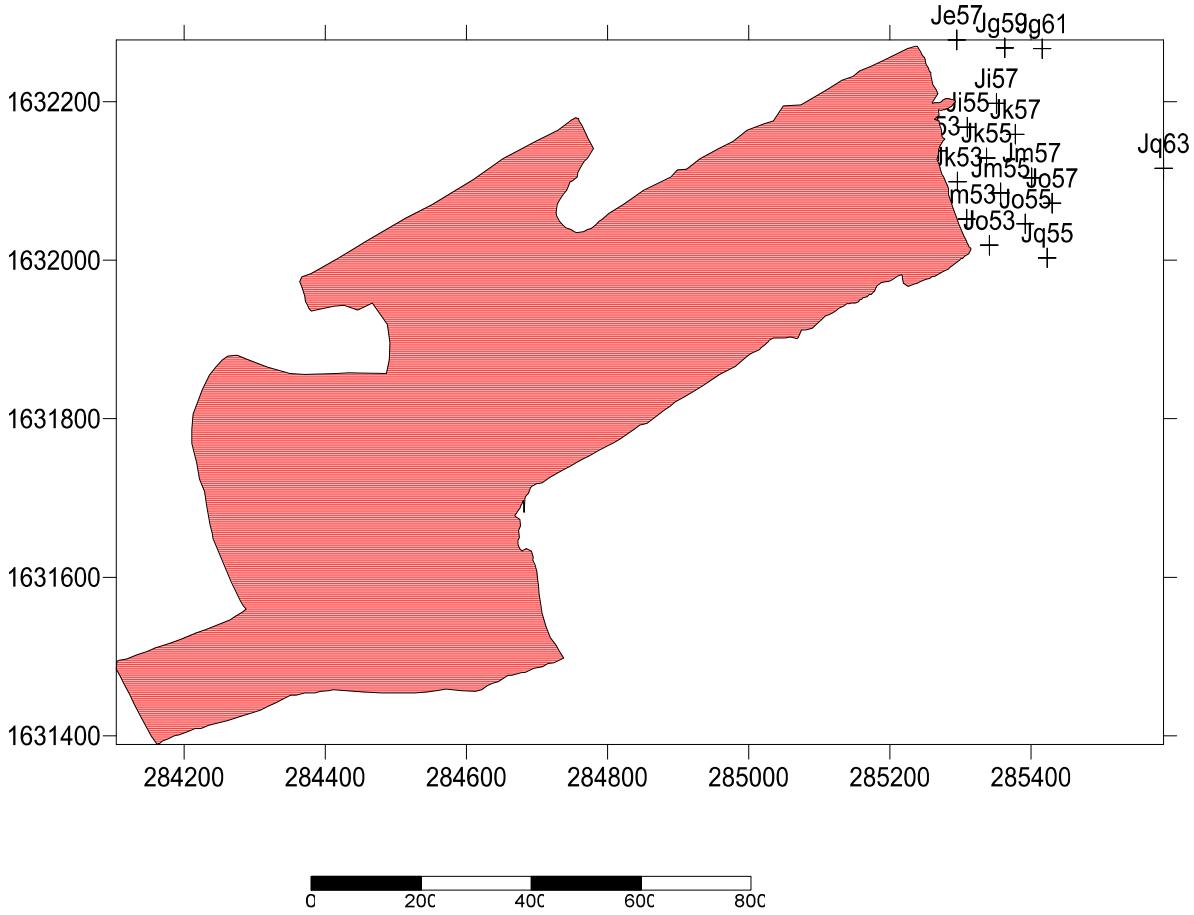


Figure 18. Prospectnord

Le prospect situé au nord de la mine est constitué de 17 sondages à maille 50 X 50m

1.1. Distribution horizontale du CaCO3 dans le prospect nord.

1.1.1. Distribution horizontale du %CaCO3>20 dans le prospect situé nord

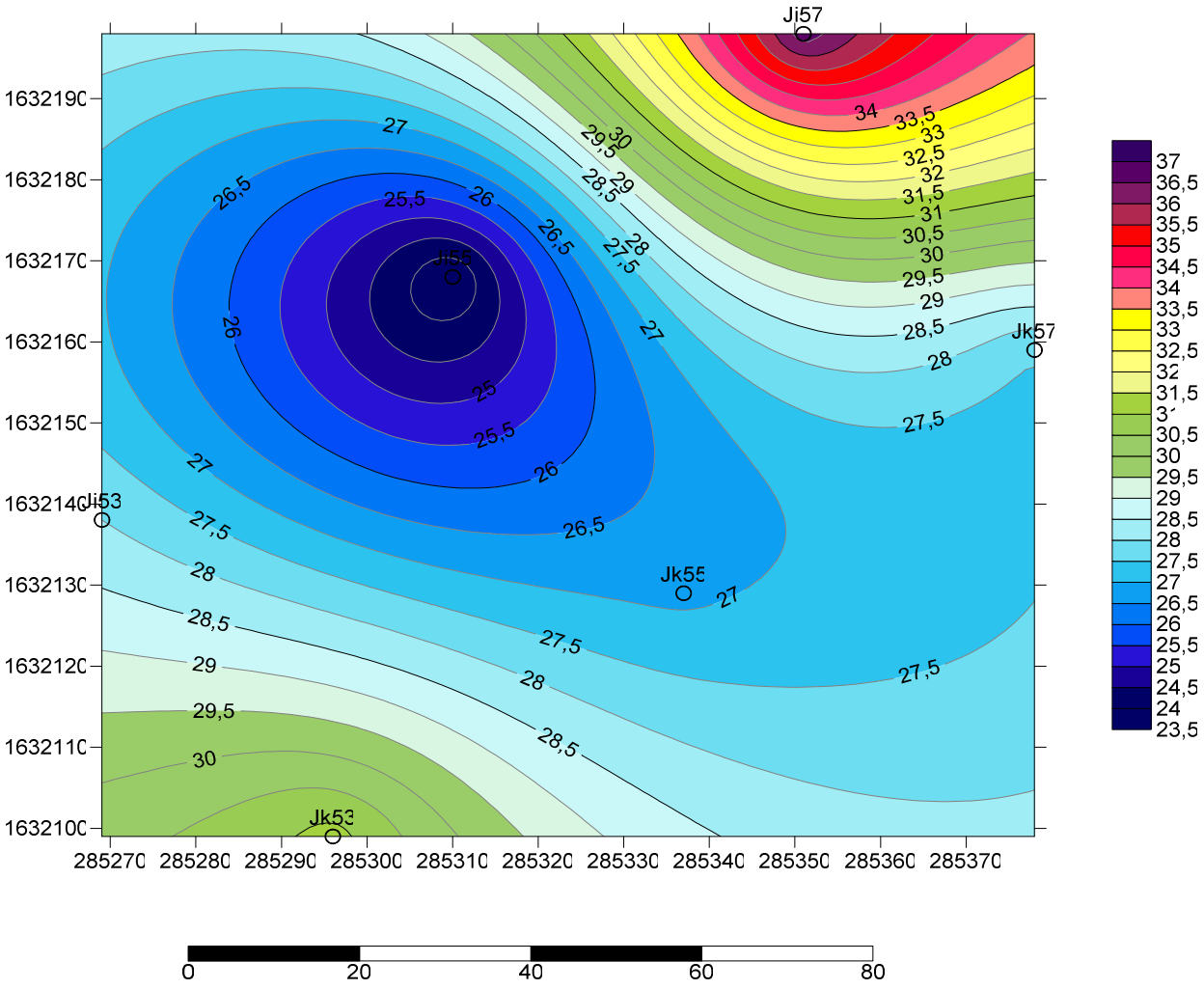


Figure19.Variogramme du %CaCO3 supérieur à 20 dans le prospect nord

La carte de la figure 20 montre que les teneurs de bicarbonate de calcium varient de 23.5 à 37%.Les plus fortes teneurs se rencontrent au Nord-est et elle diminue progressivement vers le centre pour atteindre des teneurs de 23.5. Elle diminue aussi du Sud-est vers le centre pour atteindre la même valeur.

Les plus fortes teneurs se trouvent autour du puits Ji57 et la plus faible teneur se rencontre au niveau du puis Ji55

1.1.2. Distribution horizontale du %CaCO3<20 dans le prospect nord

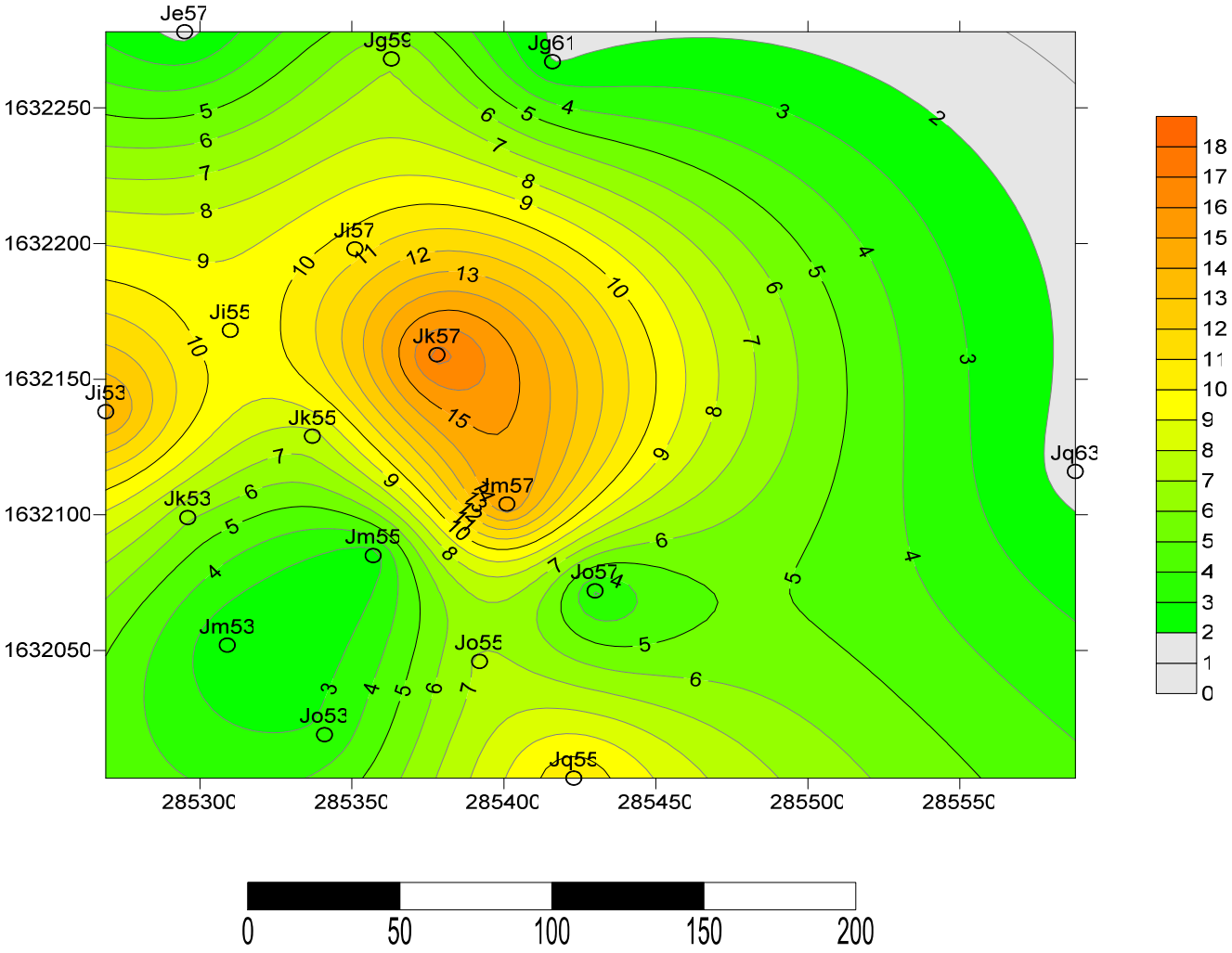


Figure20. Variogramme du %CaCO3<20 dans le prospect au nord

La carte de la figure 16 montre que les teneurs en CaCO3 varient de 0 à 18%. Les plus fortes teneurs se rencontrent au centre et diminuent progressivement vers, le Nord-est, l'Est, le Nord-ouest et le sud-ouest pour atteindre des teneurs de 0 à 1% au nord-est. A l'Ouest et au sud nous avons des teneurs qui tournent autour de 7 à10%.

Les plus fortes teneurs se rencontrent autour du puits Jk57 et la plus faible au niveau du puits Je57.

1.2. Distribution verticale du CaCO3 dans le prospect nord

1.2.1. Épaisseur du minerai titrant plus 20% de CaCO3 dans le prospect nord

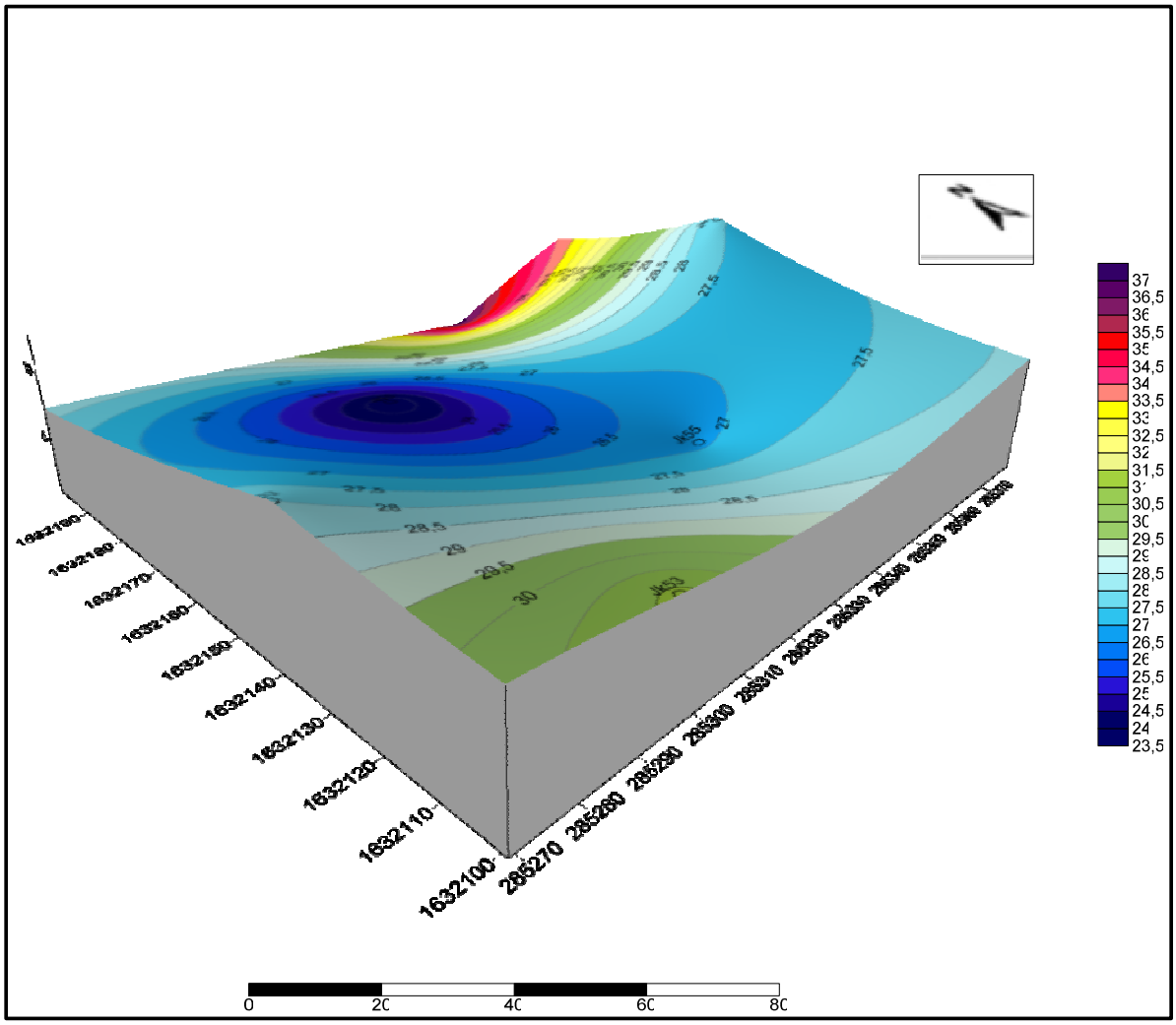


Figure 21.Représentation en 3D de la variation du %CaCO3>20 avec la profondeur dans le prospect nord

Les minerais (Figure 22) qui sont dans l'axe N.NW-S.SW, et dans l'axe Est-Ouest, ont des teneurs de 24 à 30% de CaCoO3 avec des épaisseurs très importantes.Au Nord-est le minerai a les concentrations les plus fortes avec des épaisseurs faibles, contrairement au Sud-estoù nous avons les épaisseurs les plus faibles avec des teneurs tournant autour de 27%.

1.2.2 Epaisseur du minerai titrant moins de 20%de CaCO3 dans le prospect nord

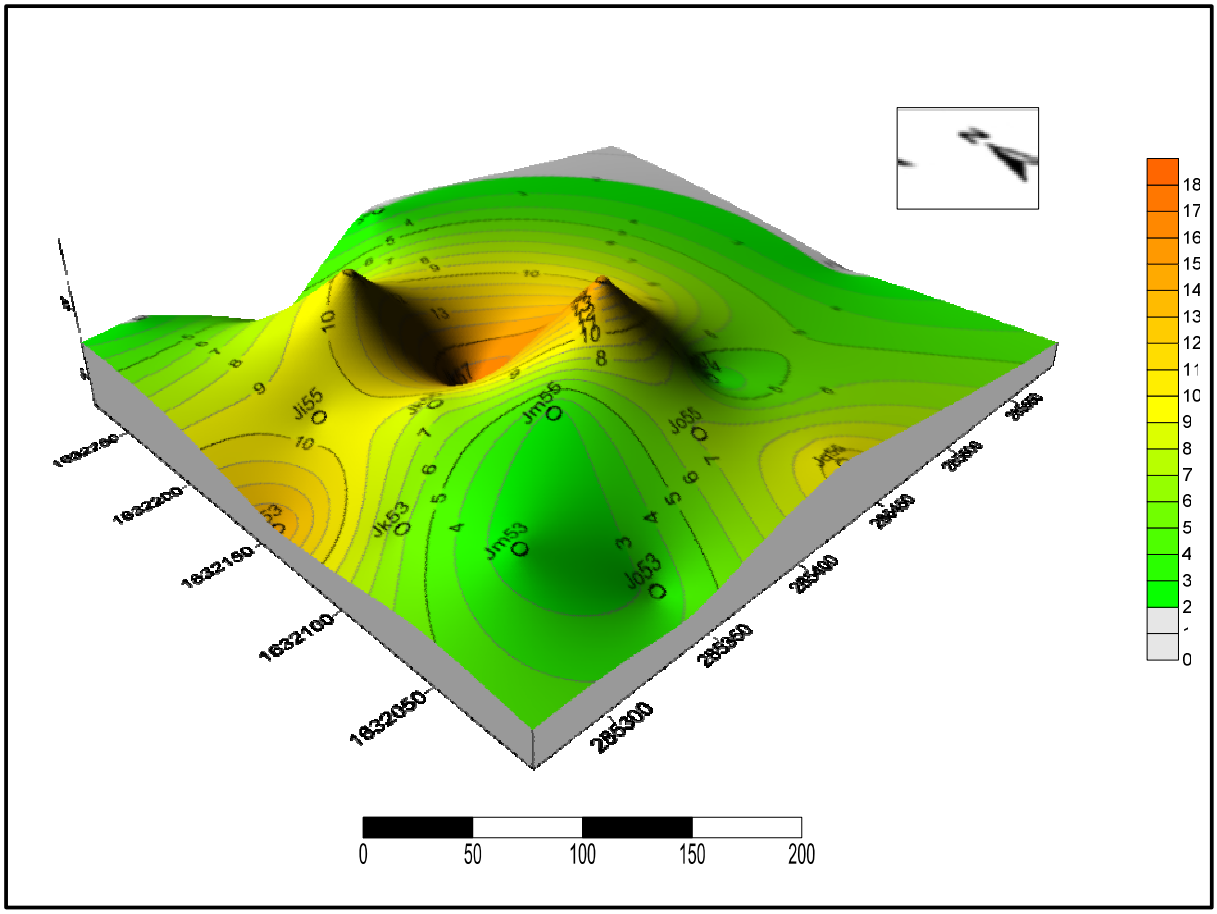


Figure22.Représentation en 3D de la variation du %CaCO3<20 avec la profondeur dans le prospect nord

Le minerai (figure23) est à épaisseur faible au nord, à l'Est et à L'Ouest avec les épaisseurs les plus faibles à L'Ouest où les teneurs en CaCO3 sont plus élevées que celles retrouvées au nord et à l'Est.

L'épaisseur du minerai varie de 3 à 15m. Les plus fortes épaisseurs se rencontrent un peu vers le Nord-Est et au centre. Les plus fortes épaisseurs se trouvent au niveau du puits Ji57 et Jm57 et présentent des teneurs acceptables. Entre les deux nous une sorte de dépression où l'épaisseur est faible avec des teneurs en CaCO3 les plus élevées.

Au n=Nord-Ouest et au Sud le minerai a une épaisseur de 6.5 à 8m avec des teneurs en CaCO3 de 5% à 9%

2. POSITION DU PROSPECT NORD

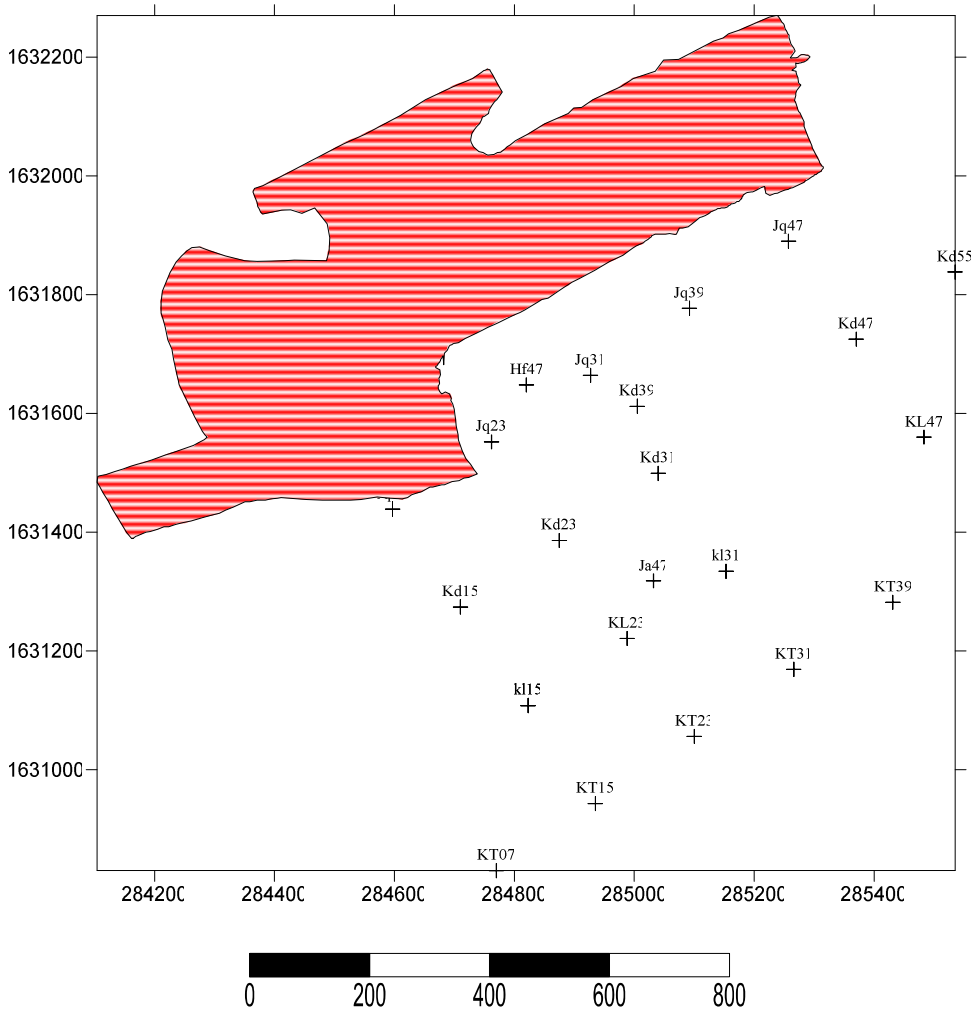


Figure 23. Prospect sud

Le prospecte situé au sud de la carrière, il est composé de 27 puits à maille 200 x 200m

2.1. Distribution horizontale du carbonate de calcium dans le prospect sud

2.1.1. Distribution horizontale du %CaCO3>20 dans le prospect sud

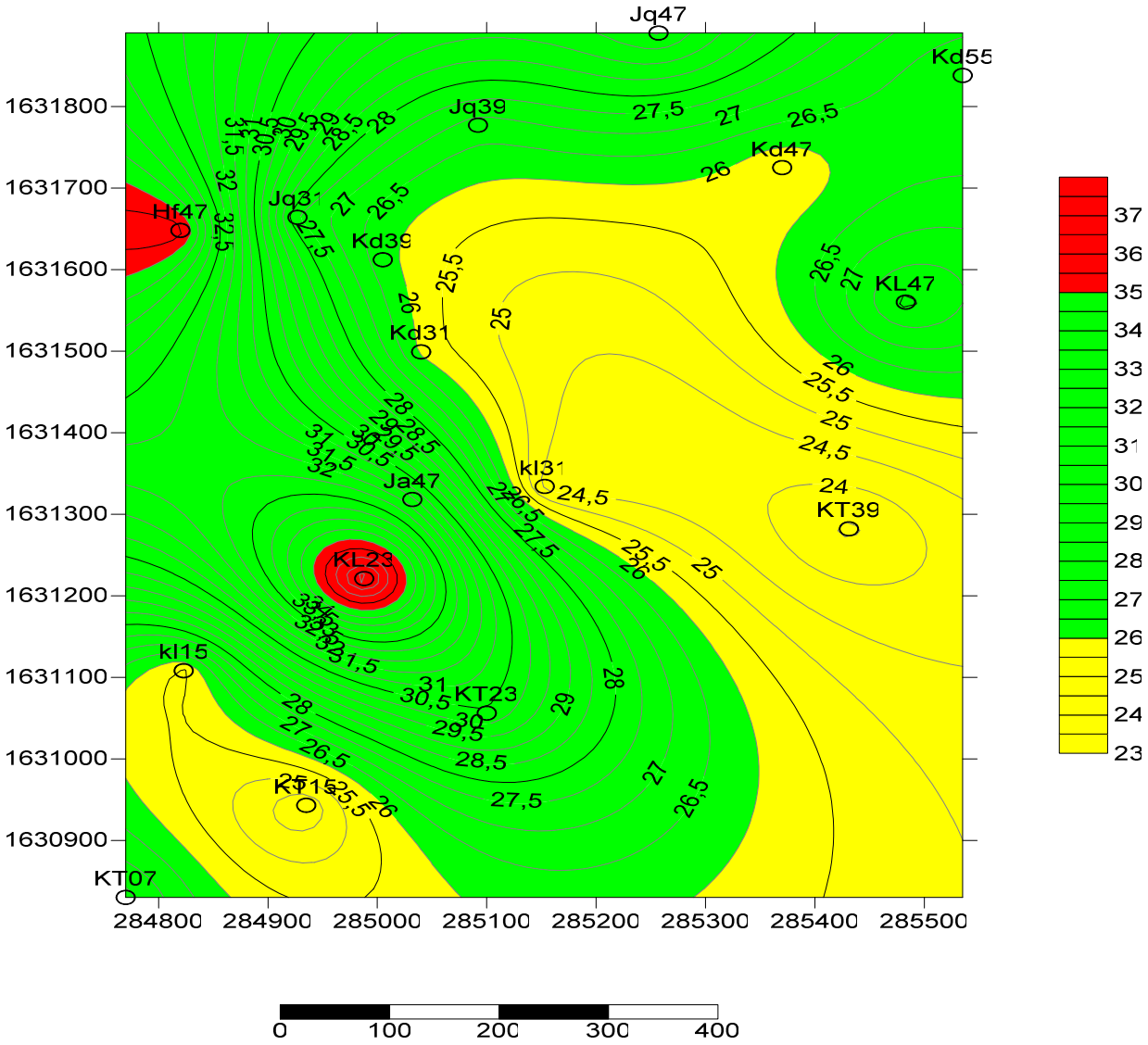


Figure 24.Variogramme du %CaCO3>20 dans le prospect sud

La carte de la figure 25 montre que les teneurs en calcite varient de 24 à37, 5%. Les plus fortes teneurs se rencontrent au Nord-Est et un peu vers le centre avec des teneurs allant de 32 à 37,5%.

Au Nord et au Sud les teneurs en calcite son inférieur à 30% de même que dans le secteur Sud et Sud-Ouest.

Les plus fortes teneurs se rencontrent autour du puits Kl23 et Hf47 et les plus faibles teneurs au niveau des puits KT15, Kd31 et Kd47.

2.1.2. Distribution du %CaCO3<20 dans le prospect sud

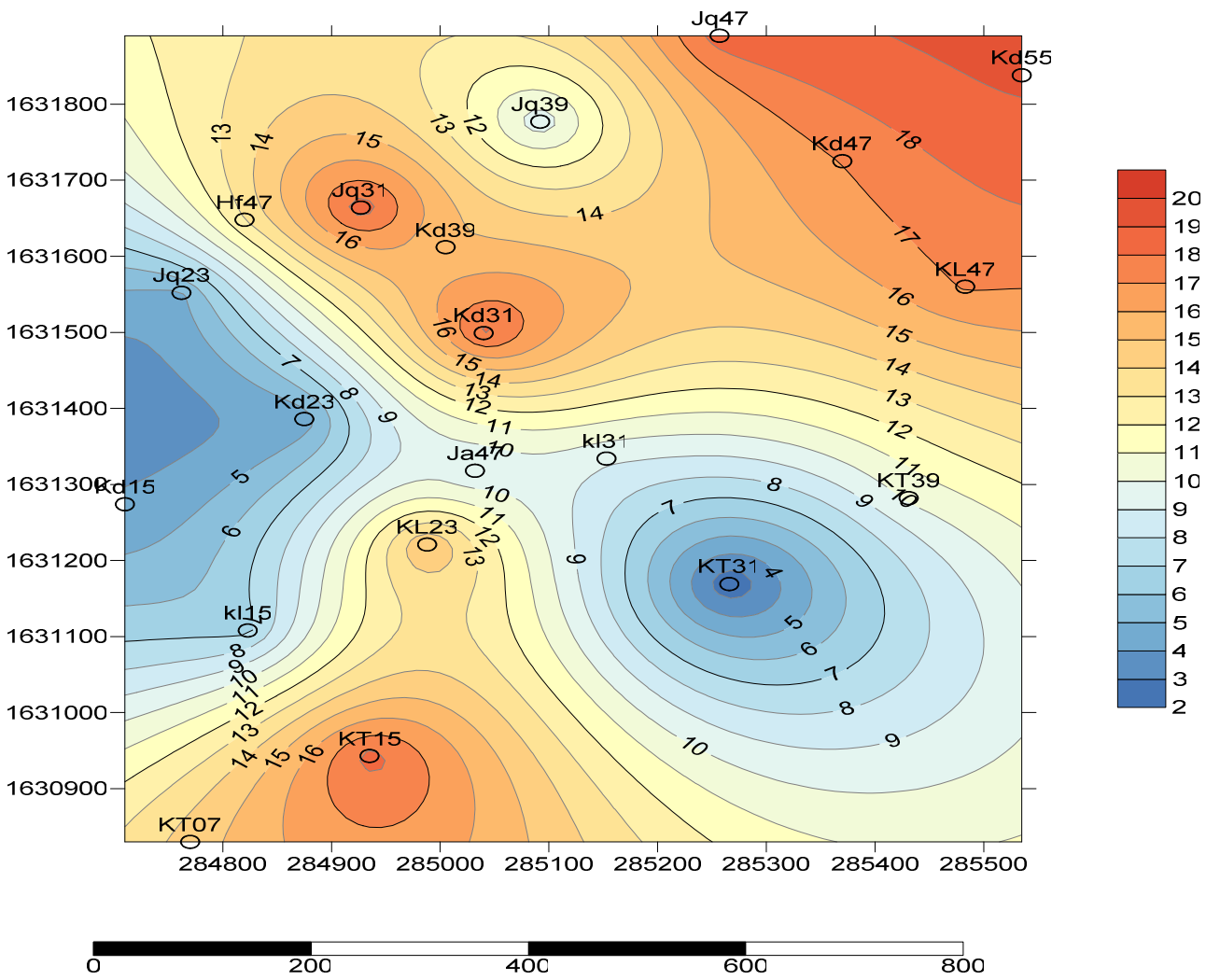


Figure 25. Variogramme du %CaCO3 inférieur à 20 dans le prospect au sud

La carte de la figure 26 montre que les teneurs varient de 2 à 20%. Les plus fortes se localisent au Nord-Est. Au sud et au Nord, les teneurs en calcite varient de 10 à 16%. Les plus fortes teneurs se localisent au niveau des puits et les plus faibles teneurs se trouvent au niveau des puits KT31 et à l'Ouest avec des teneurs allant de 2 à 5m

2.2. Distribution verticale du CaCO3 dans le prospect sud

2.2.1. Epaisseur du minerai titrant plus de 20%CaCO3

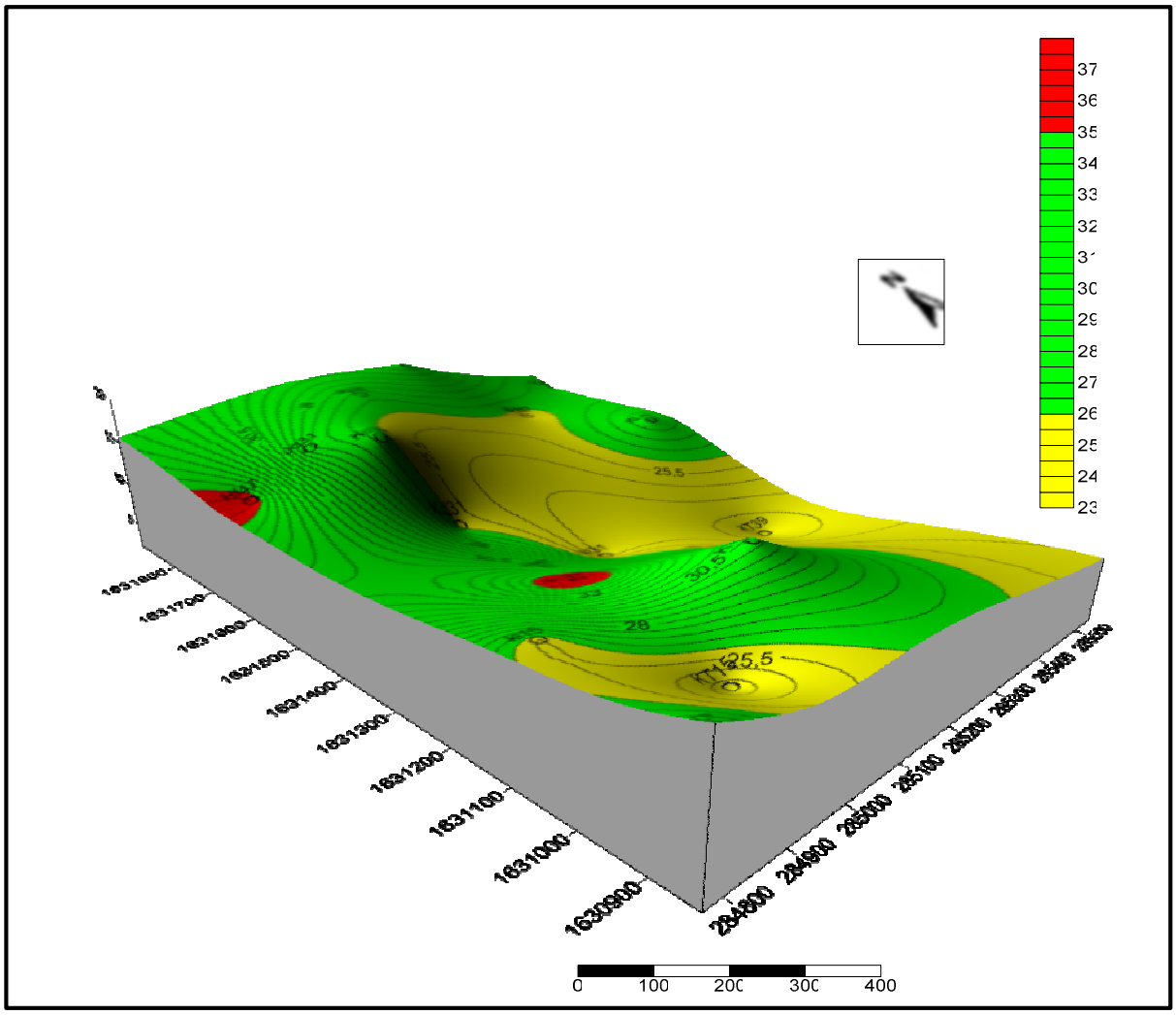


Figure 26.Représentation 3D de la variation du %CaCO3>20 avec la profondeur dans le prospect sud

L'épaisseur du minerai (figure 27) est importante au nord et au sud avec des teneurs en %CaCO3<30. A l'ouest et au Nord-Ouest nous avons un minerai à épaisseur importante avec des teneurs titrant plus de 30% de CaCO3

L'épaisseur les plus faibles se trouve vers l'Est avec des concentrations de %CaCO3<25. L'épaisseur du minerai varie de 2 à 21m, les plus fortes épaisseurs se rencontrent dans les puits KT07 et la plus faibles au niveau du puits KT39.

2.2.2. L'épaisseur du minerai titrant moins %20CaCO3

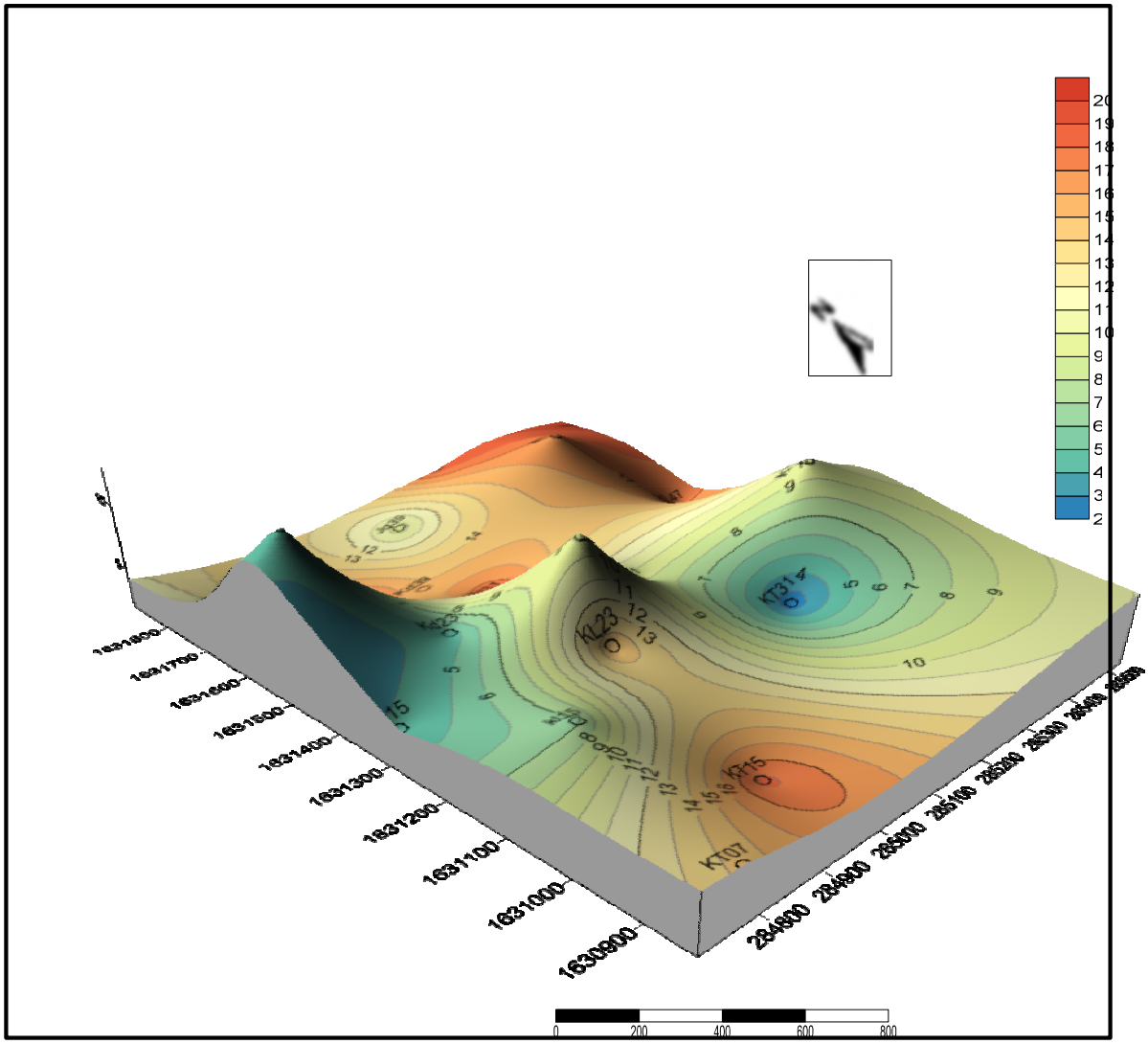


Figure 27.Représentation en 3D de la variation du %CaCO3<20 avec la profondeur dans le prospect nord

L'épaisseur du minerai est importante au WNW, au centre et à l'Est, elle se manifeste sous forme de 3 sommets :

- Au WNW les teneurs en CaCO3 sont de 9.5 à 13% ;
- Au centre nous avons 7 à 12% de CaCO3 ;
- A l'Est les teneurs sont de 7 à 12% de carbonate de calcium

L'épaisseur du minerai varie de 1.5 à 13m avec les épaisseurs les plus fortes autour du puits Jq31 avec de teneurs en CaCO3 allant de 13 à19.

3. DISCUTION DES DONNEES LITHOCHIMIQUES ET CONCLUSIONS

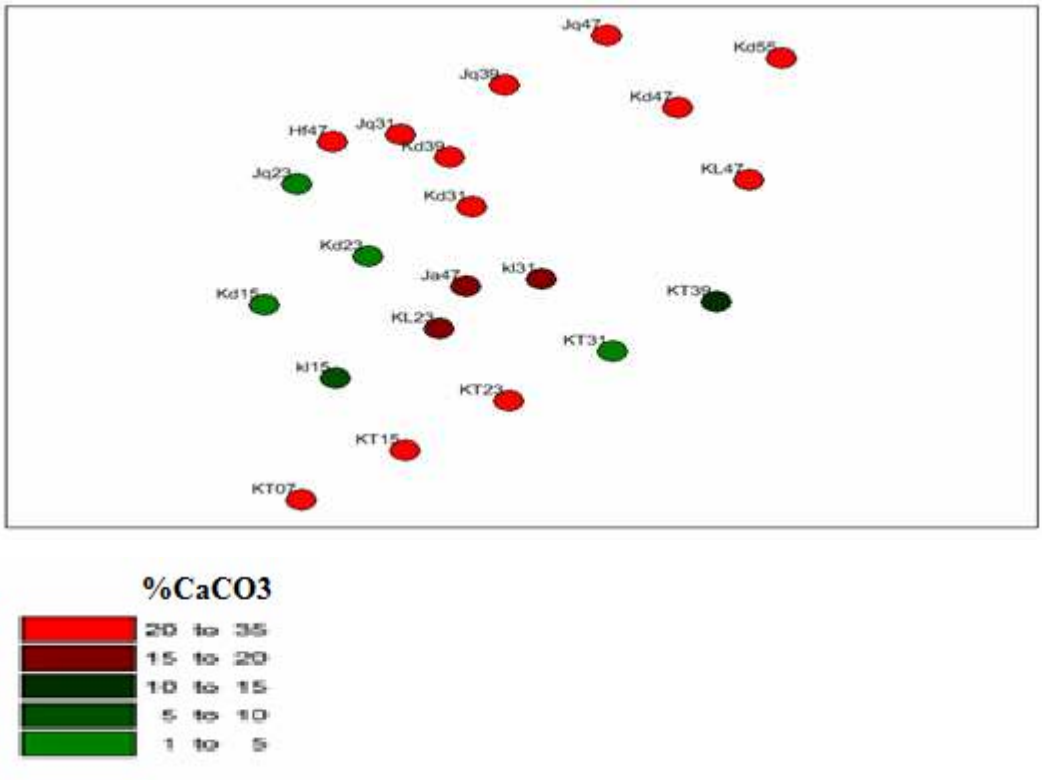


Figure 28. Carte thématique des puits avec leurs teneurs dans le prospect sud

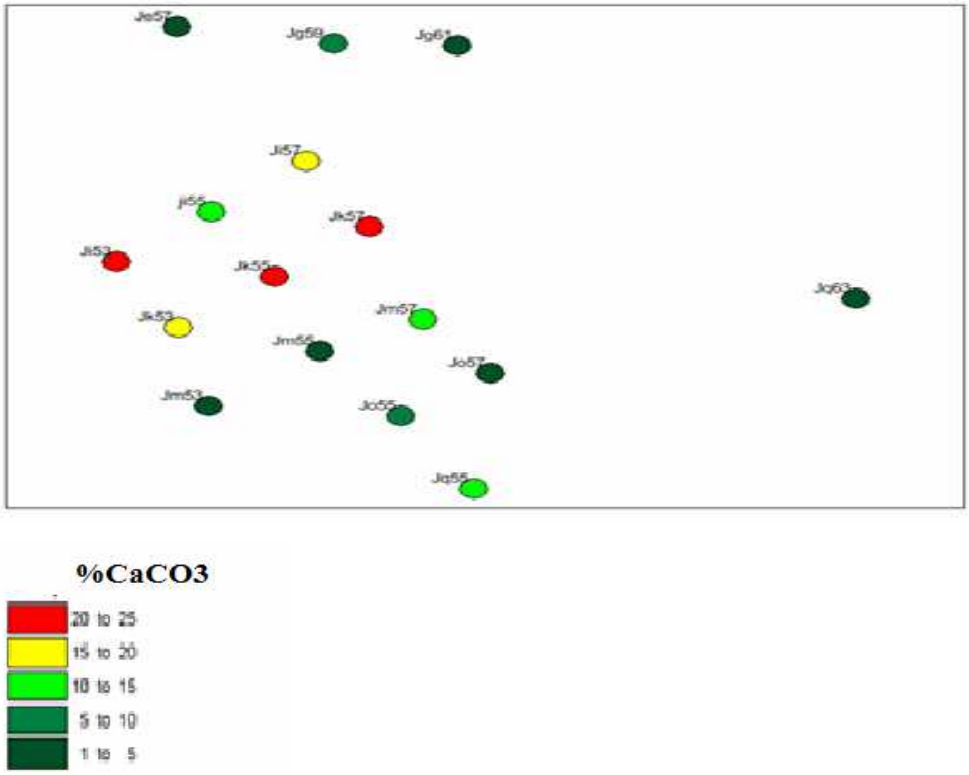


Figure 29.Carte thématique des puits avec leurs teneurs moyennes dans le prospect nord

Dans le prospect Nord, l'attapulgite est à teneur en CaCO3<15 pour la majeur partie des puits environ 77% des puits .Les puits à teneurs élevés ne représente que 23% des puits. C'est

seulement à l'Ouest de ce secteur qu'on retrouve une attapulgite à CaCO3>15 alors que dans le reste du prospect nous avons un minerai à CaCO3<15.

Dans ce secteur l'attapulgite a des teneurs en bicarbonate de calcium acceptable avec des épaisseurs très importantes 7 à 20m avec des recouvrements faibles.

Dans le prospect situé au Sud de la mine, le minerai est riche en CaCO3 et 71% des puits étudies ont des teneurs de bicarbonate de calcium supérieures à 15% alors que les puits à teneurs très faibles ne représentent que 4%. Le recouvrement est important à l'Est et un peu vers le Sud-Est avec des teneurs les plus faibles alors que dans les autres parties de ce secteur le recouvrement est faible avec un attapulgite titrant plus de 20%CaCO3. Les teneurs les plus fortes se trouvent autour du puits Hf47 et la plus grande épaisseur autour du puits Ja47.

Le prospect situé au Nord de la mine présente une attapulgite de meilleure qualité par-rapport au prospect Sud car la teneur recherché par la société sénégalaise des phosphates de Thiès est 15% de CaCO3. Sur le marché plus la teneur en carbonate de calcium est faible plus le minerai est rentable dans marché.

Selon P. Elouard (1996), les attapulgites du Sénégal s'enrichie en calcaire de la base vers le haut.

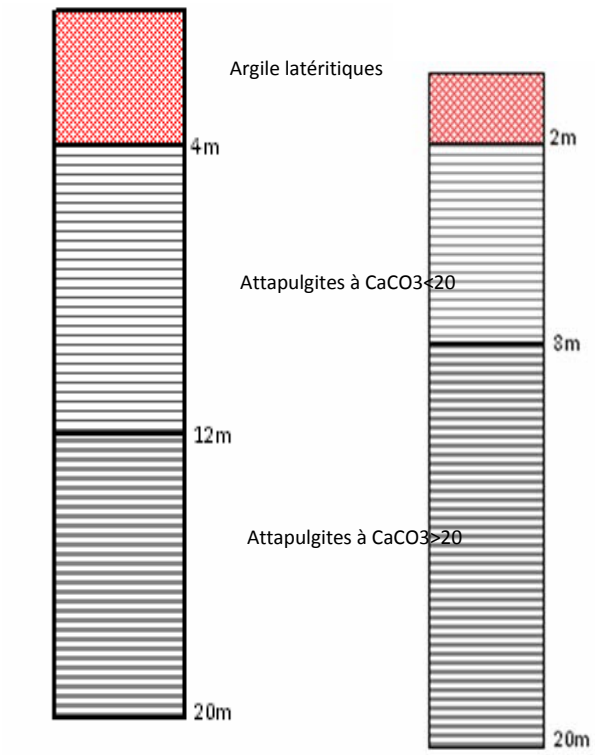


Figure 30.Colonne stratigraphique Du prospect nord

Figure 31.Colonne stratigraphique du prospect sud

Les travaux effectués sur le prospect nord, sur le prospect sud etles colonnes stratigraphies installés sur les fronts de taille de l'actuellecarrière nous montre que l'enrichissement en

CaCO3 se fait du haut vers le bas donc l'enrichissement des attapulgites en calcaire se fait aussi du haut vers le bas. Ceci ne nous permet-il pas à revoir l'hypothèse émis par P. Elouard en ce qui concerne l'enrichissement en calcaire des attapulgites du Sénégal.

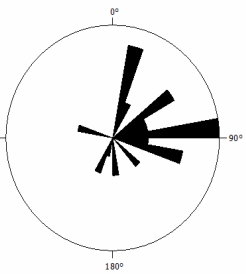
CHAPITREⅣ :LES CONTRAINTES STRUCTURALES DES CARRIERE D'ATTAPULGITE D'ALLOU KAGNE

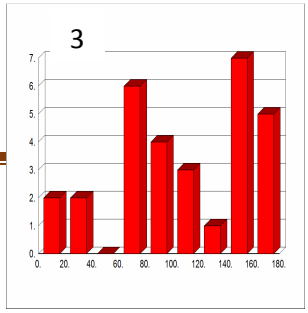
1. ETUDE TECTONIQUE DE LA MINE D'ATTAPULGITE D'ALLOU KAGNE

Une étude microtectonique du secteur d'Allou Kagne a été effectuée en particulier sur les fronts de taille pour identifier les déformations affectant les attapulgites.

La méthodologie consiste à relever la direction et le pendage des différentes structures tectoniques observées sur le terrain. Ces valeurs mesurées sont par la suite analysées et interprétées pour mieux comprendre les causes de la structuration tectonique et son impact sur la qualité du minerai lié aces formations (Yprésien). Les déformations observées peuvent être classées en structures cassants et structures ductiles.

L’objectif visé est de répertorier les structures tectoniques observées sur ce secteur, d’établir une étude comparative avec les résultats des autres études structurales antérieures.





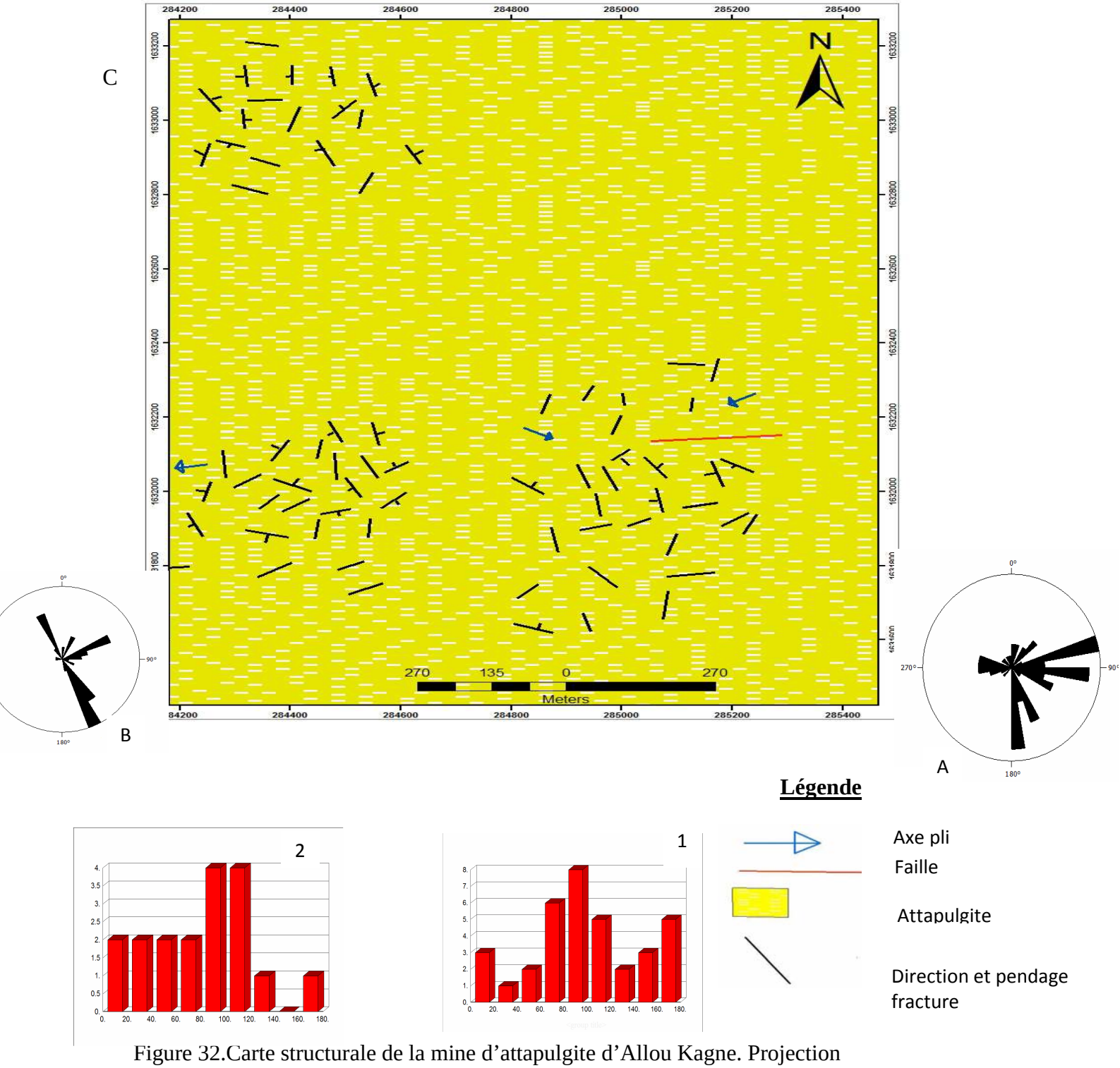


Figure 32.Carte structurale de la mine d'attapulgite d'Allou Kagne. Projection stéréographique secteur Est(a), Ouest(b) et ancienne carrière (c). Histogramme secteur Est (1), Ouest (2) et ancienne carrière (3)

1.1.Les structures cassantes

Les structures cassantes observées pour l'essentiel sont des joints decisaillements, des diaclases et des fractures et une faille supposée.

1.1.3. La faille

Figure 33. Faille avec remplissage d'argile noirâtre

Dans la partie NE de la mine nous observons une faille F1 d'orientation N45 et de pendage 54° vers le SE. Elle s'épare les attapulgites de couleur blanche a %CaCO3 plus élevées que les attapulgites de couleur ocre. Ils sont dures par-rapport autres types d'attapulgites rencontrés dans la mine qui sont très friables. Cette fracture est remplie par de l'argile noire associé à de l'attapulgites. La fracture F1 est postérieur aux attapulgites qui de l'yprésien

1.2.2. Joints et diaclases

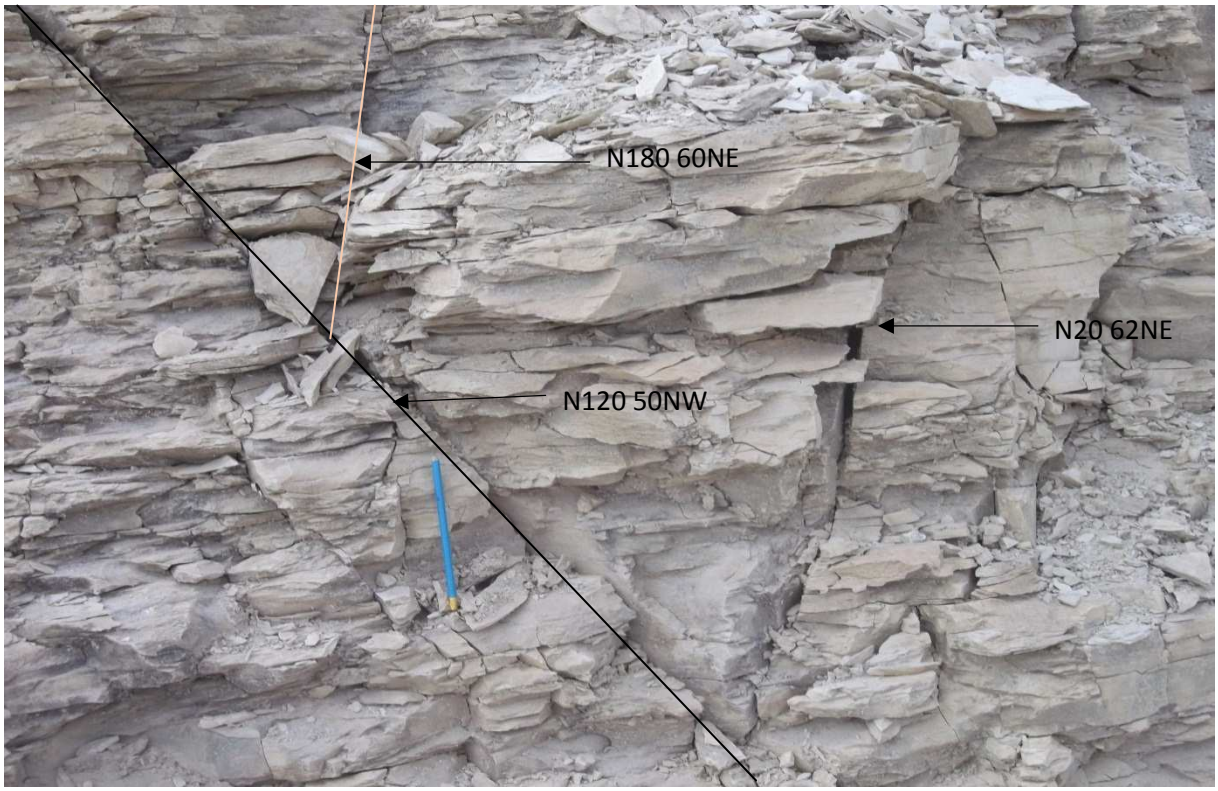


Figure 34. Diaclase et Joints conjuguées sans remplissage

Dans la partie centrale de la carrière, sur un front de taille de 7 m de hauteur en contact avec les calcaires du paléocène, nous observons des diaclases et des systèmes de joints conjugués sans remplissage. Ces systèmes de joints conjugués sont : N180-N120 et N120-N20. Ces joints conjugués sont des fractures tensiles qui proviennent d'une fracturation tectonique. Les directions de ces joints sont compatibles avec le champ de contrainte régional. Les diaclases sont des fractures de roche dont les parties séparées ne montrent pas de trace de déplacement relatif ; Ce sont des microstructures presque omniprésentes dans les roches ayant un compartiment compétant. Elles disposent souvent perpendiculairement aux surfaces de stratifications

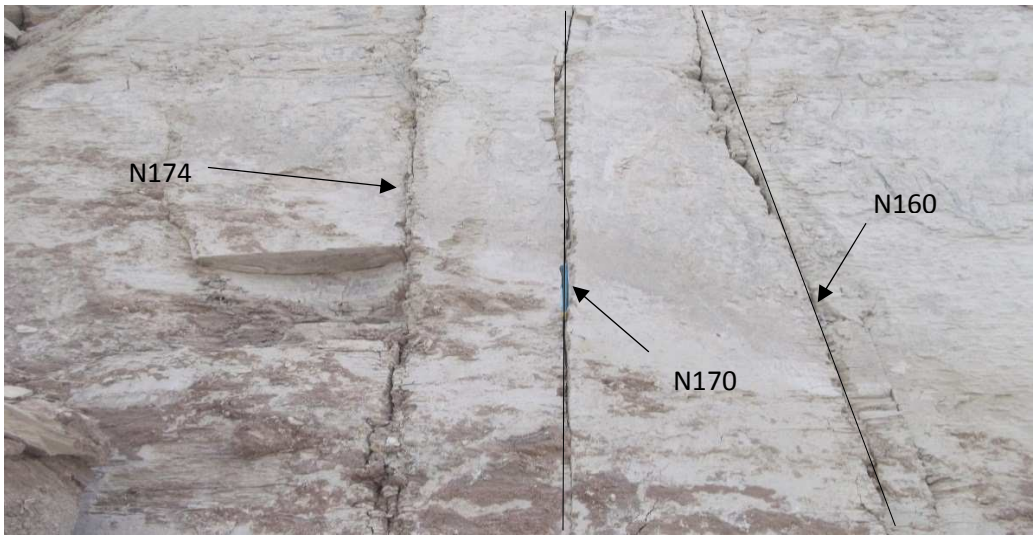


Figure 35. Système de fractures dans les attapulgites

Ces fractures sont localisées au SE de la carrière, les deux fractures sont parallèles et sont Subverticales de direction N86 et N80 ; l'autre fracture est orienté dans la direction N108 et pendage 60° vers NW. Dans cette zone nous avons un recouvrement de 4m d'argile latéritique

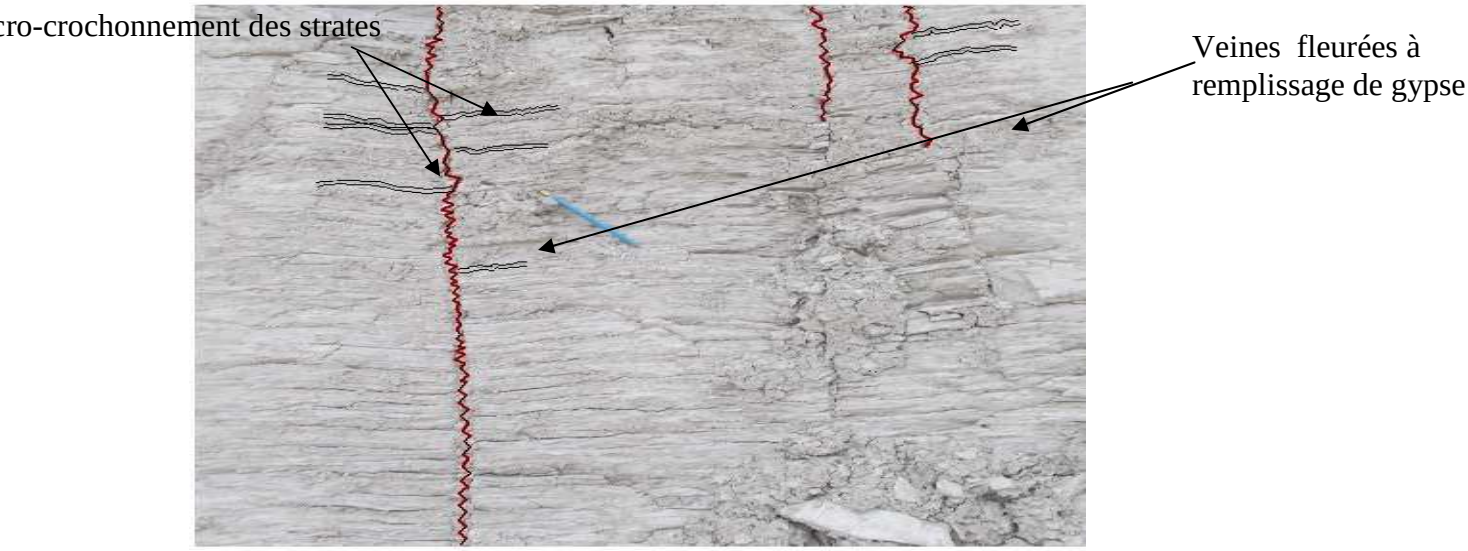


Figure 36. Joints stylolitique verticale associés à des rebroussements de lèvres des compartiments séparés

Non loin de ces trois fractures nous avons observé des joints stylolitique verticaux de direction N164. Il s'agit d'une fracturation avec recristallisation du même minerai. Des microplissements ou microcrochonnements sont repères au bord de ces fractures.

1.2.3. Fracture

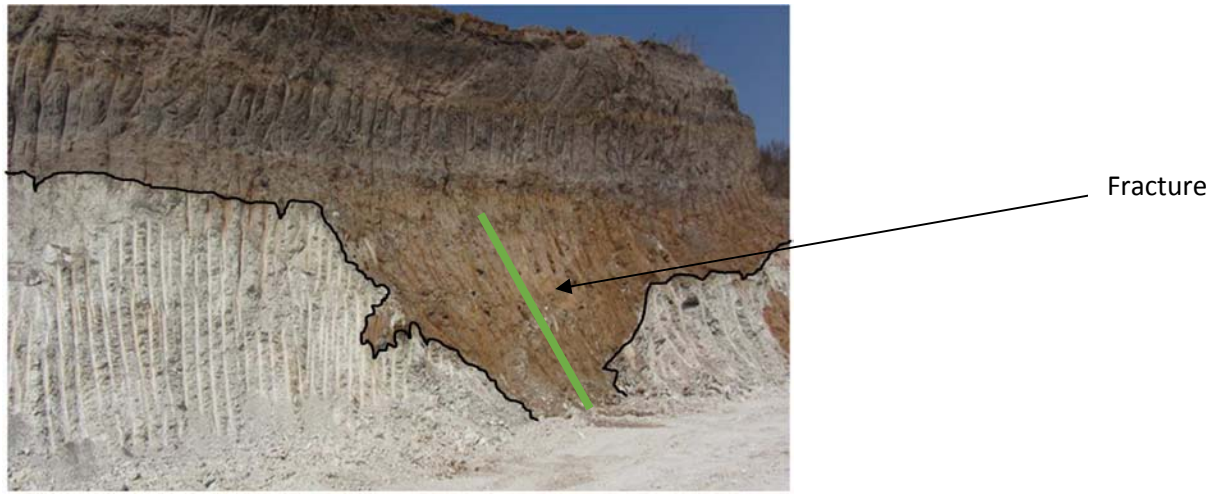


Figure.37. Fracture avec injection d'argile latéritique.

Dans le secteur Ouest de la mine nous observons une fracture F2 qui sépare les attapulgites. Cette fracture est remplie par de l'argile latéritique qui représente le toit de l'attapulgite dans ce secteur Ouest. Cette fracture est post-tectonique, ces argiles latéritiques sont d'âge post Yprésien. L'épaisseur des argiles latéritiques est très importante alors que les épaisseurs des attapulgites sont les faibles

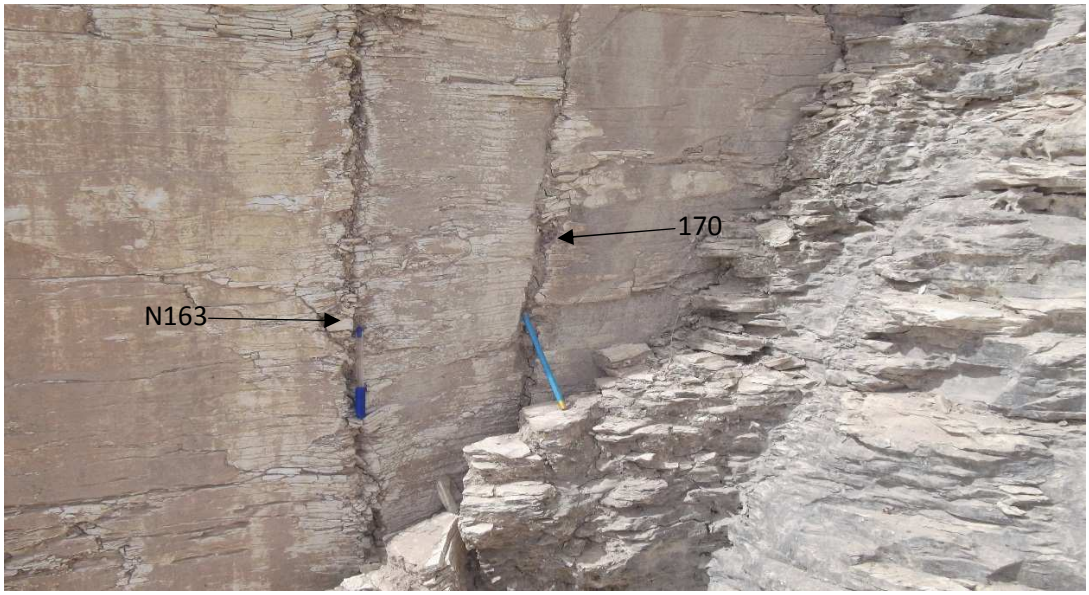


Figure 38.Système de fractures dans les attapulgites

Ces fractures sont localisées au WNW de la carrière, les deux fractures sont plus ou moins parallèles et sont subverticales de direction N163 et N170. L'attapulgite est plus ou moins dure avec une coloration blanche

1.3. Les structures ductiles

Les structures ductiles qui ont été identifiés dans le secteur d'Allou kagne sont des plis ou des déformations ondulatoires.

2.2.1. Les plis

Figure 39.Pli ouvert

On observe au NE de la mine non loin de la faille normale, de l'attapulgite blanche plissé. Il s'agit de plis ouvert dissymétrique, à flanc long et à flanc courte axe de direction N20 avec un pendage de 62° vers le SSW (Figure 41)

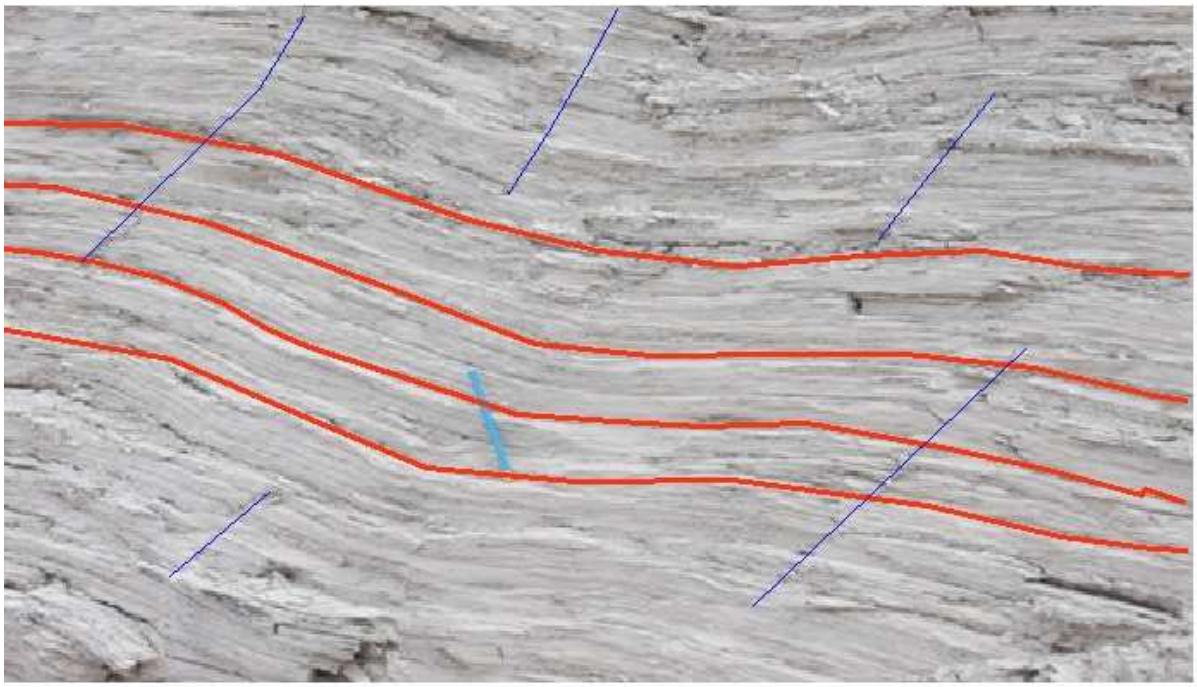


Figure 40. Joints et ondulation de la So

Les joints sont des fractures sans épontes jointives, sans trace de cisaillement. Ces joints sont développés dans une zone plissée ils sont dues à une relaxation fragile d'une déformation plastique.

Ils sont parallèles au plan des couches avec une ondulation So. Le plan axial des couches est de direction N20 avec un penda ge de 70° vers le

SW.

Figure 41. Rebroussement sous forme de micropli à la limite des joints

Figure42. Plis ouverts associés à des joints de cisaillements

Au SW de la mine un rebroussement sous forme de micropli à la limite des joints. Ces microplis possèdent un axe horizontal et un plan axial orienté N176 avec un pendage vertical. (fig.41)

Des plis ouvert associés à des joints de cisaillement ont été observé (fig.42). Le terme de joint de cisaillement est emploi pour désigner des microfailles sur lesquelles le déplacement est en général très faible. Celle-ci est aussi liée à des microplans de cisaillement dont le rejet est amorti par stylotithisation. Ils font un angle d'environ 20 avec cet angle n'excédant pas 35.

3. IMPLICATIONS STRUCTURALES

L'étude tectonique effectuée dans le gisement d'attapulgite d'Allou kagne a permis d'identifier plusieurs structures tectoniques que nous avons regroupés en deux grands types : les structures cassante et les structures ductiles.

Les structures cassantes observées dans notre secteur d'étude sont une faille de direction N45avec un pendage de 54° vers le SE, des joints conjugués, des diaclases, des fractures et

des joints de cisaillement. Les directions majeurs de ces fractures sont E-W et NE. Les directions mineures sont NS et NW-SE

Les structures plastiques ont été observées ; il s'agit de plis localisé. Ces plis ont été identifiés dans les formations de l'Yprésien.

Les structures ductiles acquise par la roche est susceptible d'être modifiée compte tenu de la rhéologie des argiles attapulgique et des aléas climatiques en fonction de l'instabilité du bassin (conglomérats des argiles sous l'eau).

Ces différentes structures tectoniques s'inscrivent dans un contexte d'instabilité du bassin Sénégalo-mauritanien durant la période post Yprésien.

RECOMMADATION

Nous suggérons à la société sénégalaise des phosphates de Thiès d'ouvrir deux zones sur le site :

- Une zone à attapulgite pauvre en CaCo3
- Une zone à attapulgite riche en CaCO3

Ceci va permettre lors de l'exploitation d'atteindre le taux de CaCO3<15% et de ne pas épuiser leurs réserves pauvre en CaCO3 ; en effectuant un mélange de ces deux produits.

Il serait nécessaire d'installer de nouvelle unité de traitement qui permet le traitement des oxydes présentent dans les attapulgites tels que le CaCO3 en diminuant considérablement leurs teneurs. Sur le plan industriel l'excès de CaCO3 entraine l'avilissement du produit traité dans le temps d'où la diminution de ces caractères viscométriques.

La SSTP n'effectue pas d'analyse sur les autres oxydes tels que MgO, SiO2, Al2O3etc.….

La présence de silice dans les attapulgites compromet leur utilisation en réduisant leurs propriétés absorbant et la génération de fine. Nous recommandons à la société de limiter l'extraction à environ une (15m) quinzaine de mètre, du fait que les nodules de silex se rencontrent en profondeur.

L'attapulgite est riche en CaCO3avec une épaisseur important dans le prospect sud sauf dans sa partie Ouestoùle minerai est à CaCO3 avec des épaisseurs de 4 à7m. Il serait plus intéressant à la société d'orienter l'extraction dans le prospect Nord où l'attapulgite est à teneur de CaCO3 faible avec de épaisseurs importantes.de même que dans la partie Ouest de la Carrière.

Nous suggérons d'éviter les zones où on observe la fréquence des fractures car ils sont susceptibles d'être riche en CaCO3.

CONCLUSION GENERALE

A travers cette étude, nous avons suivi tout le processus de l'activité minière de la société Sénégalaise des phosphates de Thiès de la prospection au traitement du minerai. Le traitement du minerai se fait par voie mécanique et par voie Thermique.

L'étude lithochimiques effectuée sur les deux prospects et sur la carrière, nous a permis de voir la répartition du CaCO3 à travers ce site.IL se répartit du haut vers le bas contrairement de ce que avait énoncé P. Elouard sur les attapulgites du Sénégal.

Nous avons tenté de revoir l'histoire tectonique du bassin Sénégalais et d'élaborer une étude microtectonique sur les carrières d'Allou Kagne. L'étude microtectonique effectuée dans notre secteur d'étude a permis de mettre en évidence des structures cassantes et des structures ductiles. Les structures cassantes sont représentées par des fractures, des diaclases et des joints conjugués. Les structures ductiles sont représentées par des plis datés de l'Eocène inférieur.

Nous souhaitons vivement que la collaboration entre la société Sénégalaise des phosphates de Thiès et le département de géologie de la faculté des scienceset techniques soit renforcée par le biais de sujet de projet de fin d'études et de stages de maitrise. Nous espérons que ce travail va être poursuivi pour tendre vers une étude plus étendues sur les attapulgites du Sénégal pour revoir l'hypothèse émit par P. Elouard (1966)

Annexes

Non	X	Y	Z	épaisseur(m)	teneur Moy
Ji55	285310	1632168	55m	7	9,14
Ji57	285351	1632198	56m	13	10,58
Jk55	285337	1632129	56m	8	7,60
Jk57	285378	1632159	56m	4	18,03
Jk51	285256	1632069	56m	11	1,89
Jg61	285416	1632267	58m	10	1,92
Ji51	285228	1632108	55m	4	10,40
Jq55	285423	1632003	57m	8	11,00
Ji53	285269	1632138	57m	3	8,07
Jm55	285357	1632085	56m	10	2,44
Jk53	285296	1632099	55m	6	6,13
Jm53	285309	1632052	56m	8	2,20
Jq63	285588	1632116	58m	4	1,60
Jm57	285401	1632104	59m	15	15,09
Jo55	285392	1632046	57m	8	7,20
Jo57	285430	1632072	57m	8	2,80
Jo51	285290	1632003	55m	7	1,60
Jo53	285341	1632019	58m	5	3,20
Je57	285295	1632278	55m	8	1,60
Jg59	285363	1632268	57m	3	6,93

Tableau : Résultat d'analyse du minerai à Caco3<20 dans le prospect nord

Non	X	Y	Z	épaisseur(m)	teneur Moy
Ji55	285310	1632168	55m	6	23,4666667
Ji57	285351	1632198	56m	1	36,8
Jk55	285337	1632129	56m	5	26,88
Jk57	285378	1632159	56m	11	27,23
Ji51	285228	1632108	55m	7	33,23
Ji53	285269	1632138	57m	10	28,73
Jk53	285296	1632099	55m	10	31,2
Jo55	285392	1632046	57m	1	22,4

Tableau: Résultat d'analyse du minerai à Caco3>20 dans le prospect nord

Non	X	Y	Z	épaisseur(m)	TeneurMoy
Ja47	285032	1631318	52m	12,00	9,07
Jq47	285257	1631890	55m	4,00	14,40
Jq39	285092	1631777	50m	4,00	9,30
Jq31	284927	1631664	51m	2,00	18,60
Jq23	284762	1631552	47m	13,00	4,84
Hf47	284820	1631648	49m	2,00	13,00
Jq15	284597	1631439	52m	12,00	3,70
Kd15	284710	1631274	49m	5,00	4,18
Kd23	284875	1631386	51m	6,00	4,43
Kd31	285040	1631499	48m	2,00	18,45
Kd39	285005	1631612	50m	3,00	15,07
Kd47	285370	1631725	53m	9,00	17,04
kl31	285153	1631334	51m	6,00	9,20
kl15	284823	1631108	51m	7,00	6,71
kl15	284823	1631108	51m	11,00	9,05
KL23	284988	1631221	52m	6,00	15,12
KT07	284770	1630830	49m	3,00	14,13
KT15	284935	1630943	51m	4,00	18,35
KT23	285100	1631056	52m	1,00	9,00
KT31	285266	1631169	55m	6,00	2,18
Kd55	285535	1631838	54m	6,00	19,20
KT39	285431	1631282	60m	12,00	10,19
KL47	285483	1631560	53m	2,00	16,00

Tableau Résultat d'analyse du minerai à Caco3>20 dans le prospect sud

Non	X	Y	Z	Epaisseur (m)	teneur
Ja47	285032	1631318	52m	7	35,43
Jq47	285257	1631890	55m	13	29,66
Jq39	285092	1631777	50m	15	26,82
Jq31	284927	1631664	51m	17	26,19
Hf47	284820	1631648	49m	13	35,87
Kd31	285040	1631499	48	10	24,87
Kd39	285005	1631612	50m	16	26,61
Kd47	285370	1631725	53m	4	24,78
Kl39	285318	1631447	52m	16	35,44
kl31	285153	1631334	51m	4	25,03
kl15	284823	1631108	51m	1	27,70
kl15	284823	1631108	51m	5	31,12
KT07	284770	1630830	49	13	36,51
KT15	284935	1630943	51m	12	24,08
KT23	285100	1631056	52	18	30,45
Kd55	285535	1631838	54m	6	25,68
KL47	285483	1631560	53m	9	28,14

Tableau Résultat d'analyse du minerai à Caco3>20 dans le prospect sud

Nom ouvrage	x	y	CaCo3	prof
ji55	285310	1632168	13,98	12,50
Ji57	285351	1632198	16,62	13,75
Jk55	285337	1632129	22,40	16,25
Jk57	285378	1632159	24,52	11,80
Jg61	285416	1632267	1,92	7,75
Jq55	285423	1632003	11,00	11,00
Ji53	285269	1632138	21,58	15,50
Jm55	285357	1632085	2,44	11,50
Jk53	285296	1632099	18,67	16,50
Jm53	285309	1632052	2,20	18,50
Jq63	285588	1632116	1,60	14,75
Jm57	285401	1632104	13,18	17,25
Jo55	285392	1632046	8,89	16,50
Jo57	285430	1632072	2,80	17,00
Je57	285295	1632278	1,60	15,50
Jg59	285363	1632268	6,93	19,00
Ji53	285269	1632138	21,58	18,00

Tableau Résultat d'analyse du minerai dans le prospect nord

Nom ouvrage	X	Y	profondeur	CaCO3
Jq39	285092	1631777	19	23,28
Jq31	284927	1631664	19	25,39
Jq23	284762	1631552	13	4,84
Hf47	284820	1631648	15	32,73
Kd15	284710	1631274	5	4,18
Kd23	284875	1631386	6	4,43
Kd31	285040	1631499	12	23,36
Kd39	285005	1631612	19	24,55
Kd47	285370	1631725	17	21,07
kl31	285153	1631334	11	16,05
kl15	284823	1631108	4	8,53
KL23	284988	1631221	7	15,86
KT07	284770	1630830	19	29,55
KT15	284935	1630943	16	22,64
KT23	285100	1631056	19	29,32
KT31	285266	1631169	5	2,18
Kd55	285535	1631838	12	22,60
KT39	285431	1631282	14	12,08
KL47	285483	1631560	11	25,94
Ja47	285032	1631318	21	18,74
Jq47	285257	1631890	20	26,02

Tableau Résultatd'analyse du minerai dans le prospect sud

Mesures des fractures

è'Est carrière	Ouest carrière	Ancienne carrière
N72 82S	N02 78W	N107
N48 60NE	N62 76NW	N93 84NW
N16 872W	N118 75NE	N134 82NW
N0²4 70E	N68 82SE	N179 87NW
N32 70NE	N144 78NE	N85 89W
N70 80N	N70 50SE	N78 78SE
N170 82W	N60 70SE	N60 80SW
N152 88E	N150 82E	N106 79NW
N174 64E	N148 80NE	N89 56SW
N110 82N	N156 68SW	N57 89NE
N76	N24 76SE	N14 68SW
N90	N78 50E	N86 78NE
N80	N102	N58 79SE
N98 63SW	N89	N10 69NW
N18 38NE	N158	N24
N170 78NE	N98	N102
N172	N160 76NE	N20
N166	N28 60<W	N117
N154 62W	N86 48SE	
N98 63SW	N65 75NE	
N88	N142 56SE	
N77	N148	
N62	N149	
N82	N150	
N46	N151	
N111 58SW	N152	
N92	N153	
N71 40NW	N154	
N102	N155	
N95	N156	
N100		
N130		
N103		
N125		
N152		

RREFNCES BIBLIOGRAPHIQUES

Bellion, Y. (1987). Histoire géodynamique post-paléozoique de l'Afrique de l'Ouest d'après l'étude de quelques bassins sédimentaires (Sénégal, Taoudéni, lullemmeden, Tchad). Thèse Univ. Avignon et des pays de Vaucluse, 292 p

Bellion Y. et Crevola G. 1991. Cretaceous and Ceinozoic Magmatism of the Senegal Basin (West Africa) : A Review. In : Kampunzu A.B. & Lubala R.T., Eds., Magmatism in Extentional Stuctural Settings : The Phanerozoïc African Plate.- Springer Verlag Publ., Berlin, 189-208

Bellion, Y. et Guiraud, R., 1982. Les coupures (lacunes, discordance) dans la série sédimentaire post-paléozoique du bassin Sénégalais - In: 10è Ann Sci Terre (Paris), p. 40 livre en dépôt à la Soc. Géol. France.

Bellion, Y. et Guiraud, R., 1984. Le bassin sédimentaire Sénégalais . Synthèse des connaissances actuelles. BRGM et DMG(édit). In : Plan Minéral de la République du Sénégal,volume 1,p. 4-63

Brownfield, M. E., Charpentier, R. R., 2003 . Assessment of the undiscovered Oil and Gas of the Senegal Province, Mauritania,Senegal, the Gambia, and Guinea-bissau, Northwest Africa: U.S. geologycalSurvey Buletin 2207-A, Junes 2003

Crévola. 1980. Données nouvelles sur le volcanisme quaternaire dansla tête du presqu'îledu Cap-Vert , Sénégal. CR Académie des sciences , Série D., 291 n° 7,pp.617-620

De Spengler A., Gauvin J. et Leroy M., 1966. Le bassin secondaire tertiaire du Sénégal. In; Rerye, D. (Eds) : Bassins sédimentaires du littoral atlantique, 1" partie : littoral atlantique. 5-18.

Dillon, W. P., Sougy, J. (1974). Geology of West Africa and Canary and Cape Verde Island In : Nairn, A. E. M et Stehli, F. G. (Eds): The Ocean Basins and Margins, **2**, 315-390. Plenum Publ. Corp., New-York.

Elouard, P.1966. Les attapulgites du Sénégal occidental, Rapp.Inédit.Labo.géol.fac.sc.dakar.

Fam, M. G 1999. Doublement de la capacité de production d'attapulgite de la société Sénégalaise des phosphates de Thiès : au tomatisation et supervision du Four Sécheur . Mémoire pour l'obtention du diplôme d'ingénieur de conception , école polytechnique de Thiès-Sénégal.

Elouard, P., Brancart, R., Hébrard, L., 1976 ; Notice explicative de la carte géologique de la presqu'île du Cap-Vert au 1/200000 ; Laboratoire Géologie FST. Dakar. 55p

Faye 1983. Contribution à l'etude géologique et hydrogéologique du Horst de Diass et de ses ebnviron(sénégal). Thèse 3 cycle Université de Dakar, 182p

Crévola G., Cantagrel J. & Moreau C. (1994). Le volcanisme de la présqu'île du Cap Vert(Sénégal) : cadre chronologique et géodynamique. Bull. Soc. Géol. Fr., 165,5, p.437-446.

Flicoteaux, R .,1975. Sur l »attribution à l'Eocène moyen des couches calcaires et argiles phosphatées de Pallo (Plateau de Thiès, Sénégal occidental) document du BRGM 7E SERIE,TOME XVII,1975 N°3 P. 267-434 bulletin dela société géologique de France

Flicoteaux R., Latil-Brun M. V., Michaud L.,1988. Histoire de la subsidence post-riftdu bassin côtier mauritano-sénégalo-guinéen. Relation avec l'amincissement crustal pendant la période Jurassique à Crétacé inférieur. Comparaison avec l'évolution des marges péri-atlantiques au niveau de l'Atlantique central et équatorial (côte est des USA, Sud-Sahara, Côte d'Ivoire et Plateau du Demerara). Journal of African Earth Sciences, 7 – 2 D, 345-359.

Gomez, R. (1984). Etude sédimentologique et géochimique des faciès à matière organique d u bassin sédimentaire sénégalais. Thèse de Doctorat Univ. Dakar

Lappartientt,J.R., 1970. L'éocène inférieur de la partie septentrionale de la cuesta de Thiès (Sénégal)document du centre régional de documentation pédagogique, marseille TOME B P XLIII B P 249-258

Lecorche, J.-P., Roussel, J., Sougy .J, Guetat, L.,1985. An interpretation of the geology of the orogenic belt (West Africa) In the light of geophysical data.Memoire. A m. Geol. Soc., 15, 131-147.

Liger J.-L. et Roussel J., 1979. Etude gravimétrique du bassin côtier profond du Sénégal. Rev. Géogr. phys. Géol. dyn.,Paris, t. XXI, no 5, p. 419-427.

Lompo M., 1987.Méthodes et études de e la fracturation et de Filons : Exemple de la presqu'île du Cap-Vert (Sénégal) mémoire DEA 1987, Université Cheikh Anta Diop

Matar. N.,2012. Etude sismostratigraphique et sédimentologique du bassin Sénégalo-mauritanien dans le secteur de Diourbel et Thiès. Thése Doctorat d'Etat és sciences. Université de Génève. 205p

Mission Américain Esso Exploration Inc(1969)

Mpassi.D.R. 2004. Contribution à létude tectonique de la partie occidentale du bassin Sénégalo-mauritanien. Thèse de 3 cycle , Novembre 2004.Université Cheikh Anta Diop. 344p

Nzoussi, M. P., 2003. Le Cénomano-Turonien de l'Atlantique Nord (bassin du Sénégal): environnement de dépôt et évolution diagénétique:implications pétrolières. Thèse de Doctorat, Université d'Orléan, 238p

Pasmi.,2009.Cartographie géologique du Bassin sédimentaire. Cartographie géologique du Sénégal au 1/500000. Rapport final. Programme d'appui au

secteur minier. Projet 9 ACP SE

Sarr R., 1995. Etude biostratigraphique et paléoenvironnementale des séries d'âge Crétacé terminal à Eocène moyen du Sénégal occidental. Systématique et migration des ostracodes. Thèse Doctorat d'Etat ès Sciences, Université Cheikh Anta Diop de Dakar (inédit), 335 p.

Sarr R., Ndiaye P. M., Niang I. & Gueye M. 2000. Datation par les foraminifères planctoniques d'une activité volcanique d'âge lutétien à Toubab Dialaw (Sénégal occidentale). Bull.Soc.Géol.Fr., 171, 2, p197-205

Soumaré, A.L., 2009. Programme d'exploitation 2012-2013-2014,SSTP (Socité Sénégalaise des phosphates de Thiès)

Villeneuve, M., Da Rocha Araujou, P.R. (1984). La stratigraphie du bassin paléozoïquede Guinée (Afrique de l'Ouest). - *Bull. Soc. Géol Min*.. **32**, 29-4

Wirth, 1968. Attapulgite du Séné occidental, Rapport n°26, laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences de l'Université de Dakar

Withjack, M.O., Schlische, R.W., et Olsen, P.E., 1998, Diachronous rifting, drifting,an d inversion on the passive margin of central eastern North America: Ananalog for othe r passive margins: AAPG Bulletin, 82, 817-835.