



Année Universitaire : 2016-2017



Licence Sciences et Techniques : Géoréources et Environnement

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES
Pour l'obtention du Diplôme de Licence Sciences et Techniques

***Etude Géominière du Panneau 8 du Gisement de
Ben guerir***

Présenté par:

**Houssam SLIMANI
Mohammed Amine BENACHIR**

Encadré par:

**Pr. JABRANE Raouf, FST-Fès
Mlle. RADOUANI Fadwa, OCP-Benguerir**

Soutenu Le 08 Juin 2017, devant le jury composé de:

**Pr. RAIS Naoual
Pr. JABRANE Raouf
Pr. EL GAROUANI Abdelkader**

Stage effectué à : OCP-Benguerir





Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme de Licence Sciences et Techniques

Houssam SLIMANI
Mohammed Amine BENACHIR

Année Universitaire : 2016/2017

Titre : *Etude Géominière du Panneau 8 du Gisement de Ben guerir*

Résumé

Le Maroc est leader mondial dans le domaine des phosphates. L'exploration et l'évaluation des réserves des gisements en termes de tonnage et de qualité sont imputées au service géologique de l'Office Chérifien des Phosphates (OCP).

Les roches phosphatées d'âge Maastrichtien - l'Yprésien forment dans le bassin de Ganntour des couches et des sillons intercalés avec des niveaux stériles.

L'étude pétrographique a permis de mettre en évidence des faciès composés de débris biogènes squelettiques, des coprolithes, des grains phosphatés et des grains composites. Ces composants forment des faciès de type biophospharénite, nubephospharénite ou pelphospharénite.

Ces caractères pétrographiques ont été définis sur les échantillons récoltés soit directement sur les affleurements soit grâce aux données de puits d'exploration. Ces données ont permis de proposer une colonne stratigraphique détaillée représentant les différentes couches du secteur de Benguerir Nord. Les coordonnées des échantillons et leurs caractères physico-chimiques ont permis de construire une base de données. Le traitement de ces données par le logiciel ArcGIS nous a permis de proposer des cartes des différents propriétés du gisement comme les teneurs BPL, en CO₂ mais aussi des caractères structuraux tels les épaisseurs et les structures des couches phosphatées. Partant de cela nous avons estimé les ressources de ce panneau qui s'avère riche en phosphate car il a un bon ratio d'exploitation. Ce travail propose une méthode rapide et efficace pour l'évaluation des ressources et la définition des structures du gisement pour aider l'exploitant dans les procédures d'extraction.

Mots clés :

Phosphates, Bassin de Gantour, Benguerir, Maastrichtien - l'Yprésien, Exploration, couches phosphatées, SIG, Réserves.

Dédicace

À nos familles, qui ont pris soin de nous moralement et financièrement tout au long de ce stage, et à qu'elles on porte énormément d'amour et de gratitude.

À nos encadrant dans cette expérience professionnelle.

Au personnel du Groupe Office Chérifien des Phosphates.

Aux chefs de département de géologie et environnement et nos chers amis de la FST Fès.

Remerciements

Le présent rapport serait incomplet sans un mot de remerciement pour tous ceux qui ont, de près ou de loin, contribué à la réalisation de ce travail.

Avec un esprit de respect, nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à la direction du groupe OCP, pour nous avoir offert l'opportunité d'effectuer notre projet de fin d'études dans le service de géologie.

Nous tenons à remercier nos encadrant Mlle. **RADOUANI Fadwa**, Mr. **E.ZAROUALI** pour le sujet intéressant qu'ils nous ont proposé et pour leur aide permanente, leur patience et leurs directives précieuses.

Nous tenons également, à exprimer notre ample reconnaissance et notre sincère considération envers notre encadrant interne de la Faculté des Sciences et Techniques de Fès, Monsieur **JABRANE Raouf** pour l'intérêt avec lequel il a suivi la progression de notre travail, pour ses judicieuses directives, ses conseils efficaces qui ont mené à la réussite de ce travail.

Nous tenons à remercier les membres du jury, Mme **RAIS Naoual** et Mr **EL GAROUANI Abdelkader**, qui ont bien voulu juger notre travail et assister le jour de la soutenance et nous aurons l'honneur de profiter de leurs compétences.

En fin, un grand remerciement tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à la réalisation du présent rapport.

Sommaire

-DEDICASE
-REMERCIEMENTS
-NOTATIONS PRINCIPALES ET ABREVIATIONS
-INTRODUCTION

CHAPITRE I : PRESENTATION DE L'OFFICE CHERIFIEN DES PHOSPHATES

I.1.Historique	6
I.2.Organisation.....	6
I.3.Principaux Bassins Phosphatés du Maroc	7
I.3.1.Bassin d'Oulad Abdoun	8
I.3.2.Bassin de Gantour	10
I.3.3.Bassin de Meskala	10
I.3.4.Bassin d'Oued Eddahab	10
I.4.Phosphate et phosphatogénèse	12
I.4.1.Définition	12
I.4.2. Origine	12
I.5.Théories de la phosphatogénèse	12
I.5.1. La théorie abiolithique de Kazakov (1933)	12
I.5.2.La théorie biolithique de Keyser et Cook	13

CHAPITRE II: PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

II.1. Gisement phosphatés des Gantour	13
II.1.1.Données générales	13
II.1.2.Situation géographique	14
II.1.3.Cadre géologique	15
II.2.Cadre géologique et géographique du gisement Benguerir	15
II.3.Climatologie	15
II.4.Hydrogéologie	15
II.5.Présentation et description de la série phosphatée dans le gisement de Benguerir	16
II.5.1.Découpage minière	16
II.5.2.Découpage lithostratigraphique et description des couches	17
II.5.3.Description des intercalaires	18
II.5.4.Découpage chronostratigraphique.....	19
II.5.5.Découpage minière des panneaux	20
II.5.6.Les étapes d'exploitation dans la mine de Benguerir	22

CHAPITRE III: ETUDE PETROGRAPHIQUE DE QUELQUES ROCHES PHOSPHATES

III.1.Base de description pétrographique	25
III.2.Description microscopique	27
III.3.Apport de la diffraction des rayons X	28

CHAPITRE IV : ETUDE GEOMINIERE DU PANNEAU 8 DU GISEMENT BENGUERIR

IV.1.Préparation de la base de données.....	30
IV.2.Carte structurale.....	32
IV.3.Cartes iso-valeurs	33
IV.3.1.Carte des iso-teneurs en BPL et CO2.....	33
IV.3.2.Carte iso-puissance	36
IV.4.Listingcase.....	37
IV.5. Réalisation d'un log stratigraphique du panneau 8 avec le logiciel GDM	40
IV.6.Calcul des réserves	42
Conclusion	44
Référence Bibliographique.....	45

Notations principales et abréviations

BPL	:	Bone Phosphate of Lime (BPL = 2, 18 * %P ₂ O ₅)
DRX	:	Diffraction des rayons X
LPA	:	Lumière polarisée analysée
LPNA	:	Lumière polarisée non analysée
SUP	:	Supérieure
Inf	:	Inférieure
OCP	:	Office Chérifien des Phosphates
PP	:	Puissance Phosphatée
P₂O₅	:	Anhydride phosphorique
SA₂	:	Sillon A2
SB	:	Sillon B
SIG	:	Système d'Information Géographique
SX	:	Sillon X
THC	:	Tonnage Humide Criblé
VP	:	Volume Phosphaté
Z T	:	Altitude de la couche

Introduction générale

Le Maroc possède les plus importants gisements des phosphates dans le monde, soit plus de trois quarts des réserves mondiales. Leur situation géographique, leur qualité marchande, et leur diversité confèrent au Maroc une place particulière dans le commerce international : premier exportateur mondial des phosphates sous toutes ses formes, troisième producteur derrière les États-Unis et la Chine. Sa production est d'environ 26,6 millions de tonnes par an (OCP, 2010). C'est l'Office Chérifien du Phosphate (O.C.P) qui détient le monopole de l'exploitation. Il extrait le phosphate brut du sous-sol marocain grâce à des chantiers à ciel ouvert. Environ la moitié du minerai est exportée comme matière première. L'autre moitié est livrée aux industries chimiques du groupe, pour la transformée en produits dérivés commercialisables tels que, l'acide phosphorique de base, l'acide phosphorique purifié et les engrais solides.

Ce stage consistait à l'origine à participer avec les équipes de géologues aux campagnes d'exploration du secteur nord de Benguérir. Au-delà de ce travail très formateur, on s'est assigné comme tâche de procéder, par nos propres méthodes ; au traitement des données minières d'une zone bien définie, par les techniques des Systèmes d'Informations Géographiques dans le but de disposer d'outils aidant le géologues à mieux visualiser la structure du gisement phosphates et à en évaluer les ressources. Nous avons utilisé pour cela le logiciel Arc GIS.

La problématique qu'on s'est définie consiste donc à :

- Procéder à une étude géologique du secteur pour en saisir les caractères sédimentologiques, structuraux et les lier à la paléogéographie de l'époque de leur dépôt.
- A étudier la pétrographie des couches phosphatées représentatives et d'en préciser les caractères chimico-minéralogiques.
- De réunir et compiler les données minières afin de constituer une base de données susceptible d'être traitée par le logiciel à des fins géominières.

Les objectifs assignés sont de construire des cartes représentant différents paramètres directement liés à l'exploitabilité du gisement et finalement d'évaluer et quantifier les ressources en phosphates utiles.

La présentation des objets géologiques, des objectifs recherchés, des outils utilisés et de la méthodologie suivie sont rangés dans ce mémoire, organisé en quatre principaux chapitres. Les chapitres I et II traitent respectivement des généralités sur les phosphates et sur leurs caractères géologiques dans les gisements marocains et plus particulièrement celui du bassin de Gantour.

Le troisième chapitre est l'objet d'une étude pétrographique et minéralogique des principales couches phosphatées du gisement. Le quatrième correspond à l'étude géominière de traitement informatique des données géologiques et géochimiques.

CHAPITRE I : PRESENTATION DE L'OFFICE CHERIFIEN DES PHOSPHATES

I.1.Historique

L'Office Chérifien des Phosphates a été créé le 7 Août 1920 et depuis cette date, il n'a cessé de se développer à travers la création de nouveaux sites de production et de transformation.

- 1975 : Création du Groupe Office Chérifien du Phosphate.
- 1976 : Démarrage de Maroc chimie II et Maroc Phosphore I.
- 1980 : Ouverture de la mine de Ben Guerir.
- 1981 : Démarrage de Maroc Phosphore II à Safi.
- 1986 : Démarrage du site de valorisation de phosphate à Jorf Lasfar (El Jadida).
- 1998 : Réalisation de l'usine EMAPHOS pour l'acide phosphorique purifié (Maroc -Belgique- Allemagne).
- 1999 : Réalisation de l'usine IMACID de fabrication d'acide phosphorique (Maroc-Inde).
- 2002 : La mine de Benguerir a réussi le prix d'excellence de JIPM.
- 2004 : La mine « Recette 6 » a réussi le prix d'excellence de JIPM.

I.2.Organisation

Acteur leader sur le marché mondial des phosphates, OCP est un véritable succès story marocaine et mondiale, en témoignent les indicateurs économiques et financiers du Groupe, résolument au vert.

Fort de près d'un siècle de performances industrielles, commerciales et sociétales, le Groupe OCP aborde l'avenir avec l'assurance et l'engagement du leader responsable. Sous-tendue par une vision stratégique claire, fédératrice et mobilisatrice, l'action d'OCP s'inscrit dans une culture de l'excellence et se nourrit des valeurs partagées par tous ses collaborateurs.

OCP est présent sur tous les maillons de la chaîne de valeur des phosphates, depuis l'extraction du minerai à la commercialisation de produits à forte valeur ajoutée.

Phosphate brut, acide phosphorique et engrais phosphatés, OCP propose une large gamme de produits répondant à différents besoins, lui permettant de diversifier son portefeuille de clients et de faire face aux évolutions du marché.

I.3.Principaux Bassins Phosphatés du Maroc

Le phosphate des bassins marocains est un phosphate sédimentaire qui provient de la décomposition des animaux de mer, car les mers et les océans ont été recouverts une grande partie de continents depuis presque 75 millions d'années.

La phosphatogenèse s'est déroulée durant la période géologique comprise entre le Maastrichtien (Crétacé terminal) et le Lutétien (Eocène moyen), (Boujo, 1972).

Une série phosphatée s'y est déposée décrivant une séquence positive, comprise entre :

- Au sommet : des formations carbonatées.
- A la base : des détritiques fins (sables et argiles).

Tant sur le plan spatial que temporel, les faciès de la série phosphatée sont caractérisés par une grande diversité.

Les principaux domaines phosphatés au Maroc sont : Quatre grands Bassins :

- **Bassin d'Oulad Abdoun, à Khouribga.**
- **Bassin de Gantour, à Youssoufia.**
- **Bassin de Meskala, à Chichaoua, s'étendant du Jbilet jusqu'à le Haut Atlas Occidental.**
- **Bassin Oued Eddahab au domaine Saharien. Gisement Boucraa.**

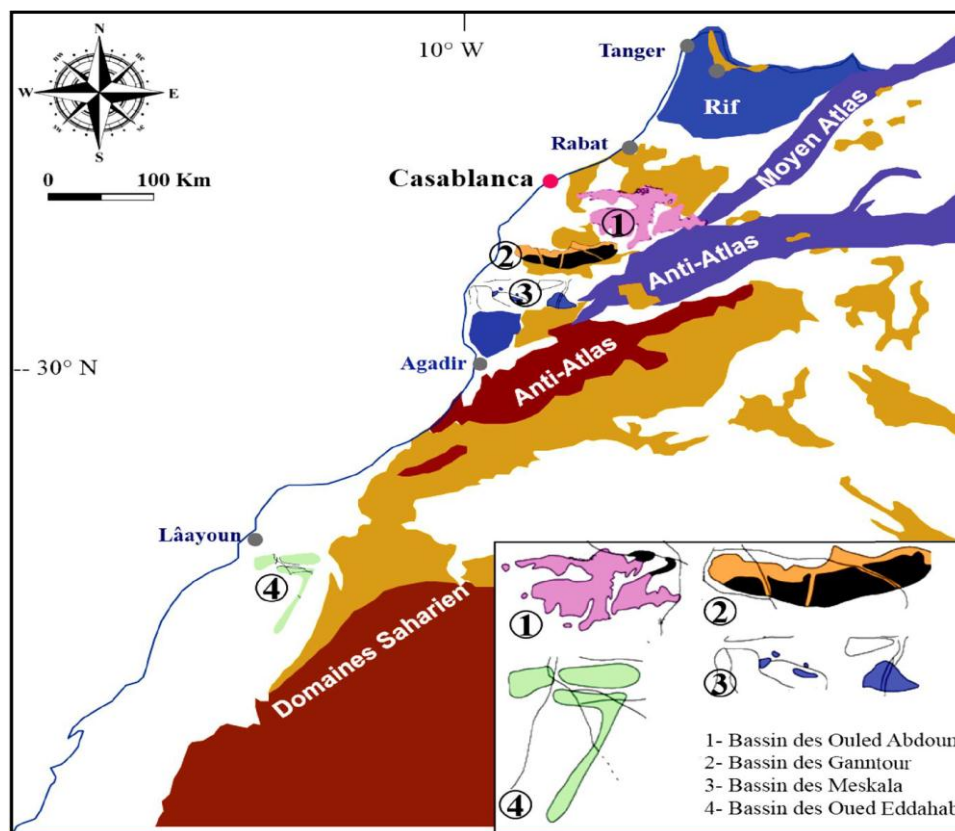


Figure I.1: Schéma structural du Maroc et localisation des bassins phosphatés marocains

I.3.1. Bassin d'Oulad Abdoun

Le bassin d'Oulad Abdoun est le premier bassin reconnu et exploité au Maroc. Il est situé au Nord de la meseta, limité au Sud par la plaine BENI AMIR. Il occupe la moyenne partie du plateau des phosphates.

La série phosphatée d'Oulad Abdoun débute du Maastrichtien par des dépôts phosphatés très marneux et se termine au lutétien par une dalle à thérstitées, en passant par le Paléocène caractérisé par le calcaire phosphaté et le calcaire marneux, puis l'Yprésien, qui contient des niveaux phosphatés intercalés par des calcaires phosphatés cuprolithiques, des argiles et des sillexites.

Il est subdivisé en plusieurs gisements :

- La zone de Khouribga qui contient les gisements d'Oued-Zem, de Merah El Ahrech, Sidi Chennane et Sidi Daoui.
- La zone d'El Brouj.
- La zone de Kasbat Tadla, de la bordure atlasique

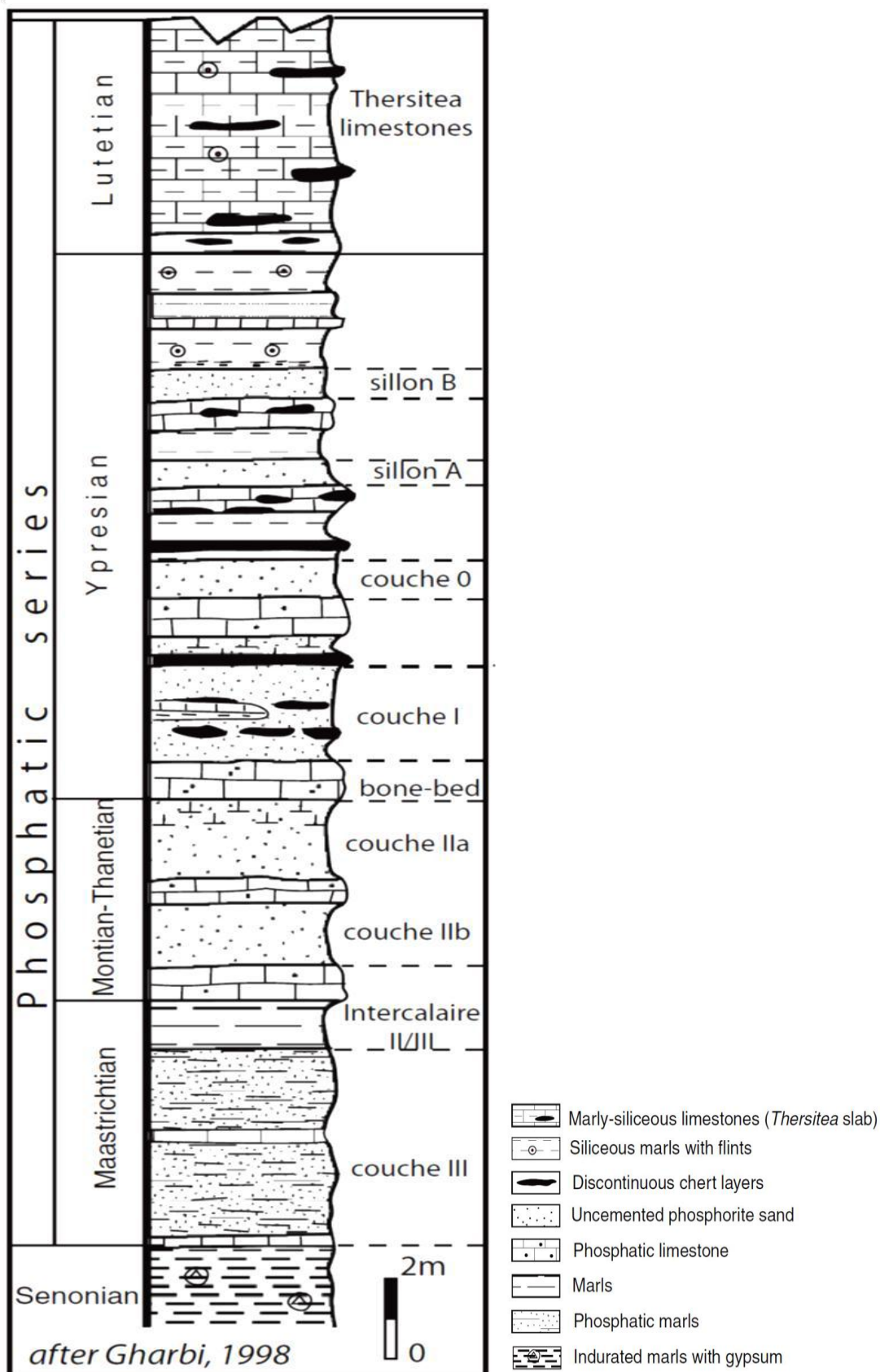


Figure I.2. : Log lithostratigraphique du gisement Ouelad Abdoun

I.3.2. Bassin de Gantour

Le bassin de Gantour, s'inscrit dans un rectangle orienté Est-ouest de longueur 120 Km et de largeur de 20 à 30 Km, est situé entre les méridiens 7°10' et 8°35' et les parallèles 32°10' et 32°20', ses limites sont:

- Au Nord, le massif paléozoïque des Rehamna.
- Au Sud, le massif paléozoïque des Jbilet.
- A l'Est, l'Oued Tassaout, affluent de l'Oued Oum-Er-Rbia.
- A l'Ouest, les collines jurassiques de Mouissat.

I.3.3. Bassin de Meskala

Le bassin de Meskala est situé dans la plaine d'Essaouira-El Haouz, limité par :

- Les Jbilet et les collines jurassiques de Mouissate au Nord.
- Le Haut Atlas au Sud.
- La plaine de l'Haouz à l'Est.
- La plaine côtière d'Essaouira.

Ce bassin est caractérisé par une série phosphatée dont la puissance totale varie entre 110 m au Nord-est et 140 m au sud. Il est subdivisé en trois zones : Ouled Bou sbâa au Nord Est, zone Imin'Tanout au Sud Est et zone de Khémis Meskala à l'Ouest.

I.3.4. Bassin d'Oued Eddahab

Il se situe dans les provinces sahariennes du Maroc à 100 km au Sud-Est de la ville de Laâyoune (Fig. I.3.). Situé entre le Précambrien et le Paléozoïque de la dorsale de Rguibat et l'Océan Atlantique, il s'étend du Nord au Sud-Ouest jusqu'aux environs de Nouadibou.

Les dépôts phosphatés de ce bassin s'étalent sur près de trente millions d'années, du Maastrichtien (Crétacé terminal) au Lutétien (Eocène moyen). La série phosphatée est transgressive vers le Sud Est.

La colonne stratigraphique de la figure I.3., donne une idée des différents faciès de la série phosphatée de Boucraâ

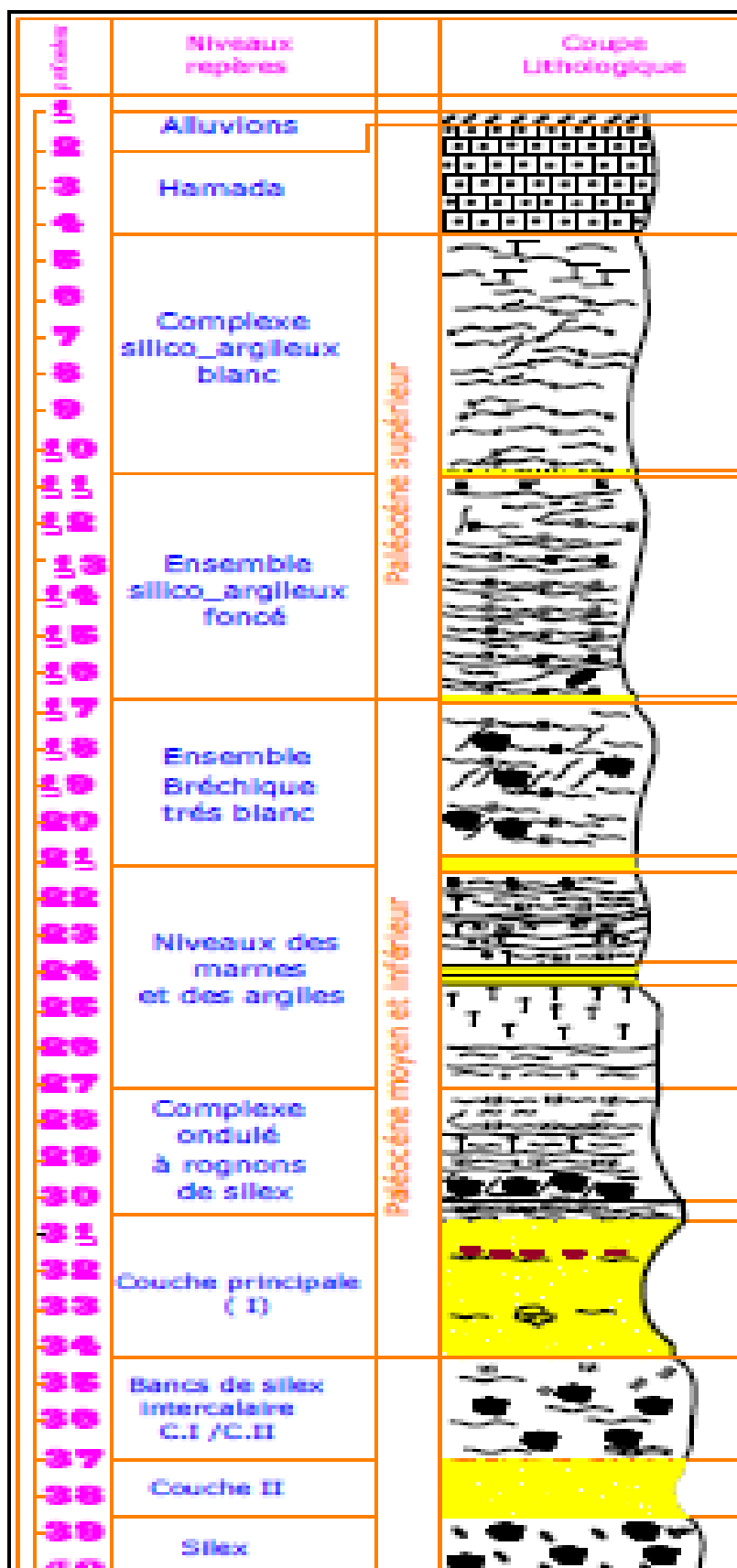


Figure I.3: log lithostratigraphique de la série du bassin Oued Eddahab

I.4. Phosphate et phosphatogénèse

I.4.1. Définition

Le phosphate est la forme sous laquelle le phosphore peut être assimilé par les être vivants, en particulier les algues. Chimiquement, le phosphate (PO_4) est une combinaison d'atomes de phosphore (P) et d'oxygène (O). Le phosphate remplit différentes fonctions dans la formulation des détergents, en particulier anti-calcaire et anti-redéposition.

Une roche sédimentaire dite roche exogène : elle se forme par concentration lorsque des ions phosphate précipitent dans une roche en diagenèse formée par décomposition des organismes peuplent les mers (poissons et reptiles)

I.4.2. Origine

L'existence d'un gisement phosphaté dépend de :

- Une source de phosphore.
- Conditions favorables à la formation de l'Apatite dans le sédiment.
- Conditions favorables à la concentration et l'accumulation des minéraux qui constituent les phosphates.
-

I.5. Théories de la phosphatogénèse

Plusieurs théories sur la phosphatogénèse ont été proposées par différents auteurs depuis les années 30 du dernier siècle. Trois d'entre elles proposent des modèles génétiques possibles :

I.5.1. La théorie Abiolithique de Kazakov (1933)

le milieu phosphaté doit communiquer largement avec la haute mer pour permettre l'étalement des courants ascendants : Un vent fort souffle à la surface de l'océan, poussant les eaux chaudes de surface vers le large. Pour combler le vide, les eaux froides du fond de la mer remontent chargées de minéraux P, Ca, F, C, Na

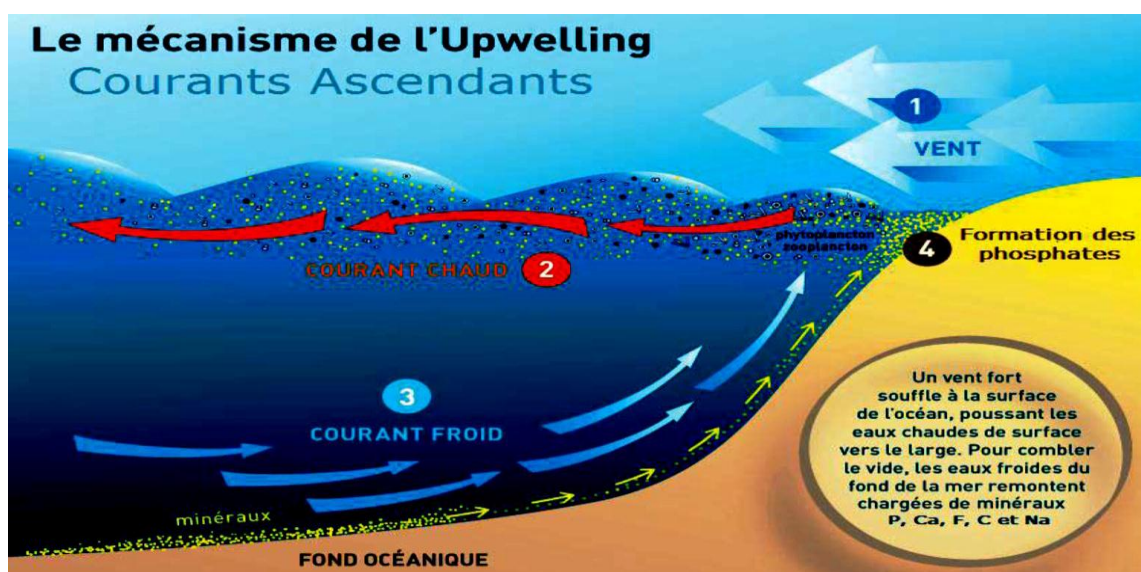


Figure .I.4 : Mécanisme des courants ascendants Upwelling (Bakun, 1990)

I.5.2. La théorie biolithique de Keyser et Cook (1972)

Les phosphates se forment au niveau d'une zone anticlinale. Ils s'étalent ensuite de part et d'autre de celle-ci. Du côté interne de l'anticlinal se déposent alors les sédiments riches en phosphates et du côté externe des dépôts moins riches (Fig.I.5).

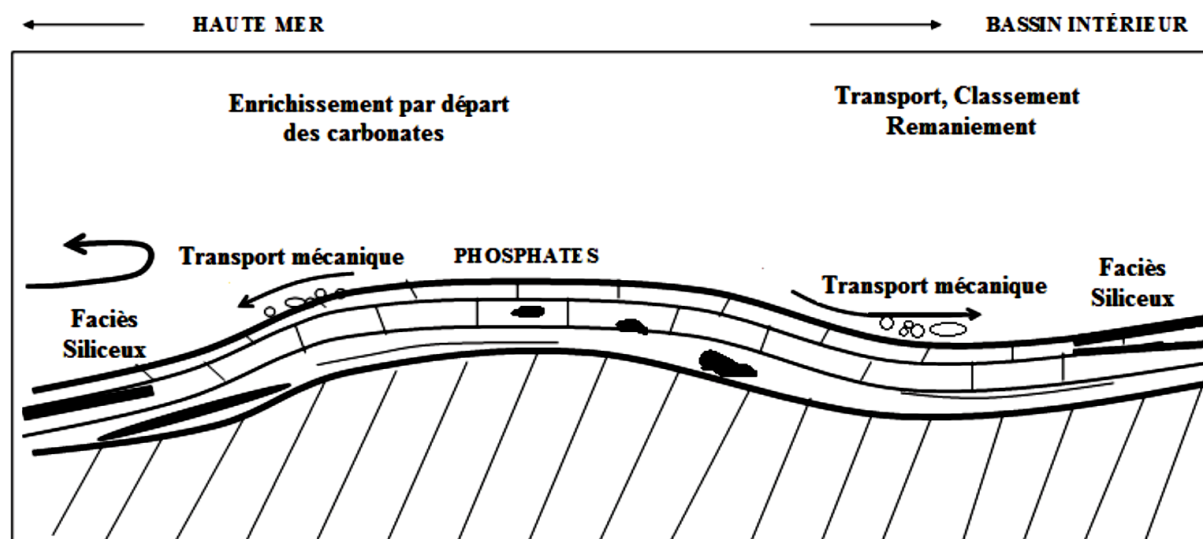


Figure .I.5 : Modèle de KEYSER et COOK(1972)

- Pour Hite (1978) les bassins évaporitiques jouent un rôle essentiel dans la formation des phosphates. Ce modèle a été adopté pour les phosphates de Fom Selja à la Tunisie caractérisé par deux séquences gypseuses encadrant la séquence phosphatée (Lucas et al., 1979).

CHAPITRE II: PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

La zone d'étude fait partie intégrante du bassin phosphaté des Gantour. Pour cela, avant de décrire en détail la zone d'étude, il convient tout d'abord de présenter le gisement phosphaté de Gantour.

II.1. Gisement phosphatés des Gantour

II.1.1. Données générales

Le bassin des Gantour représente l'un des principaux bassins phosphatés du Maroc, découvert par A. Brives aux alentours de 1920 et a été mis en exploitation en 1931.

Il s'étend sur environ 125 Km d'Est en Ouest et sur 20 à 35 Km du nord au sud. Ses reliefs sont relativement modérés avec une altitude moyenne de 430 m, mais relativement accidenté avec des altitudes pouvant dépasser 530 m dans la zone noyée de Youssoufia.

De l'Ouest vers l'Est, le bassin de Gantour est subdivisé en six zones principales : Youssoufia, Recette 6, Louta, Ben guérir, N'Zalat El Ararcha, et Tassaout.

II.1.2. Situation géographique

Le bassin des Gantour, inscrit dans un rectangle orienté Est-Ouest de longueur de 120 Km et de largeur de 20 à 30 Km, est situé entre les méridiens 7°10' et 8°35' et les parallèles 32°10' et 32°20'. Ses limites sont :

- Au Nord, le massif paléozoïque des Rhamna ;
- Au Sud, le massif paléozoïque des Jbilet ;
- A l'Est l'oued Tassaout, affluent de l'Oued Oum –Er-Rbia ;
- A l'ouest, les collines jurassiques de Mouissate.

Actuellement l'exploitation du phosphate de ce grand gisement s'effectue à partir des centres miniers de Youssoufia et Benguerir distants respectivement de 85 et 150 Km environ du port de Safi (Fig.II.1).

Géo-morphologiquement, le bassin des Gantour se présente sous forme d'un plateau allongé Est-Ouest sur 120 Km et correspond à une unité structurale bien définie composée d'une couverture tabulaire cénozoïque et mésozoïque au sein de laquelle se développe la série phosphatée. Celle-ci s'ennoie sous les formations récentes de la Bahira, essentiellement quaternaire qui sont venues s'épandre sous les Jbilet.

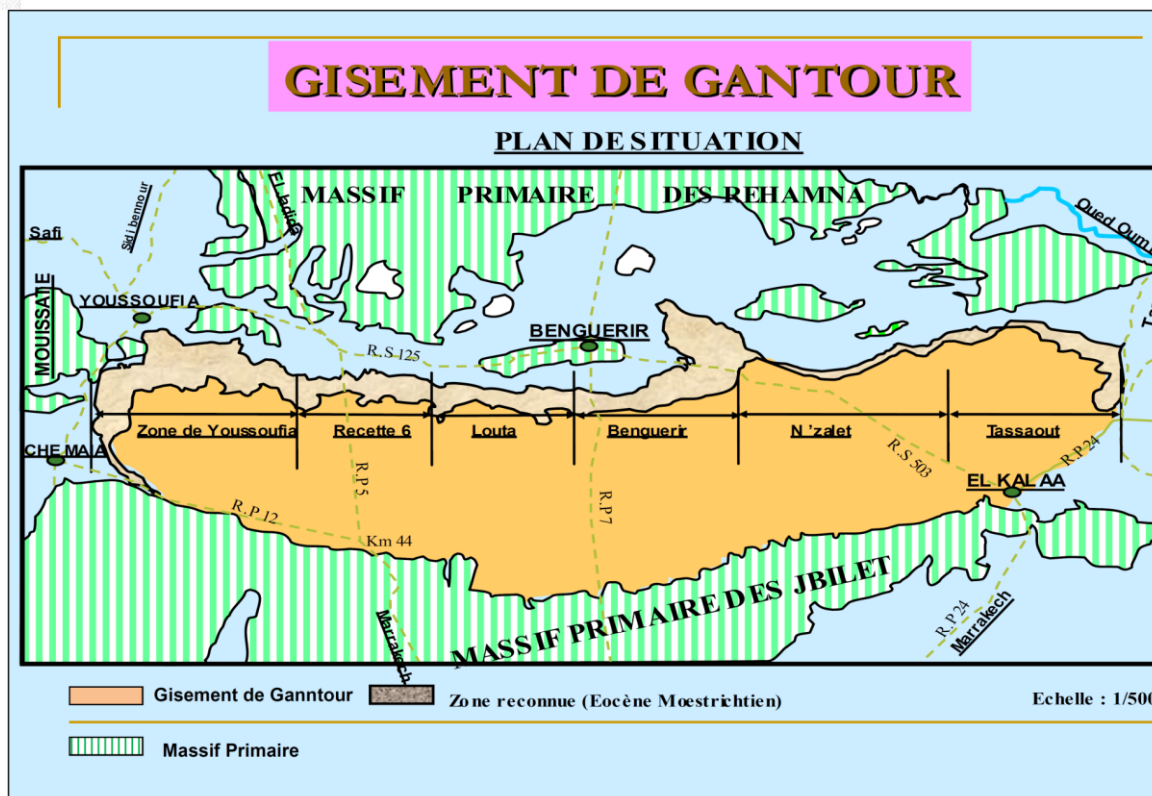


Figure .II.1 : Carte du gisement du bassin des Ganntour (BOJOU, 1976)

II.1.3.Cadre géologique

Les gisements de phosphate, celui des Gantour en particulier, représentent un élément important de la couverture sédimentaire du domaine de la meseta marocaine, vieux massif hercynien qui n'apparaît qu'en trois endroits : au NE en formant le massif du Maroc central ; au centre en deux massifs qui encadrent les Gantour : le massif primaire des Rehamna au Nord et les Jbilet au Sud.

Ce socle ancien, rigide et figé dans la meseta, est largement recouvert par des séries sédimentaires tabulaires ou faiblement plissées, ondulées ou faillées.

II.2.Cadre géologique et géographique du gisement Benguerir

Le gisement de Benguerir se situe dans la Meseta occidentale et limité par deux massifs paléozoïques bien individualisés : le massif de Rehamna au Nord (roches métamorphiques et cristallins) et celui des Jbilet (schistes) au Sud. La limite occidentale est matérialisée par les collines jurassiques de Mouissat. La limite Est est marquée par la rive gauche de l'Oued Tassaout.

Dans ce gisement, la série phosphatée s'étale du Maastrichtien au Lutétien. Elle se présente sous forme de bancs phosphatés (couche, sillons et faisceaux) et des niveaux stériles à peu phosphatés (intercalaires).

Le gisement de Benguerir est caractérisé par quelques structures variées qui ne laissent pas deviner l'allure tabulaire de la surface. Ces structures, affectant la série phosphatée, se présentent sous forme de flexures et de failles. Les flexures déterminent des anticlinaux et synclinaux à grands rayons de courbure et s'accompagnent de nombreux accidents cassants à faibles rejets rencontrés par l'exploitant.

En rencontre également dans ce domaine une flexure d'extension importante : la flexure de Bout El Mezoud entre le gisement de Benguerir et celui de N'zalet Laararcha. Ce gisement se présente sous forme d'un plateau allongé Est-Ouest sur une longueur de 25 à 30 Km et une largeur de 10 à 20 Km . Le relief est relativement pondéré avec une altitude moyenne de 430 m.

II.3.Climatologie

Le climat dans cette région est de type semi continental aride, à hiver tempéré. La pluviosité est faible sur l'ensemble. Les températures maximales moyennes mensuelles sont élevées et varient entre 18°C en janvier (mois le plus froid) et 40°C de moyenne en juillet (mois le plus chaud). Les températures minimales moyennes varient entre 4°C en janvier et 18°C en juillet. Les vents dominants sont de N ou NE en hiver. Les précipitations sont faibles de l'ordre de 33 à 42 jours/an. 18

II.4.Hydrogéologie

L'alimentation souterraine provient essentiellement du plateau Crétacé et Eocène de Youssoufia ainsi que de l'infiltration dans la basse plaine des petits oueds temporaires provenant des Jebilet, des Mouissat et du plateau de Youssoufia. En ce secteur, la plaine de la Bahira constitue une zone basse entre les plateaux des Mouissat à l'Ouest, des Gantour au Nord et le massif des Jebilet au Sud.

L'origine de la ligne de partage des eaux constituant la limite orientale est probablement à rechercher dans l'existence d'un horst du substratum paléozoïque.

II.5.Présentation et description de la série phosphatée dans le gisement de Benguerir

II.5.1.Découpage minière

La recherche minière a été effectuée à partir des puits représentent des ouvrages de prospection. Ces puits ont été implantés d'une manière régulière à une maille de 250 m (Fig. II.2).



Figure .II.2 : Puits de reconnaissance et de prospection

Pour exploiter une zone phosphatée, il faut diviser cette zone en :

Panneau : un terrain ou une portion du gisement, limité en fonction des facteurs tels que le nombre de couches phosphatées existants, le recouvrement et la qualité du phosphate.

Tranché : une partie ou unité du panneau dont une longueur est la même longueur du panneau et suit une largeur en générale de 40m (Fig. II.3).

Panneau

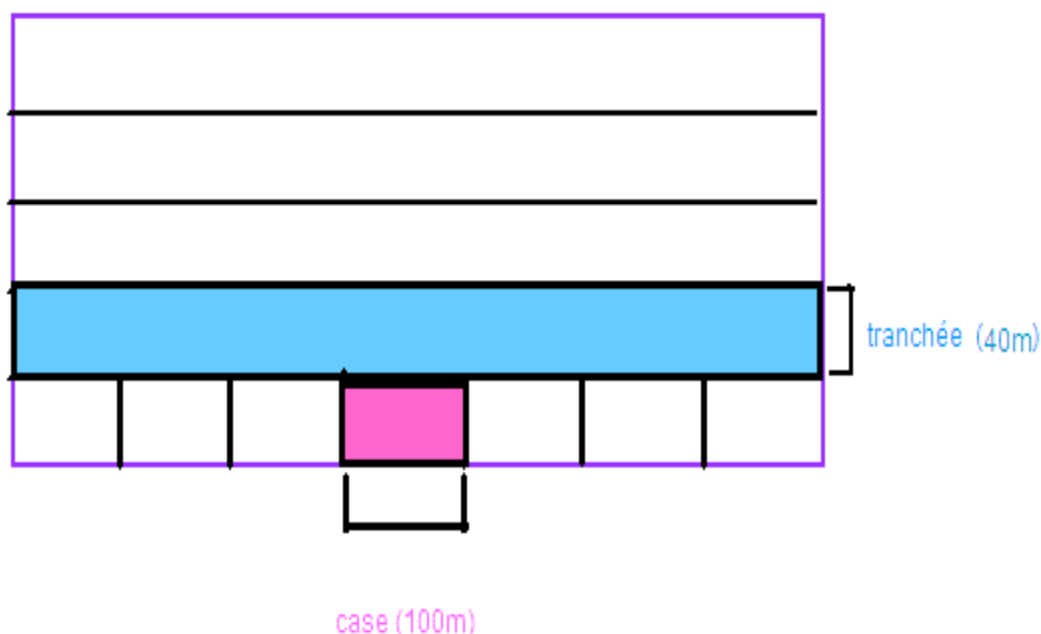


Figure .II.3 : **Case** est une unité du tranché à une longueur de 100m et une largeur de 40m.

II.5.2.Découpage litho stratigraphique et description des couches

Les séries phosphatées de la région Benguerir formé par l'alternance des couches de phosphate et des niveaux stériles.

La couche 0-1 :

Les deux couche peuvent être confondue lorsqu'il n'ya pas d'intercalation. Elle est constituée par des phosphates grossiers riches en Bone Phosphate of Lime (BPL)

La couche 2 :

Formé de deux sous couche séparées par un lit d'os (bone- bed)

- Couche supérieure : caractérise par un phosphate meuble avec un banc de calcaire siliceux sur le toit, sa teneur en BPL est importante
- Couche inférieure : formé par des phosphates meubles gris à jaune, marneux et siliceux

Un niveau repère :

Un niveau d'argile permet de séparer la couche trois supérieurs et la couche deux inférieure .elle apparaît nettement dans le terrain.

La couche 3 :

Elle est subdivisée en deux sous couches à faciès variable 20

- Couche supérieur : formé de phosphate meuble beige plus au moins marneux avec un teneur en BPL faible.

-couche inférieure : formé par des phosphates meubles qui contient souvent du calcaire siliceux, avec une teneur en BPL est très important.

La couche 4 :

Constitué par des phosphates meubles avec des rognons de silex, elle est subdivisée en deux sous couche dont l'inférieure a une teneur en BPL très important.

La couche 5 :

Constitué de phosphate meuble plus au moins marneux organo-détritique continent des barres des calcaires et quelques rognons de silex au centre, elle est formée de trois niveaux :

- Couche supérieure : teneur faible en BPL.
- Couche médiane : teneur moyenne en BPL
- Couche inférieure élevée en BPL

Couche 6 :

Formée de phosphate meuble gris beige, repose sur des marnes jaunes qui constituent la base de la chaîne phosphatée.

Le sillon x :

Un niveau phosphaté meuble discontinue plus au moins calcifié.

Sillon A :

Subdivise en trois sous unité

- Sillon A3 : constitué d'un phosphate meuble calcifié a faible teneur
- Sillon A2 : il est exploitable et renferme des fossiles caractéristiques.
- Sillon A1 : constitué par des phosphates calcifié et marneux et non exploité à cause de la présence des marnes friable.

Sillon B :

Constitué d'un phosphate sableux grossier avec des rognons de silex sa teneur en BPL est importante. 21

II.5.3.Description des intercalaires

Ce sont des niveaux stériles qui existent le long de la série phosphatée

- Calcaire : Roche sédimentaire carbonatée ;
- Argile : Roche sédimentaire détritique à grains très fins ;
- Marne : Roche sédimentaire constituée d'un mélange d'argile et de calcaire ;
- Silex : Roche sédimentaire constituée principalement de la silice, elle est dure et de cassure conchoïdale .

II.5.4.Découpage chrono stratigraphique

C'est l'organisation des strates en unités géologiques en fonction de leur âge (Fig.II.4.).

- La série phosphatée s'étend du **Maastrichtien** au **Lutétien**.
- Le Maastrichtien : (Couches 6, 5, 4,3, 2 et sillon x)
- Le Danien : (Couche 0/1)
- Le Thanétien : (Sillon A1, A2, A3)
- L'Yprésien : (Sillon B)
- Le Lutétien : le stérile

	Niveau	Log	Pce(m)	BPL (%)	CO ₂ (%)	Lithologie
0,00			0,40			
2,20			1,80			
2,80	D		0,60			
4,30			1,50			
5,10	C		0,80			
8,03			2,93			
8,93	B		0,90	66,42	5,24	Phosphate sableux, argile au toit
10,50			1,57			Marne et argile
11,30	AB		0,80			Sable phosphaté
13,20			1,90			Marne + calcaire argileux au toit
15,32	A1		2,12			Sable phosphaté + calcifié
18,75	A2		3,43	57,87	7,74	Phosphate sableux
20,50	A3		1,75			Sable phosphaté, calcaire au toit et au mur
28,60			8,10			Marne siliceuse, marne et calcaire argileux bancs discontinus de silex noir
29,50			0,90			
30,50			1,00			
31,31	0		0,81	61,16		Phosphate sableux
31,60			1,50	65,94		Phosphate sableux oolithique
33,10	1		3,00			Marne, marne siliceuse et calcaire, passée de sable phosphaté induré,
36,10			1,68	64,87	5,08	Phosphate sableux marneux au toit bone bed
37,80	2S		2,14			Sable marneux phosphaté ± calcifié au toit et à la base
40,00			2,55			Argile jaune + marne au toit
42,50			0,85	50,01	3,70	Sable phosphaté
43,40	3S		0,72	67,80	4,95	Phosphate sableux, calcaire siliceux discontinu
44,12	3I		1,24			Marne, marne siliceuse
45,36			1,44	63,78	4,83	Phosphate sableux à rognons de calcaires
46,80	C4		1,80			Marne, marne siliceuse et silex
48,60			1,10			Sable marneux phosphaté bancs lent. de marne
49,70			1,75			Marne siliceuse, marne et silex
51,45			2,75	59,60	7,72	Sable marneux phosphaté, calcaire siliceux autoit
54,20	C5		3,40			phosphate sableux
56,46			0,65	66,31		cal. pho. au tiers inf & au
57,60						Phosphate sableux meuble
58,25	C6					

Figure II. 4. Stratigraphie de la série phosphatée du gisement ben guérir :

II.5.5. Découpage minière des panneaux

La recherche minière a été effectuée à partir des puits qui représentent des ouvrages de prospection. Ces puits ont été implantés d'une manière régulière à une maille carrée de 250 m, de sorte qu'ils limitent le gisement (Fig. II. 5).

Chaque panneau est découpé en tranchées parallèles orientées Nord – Sud et qui sont subdivisées en case de 100 m de longueur, la largeur des tranchées est en moyenne de 40 m.

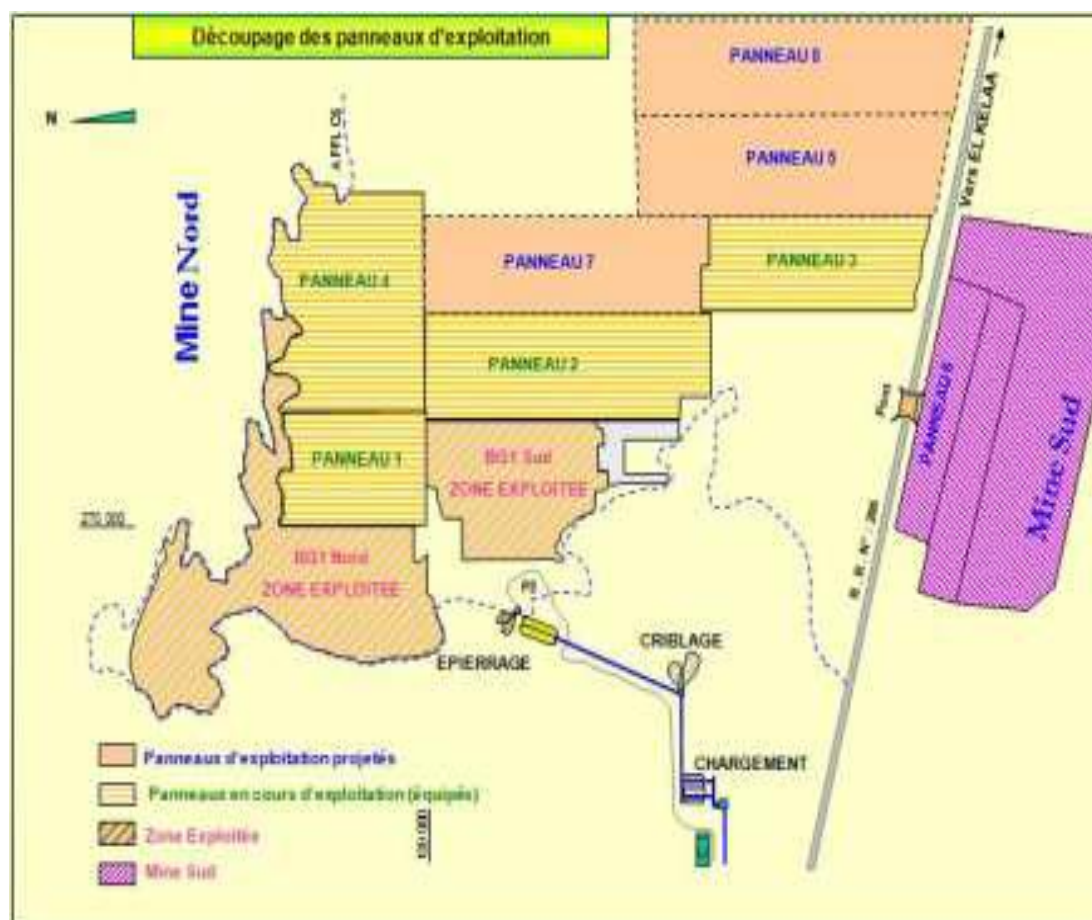


Figure .II.5 : Schéma de découpage des panneaux

Méthode d'exploitation des phosphates de Benguérir

Au vu des caractéristiques minières géologiques du gisement, la méthode d'extraction par découverte a été retenue, elle vise essentiellement : l'augmentation de la productivité, la récupération maximale des réserves et l'amélioration des conditions de travail. Les principales activités de la division d'extraction Benguérir sont les suivantes (Fig. II. 6) :

- Extraction des couches de phosphate. (Foration, Sautage, Décapage, Défruitage et Transport).
- Stockage et reprise des couches provenant du chantier en veillant à l'homogénéisation des couches phosphatées.
- Épierrage, Criblage, Chargement et livraison du phosphate Humide criblé.

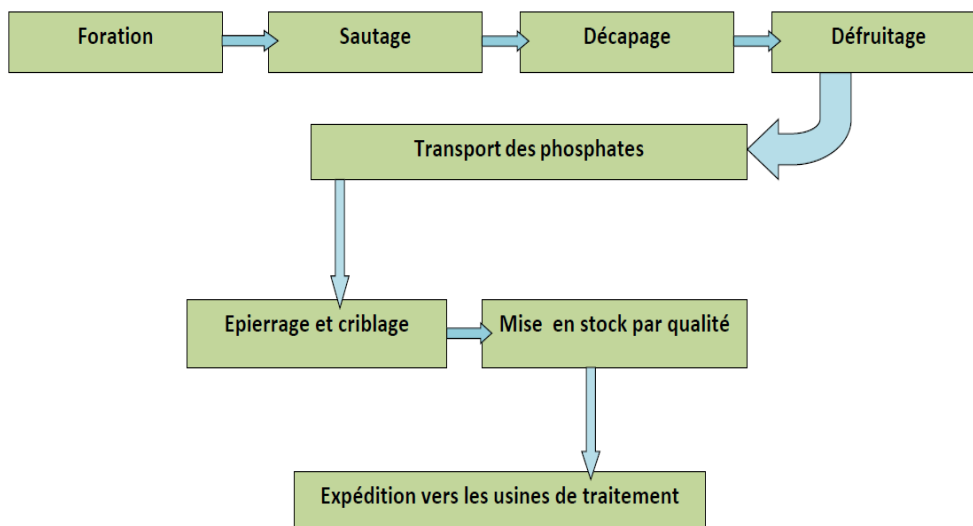


Figure .II.6 : les étapes d'extraction des phosphates de Benguérir

II.5.6. Les étapes d'exploitation dans la mine de Ben guérir

La mine ouvert ciel de Ben Guérir chargé de l'exploitation et de l'extraction. Pour cela il est nécessaire d'effectuer certaines opérations sont les suivantes :

Au niveau de l'**extraction** on trouve :

-Foration :

Elle consiste à forer des mailles disposées d'une façon ordonnées à l'aide des machines de Foration appelées sondeuses (Fig. II. 7).



Figure .II.7 : Sondeuse

-Sautage :

Remplissage des mailles forées par l'explosif (ammonix qui se compose de 94% de NH_4NO_3 et 6% de fuel) qui permet de fragmenter les intercalaires durs pour qu'ils puissent être enlevés par les engins de décapage (Fig. II. 8).



Figure .II.8: Sautage

-Décapage :

Se fait par les machines draglines et consiste à enlever la terre stérile en guise de préparation au défruitage (Fig. II. 9).



Figure .II.9 : Dragling

-Défruitage :

C'est la phase de récupération de phosphate, actuellement, on définit six couches de qualités, différentes teneurs.

-Transport :

Il est effectué par l'intermédiaire de camions qui transportent le phosphate vers les stations de traitement appelées installations fixes (Fig. II. 10).



Figure .II.10 : Chargement et transport

Au niveau du **traitement** on trouve :

-Épierrage :

Après le transport du phosphate vers les stations mécaniques appelées installations fixes, il est versé dans deux trémies qui alimentent deux cribles de maille 90*90 mm destinés à l'élimination des gros pierres.

-Criblage :

C'est l'épierrage du phosphate pour la 2ème fois à l'aide des cribles de mailles de 10*10 mm .Le phosphate criblé est stocké dans un parc secondaire appelé parc d'homogénéisation, ils sont aux nombres de quatre, de 125000 m3. Le transport du parc primaire au parc secondaire est assuré par un convoyeur à bande de 1000mm de largeur et de 1000t/h à l'aide d'une roue pelle mécanisée de 8 godets engendre un débit horaire de 1400t/h. du parc d'homogénéisation.

-Chargement :

Cette opération consiste à charger des wagons dans une station de chargement à double voie alimentée par une roue pelle via une trémie de réception et une cascade de convoyeurs. Le positionnement des wagons est commandé par deux locotracteurs.

CHAPITRE III: ETUDE PETROGRAPHIQUE DE QUELQUES ROCHES PHOSPHATES

III.1. Description pétrographique

L'étude pétrographique des niveaux phosphatés choisis est basée sur les observations microscopiques faites au laboratoire de la faculté des sciences et techniques Fès. L'étude pétrographique a été faite sur des lames minces des échantillons prélevés au niveau des différents faciès de la série phosphatées du panneau 7 du gisement de Benguérir. L'observation au microscope optique a montré que les faciès sédimentaires phosphatés sont constitués par quatre principaux composants phosphatés : Les débris biogènes formés essentiellement par des particules squelettiques, les coprolithes correspondant aux excréments de la faune des mers du crétacé supérieur et du tertiaire inférieur, les grains phosphatés correspondant principalement à des pellets et les grains composites ou agrégats qui représentent des composants minéraux tels le quartz, la dolomite, etc.... Les principaux critères retenus pour classer ces constituants (MOUFLIH, 1991) sont : la forme, la taille, la structure interne et l'origine génétique (Fig.III.1).

Les bioclastes : Ils regroupent tous les éléments figurés des tests des microorganismes comme les fragments d'os et les dents de poissons avec une taille supérieure à 2mm

Les grains phosphatés : Sont très abondants, leur structure interne ainsi que leur morphologie externe permettent de les classer en 3 groupes :

- **Les pellets** : représentés par des grains de forme ovoïde rarement allongée avec une taille inférieure à 2mm. Ces grains n'ont pas de structure interne bien définie (Fig.III.1- A et E).
- **Les nubéculaires** : au microscope ces particules contiennent des loges « en chapeau de gendarme » (CHAMPETIER, 1979), avec une taille inférieure à 400µm les nubéculaires sont caractéristiques des mers épicontinentales à sédimentation calcaire (Fig.14- B et F).
- **Les grains enrobés** : Sphériques, ils présentent un ou plusieurs noyaux (grains de quartz ou de la calcite) entourés d'un cortex (Fig.III.1-A).

Les coprolithes : Ce sont des déjections de vertébrés et d'invertébrés. Ce sont des particules phosphatées plus grossières que les pellets, avec une taille allant de 400µm à quelques millimètres. Elles présentent des formes cylindriques ou allongées (Fig.III.1–C et D).

Les grains composites ou agrégats : La taille dépasse généralement 400µm et la forme est quelconque à caractère anguleux indiquent un faible déplacement. Ces particules sont caractérisées par une variété d'éléments inclus (quartz, dolomite...) (Fig.III.1– E et F).

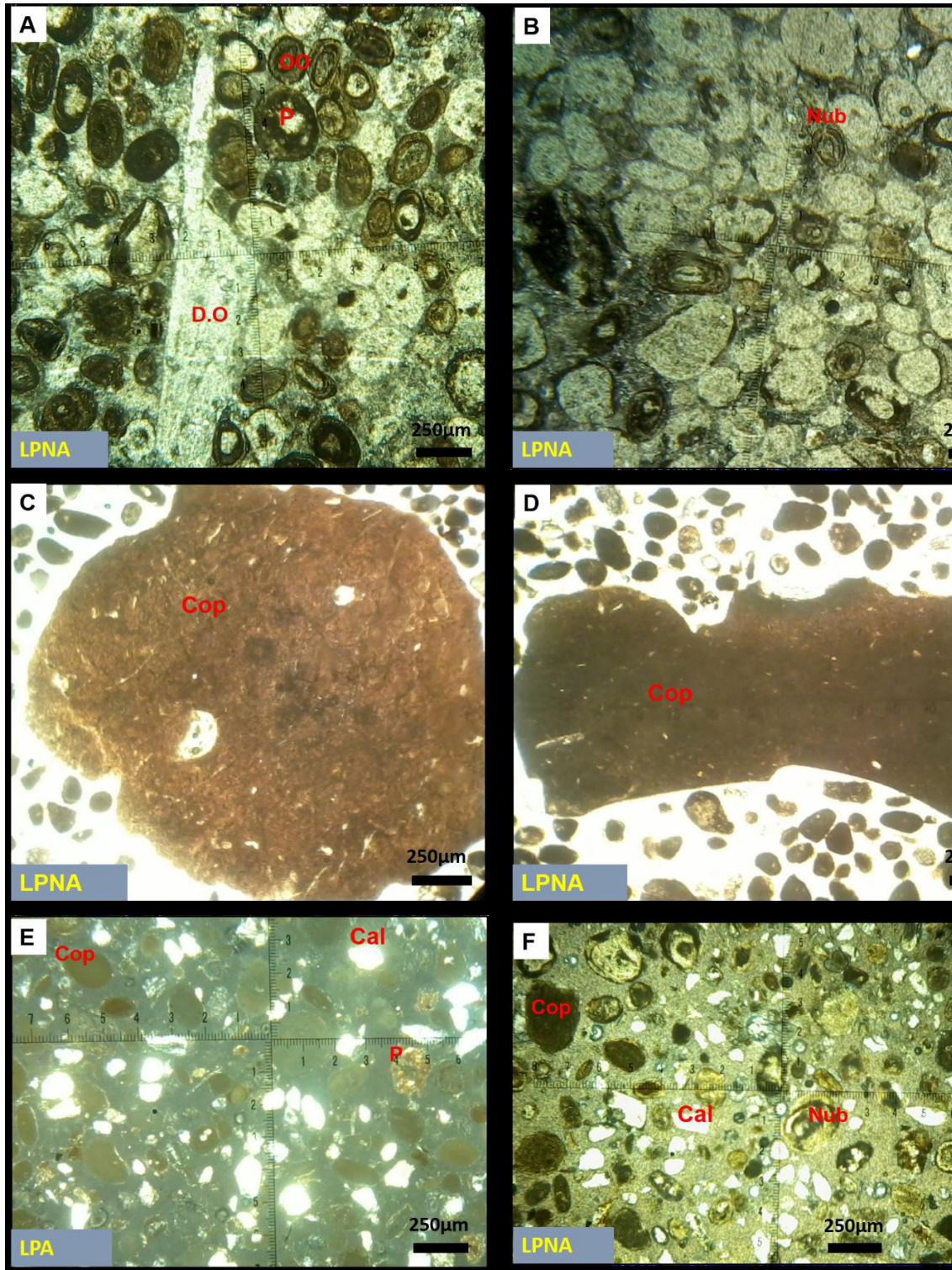


Figure .III.1 : Vue microscopique des quatre principaux composants phosphatés des niveaux étudiés.
 (OO : oolithes ; P : Pellets ; D.O : Débris Osseux ; Nub. : Nubéculaires ;
 Cop : Coprolithes ; Cal. : Calcite) (ANAJJAR Ahmed (2005)).

III.2.Description microscopique

Nous ne disposons pas des échantillons de tous les niveaux phosphatés (Fig. III.2.). Seul 7 échantillons ont pu faire l'objet d'une étude pétrographique sous le microscope. Ce sont les couches phosphatées (4, 1 et le sillon B) et les intercalaires (C3-4, Bone Bed intercalé entre la couches 2 supérieure et inférieure). Nous décrivons aussi le niveau repère, très remarquable sur le terrain, dit argile jaune qui sépare la couche 3 supérieure de la couche 2 inférieure (Fig.III.2).

Le choix de ces échantillons est motivé par leur caractère représentatif des différentes composantes de la colonne stratigraphique du panneau 7 et in fine de tout le secteur Ben Guérir Nord. La description ci-dessous est faite de bas en haut de la série phosphatée.

-Intercalaire couche 3 – couche 4

C'est un niveau phosphaté sableux fins à moyens de couleur grisâtre à blanchâtre et oolithiques.

Le microfaciès phosphaté (Intercalaire couche 3 – couche 4) d'âge Maastrichtien montre des oolithes de type B avec des laminations corticales qui tendent à conserver la forme du nucleus. En terme énergétique ce type des oolithes caractérisé un milieu modéré.

Ce faciès est un Pelphospharénite à microsparite (Classification selon MOUFLIH 1991) de texture Wackestone (Classification de DUNHAM 1962).

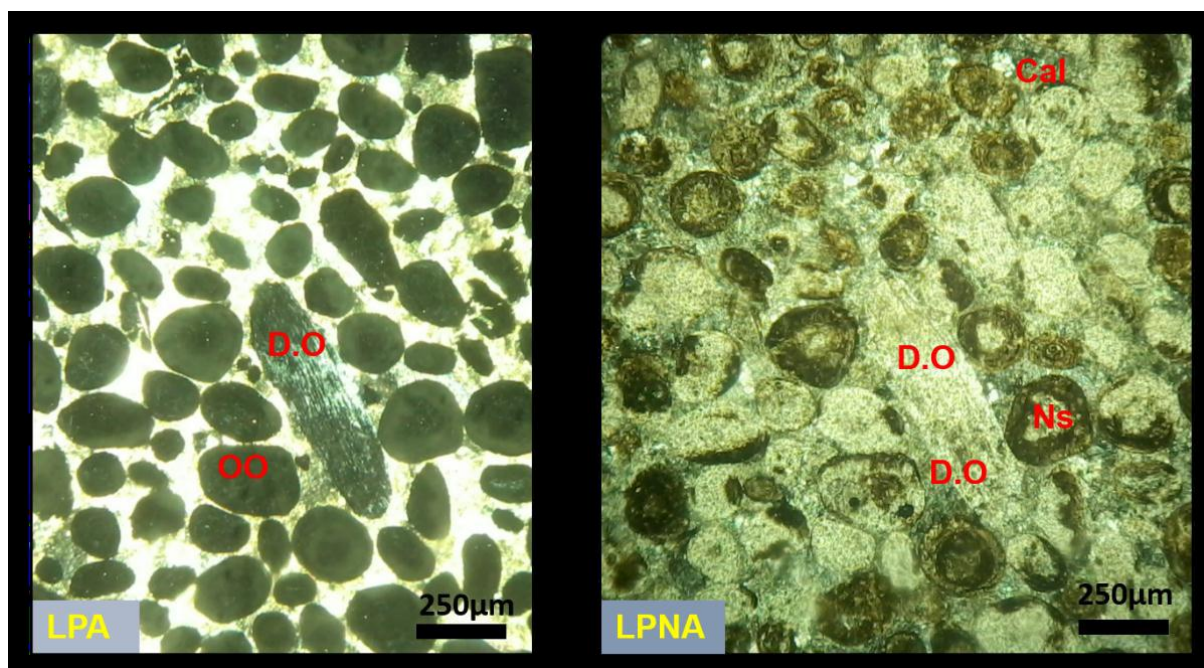


Figure .III.2 : Vue microscopique de microfaciès intercalaire couche 4 – couche 3 D.O : Débris Osseux ; OO : Oolithes ; Ns : Nucleus ; Cal : Calcite (ANAJJAR Ahmed (2005)).

-L'argile jaune (niveau repère)

Dans notre zone d'étude, est un repère, car il sépare toujours la couche 2 de la couche 3 Supérieure. Caractérisé par sa couleur jaunâtre.

Ce microfaciès marneux de la série phosphatée est représenté par une texture Mudstone avec la présence par endroit des grains arrondis et des coprolithes. Il contient aussi des fragments

de matière organique amorphe de couleur brunâtre et noirâtre et des grains arrondis blanchâtre (Fig. III.3.).

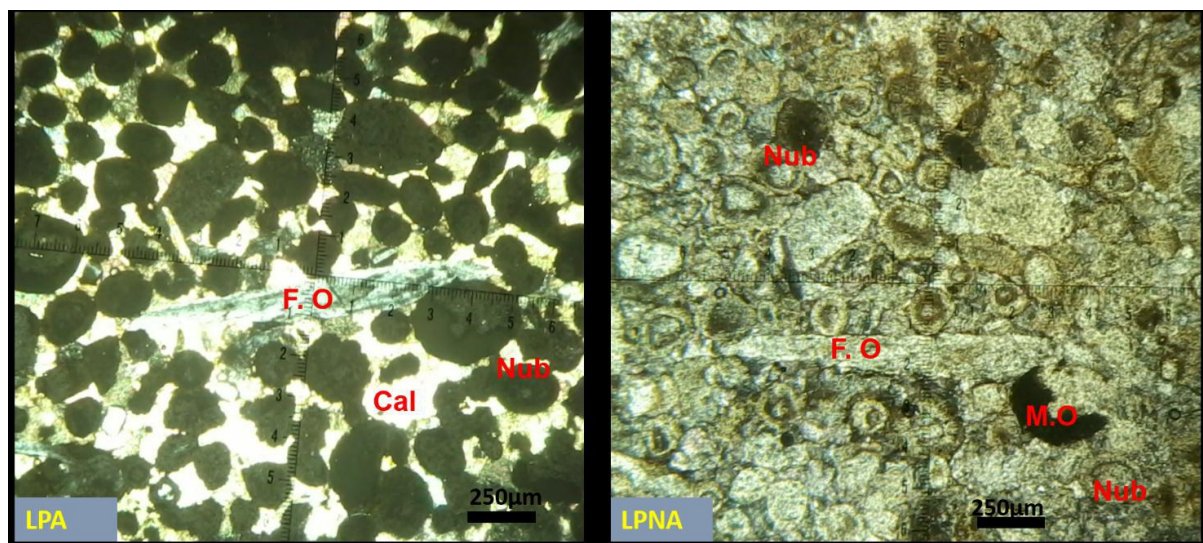


Figure .III.3 : Vue microscopique de microfaciès marneux à texture Mudstone (M.O : matière organique ; Cop : Coprolithes) (ANAJJAR Ahmed (2005)).

III.3. Apport de la diffraction des rayons X

Deux échantillons ont fait l'objet d'une analyse minéralogique par diffractométrie X. Nous avons comme objectifs, outre de confirmer et éventuellement de compléter l'étude minéralogique, de définir la minéralogie de deux niveaux repères : le niveau jaune et l'intercalaire C4-3, tous deux stériles.

-Niveau repère

Bien que l'étude au MEB ait montré l'existence de minéraux phylliteux, les résultats de la diffractométrie X ne montrent pas l'évidence de la présence en abondance de minéraux argileux. Cette étude minéralogique est fragmentaire, car elle n'a porté que sur un seul échantillon, non représentatif de toute l'épaisseur de la couche et de ses éventuelles variations lithologiques. Aussi la résolution choisie pour la diffractométrie X ne permet peut être pas de faire apparaître les pics de ces minéraux. Il convient pour une étude objective de procéder à une séparation des phases avant une étude par diffractométrie X objective. A ce stade nous ne considérons pas cette étude comme concluante à la minéralogie et à l'origine de cette couche repère jaune.

Cependant, la calcite et la dolomite apparaissent, dans l'échantillon analysé, comme les minéraux les plus abondants (Fig. III.4.). Cependant une nette prédominance de la dolomite par rapport à la calcite (Fig.27), définissant une dolomie ou une dolomie calcaire pour ce niveau jaune.

La dolomite caractérisée dans ce cas par un pic large et intense à 3,91 Å. Alors que la calcite caractérisée par des pics avec des intensités moindres. De point de vue minéralogique, la raie (distance inter réticulaire) de la calcite généralement entre 1,03 Å et 3,86 Å et pour la dolomite sa raie principale est comprise entre 2,89 Å et 2,90 Å.

La couleur jaune, souvent imputée aux oxydes de fer dans les roches sédimentaires argileuses. La présence de ces deux composantes n'est pas évidente en premier abord. Cela peut être en

Rapport avec un lessivage des roches phosphatées et une imprégnation des carbonates.
La signification de ce niveau repère reste donc posée.

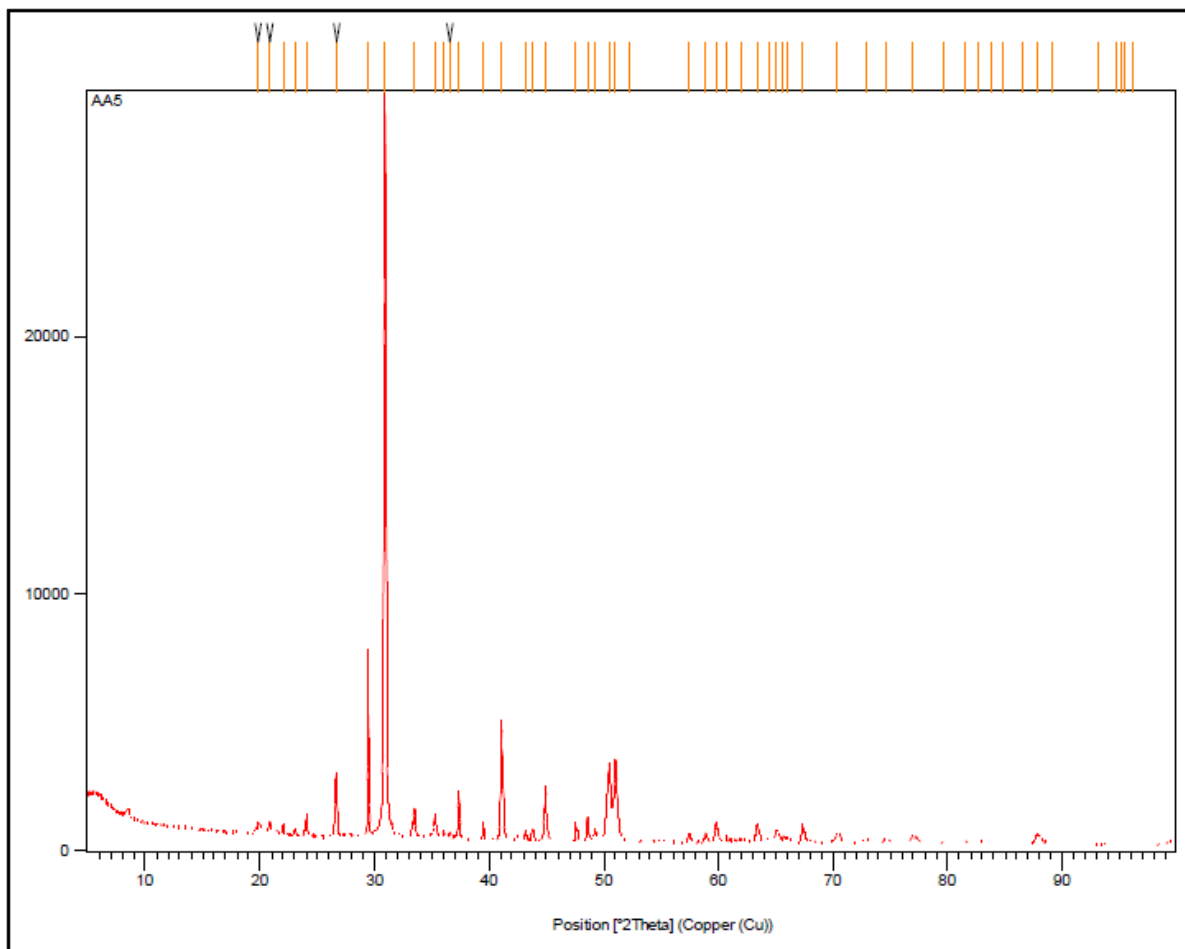


Figure .III.4 : Diagramme des rayons X des échantillons de niveau argileux de la série phosphatée de Ben guérir Nord (ANAJJAR Ahmed (2005)).

-Intercalaire C4 – C3

Les analyses par diffraction des rayons X montrent deux formes cristallines dominantes (Fig. III.5.). Qui sont le carbonate de calcium et l'hydroxyl-apatite avec des raies qui apparaissent respectivement à 3,02 Å et 3.16 Å (Fig. 28).

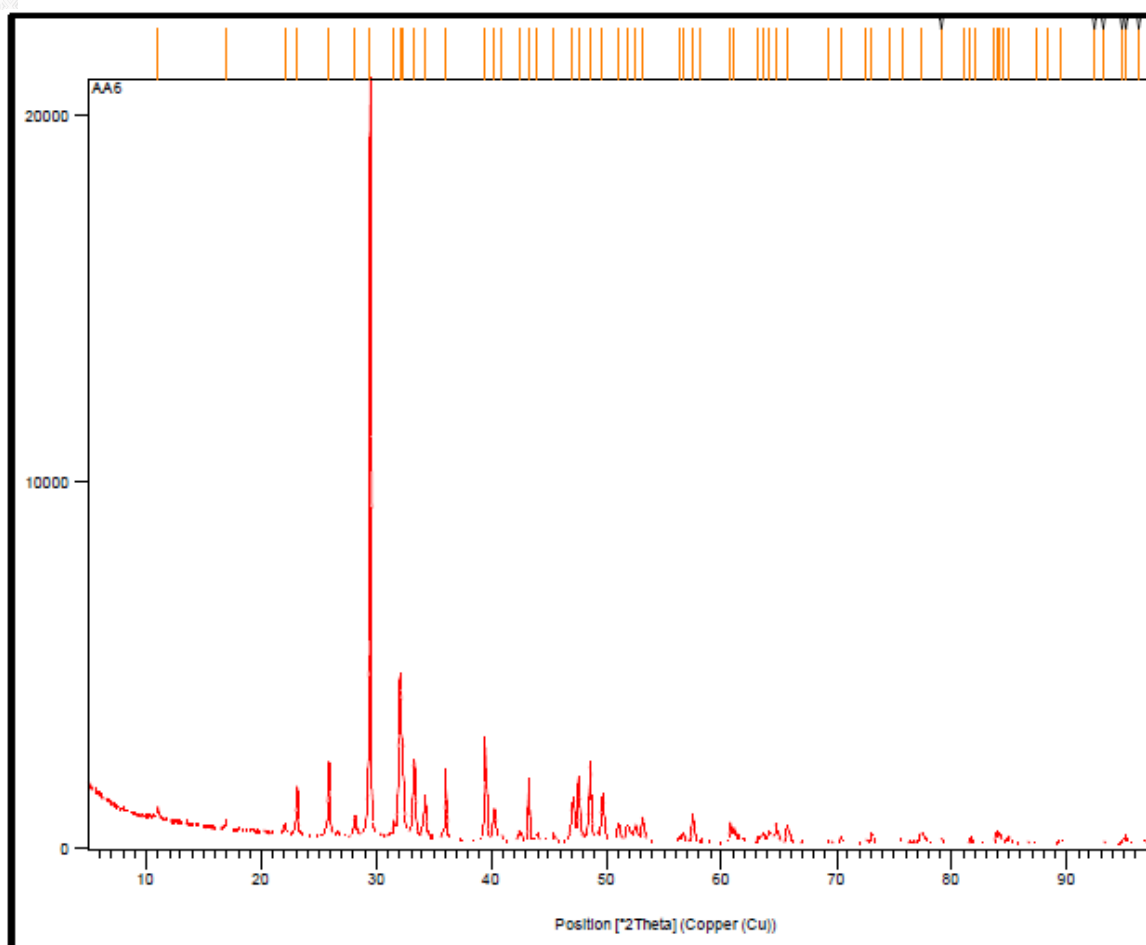


Figure .III.5 : Diagramme des rayons X des échantillons de niveau argileux de la série phosphatée de Ben guérir Nord (ANAJJAR Ahmed (2005)).

CHAPITRE IV : ETUDE GEOMINIERE DU PANNEAU 8 DU GISEMENT BENGUERIR

IV.1.Préparation de la base de données

L'étude d'un niveau phosphaté consiste à rassembler les données sur un dossier Excel qui sera utile par la suite dans le travail informatisé sur ArcGIS, dans le but d'étudier la variation des teneurs et des structures d'une couche a une autre. La base des données est basée sur des puits sur les quels la prospection et l'exploration c'est basées.

Les puits du panneau sont classés selon des profils (Est-Ouest, Nord-Sud), chaque puits porte des valeurs qui caractérisent la géologie de la zone tel que(X, Y, Z, BPL de chaque couche, la puissance phosphaté, la puissance totale, les facies, la nature stratigraphique...)

A partir des puits on calcule z du toit, z du mur, la teneur pondérée pour chaque couche exploitable (Tab.IV.1).

Le tableau IV.1 Représente la base des données calculées pour chacune des couches du panneau 8 du gisement Benguerir (exemple pour la couche 6).

Nom pr	N puit	X	Y	Z	pr toit	pr mur	Z toit	Z mur	PP	BPL	CO2	PI
48	197	276000	180500	453,55	53	53,6	400,55	399,95	0,6	56,3	6,31	1,3
44	207	275498	181493	465,81	47,45	47,8	418,36	418,01	0,35	46,1	5,65	1,45
	208	276010	181498	458,35	50	50,3	408,35	408,05	0,3	61,4	4,2	1,1
43	559	275494	181745	461,35	40,4	40,8	420,95	420,55	0,4			1,6
	96	275340	181986	465,87	52,6	53,1	413,27	412,77	0,5	72,3	4,78	0,7
	216	275499	181985	462,33	42,2	42,5	420,13	419,83	0,3	42,84	4,2	1,6
41	535	275495	182244	466,28	48,05	49,05	418,23	417,23	1	67,37	7	1,65
40	222	275497	182500	471,96	53,5	54	418,46	417,96	0,5	64,6	4,9	1,7
	20	275892	182536	470,11	58,2	58,65	411,91	411,46	0,45	66,61	4,55	1,45
	223	276253	182515	472,51	67,9	68,1	404,61	404,41	0,2	59,6	5,25	1,6
	224	276512	182517	467,16	65,55	65,9	401,61	401,26	0,35	56,04	5,6	2,15
38	231	275497	183001	482,06	61	61,5	421,06	420,56	0,5	64,88	4,9	2,9
	94	276004	182982	479,89	69,3	69,6	410,59	410,29	0,3	64,33	5,25	1,8
	232	276506	183022	480,76	79	80,05	401,76	400,71	1,05	66,53	10,15	0,8
36	237	275497	183508	482,56	59,25	59,85	423,31	422,71	0,6	65,88	4,55	2,35
	238	276003	183516	480	65,9	66,46	414,1	413,54	0,45	66,1	4,55	1,65
	239	276506	183516	470,78	64,05	64,95	406,73	405,83	0,9	68,78	6,13	12,5
34	244	275498	184011	487,84	62,8	63,9	425,04	423,94	1,1	67,01	4,9	2,5
	92	276009	183985	478,41	59,4	60,3	419,01	418,11	0,8	68,65	5,25	2,3
	245	276506	184013	473,45	58,3	59,3	415,15	414,15	1	68,66	4,73	3,5
	246	277008	184015	473,51	62,65	63,2	410,86	410,31	0,55	67,3164	9,91364	2,05
32	17	276052	184491	477,3	54,35	55,2	422,95	422,1	0,85	65,35	5,6	2,35
	252	276502	184511	478,52	57,8	58,55	420,72	419,97	0,75	69,2433	4,2	2,6
	253	277011	184518	480,76	64,9	65,7	415,86	415,06	0,8	69,1275	4,41875	3,1
30	257	275496	185009	482,45	51,85	52,7	430,6	429,75	0,85	66,9153	4,71471	2,55
	90	276033	184991	482,24	53,8	54,75	428,44	427,49	0,95	68,1974	4,46053	3
	258	276503	185016	482,23	54,9	55,6	427,33	426,63	0,7	65,32	4,55	3
	259	277007	185015	493,56	65,8	66,9	427,76	426,66	0,95	69,5137	4,14474	3
28	262	275500	185508	486,4	48,25	49	438,15	437,4	0,75	58,55	8,05	3,8
	263	276004	185510	486,5	52,7	53,7	433,8	432,8	0,8	70,38	3,5	2,2
	264	276512	185511	487,59	58,6	59,45	428,99	428,14	0,85	67,9041	4,63235	2,95
	265	277014	185508	502,35	79	80,3	423,35	422,05	1,1	65,3182	5,72727	3,15
26	269	275504	186012	495,98	59,4	60,1	436,58	435,88	0,7	67,46	4,9	2,8
	46	276004	185999	488,5	54,5	55,2	434	433,3	0,7	69,25	4,37	2,9
	270	276502	186013	490,62	58,25	59,25	432,37	431,37	1	71,2335	6,7375	2,85
	271	277004	186021	500,05	70,3	70,95	429,75	429,1	0,65	68,45	4,55	3

IV.2. Carte structurale

C'est une carte qui représente une succession de courbes de même équidistance. Ces courbes sont obtenues à partir de l'interpolation des points ayant les mêmes côtes de toit (ou de mur) d'une même couche dans une zone bien définie.

La carte structurale a pour objectif l'étude de la structure d'une couche (Fig. IV.1.).

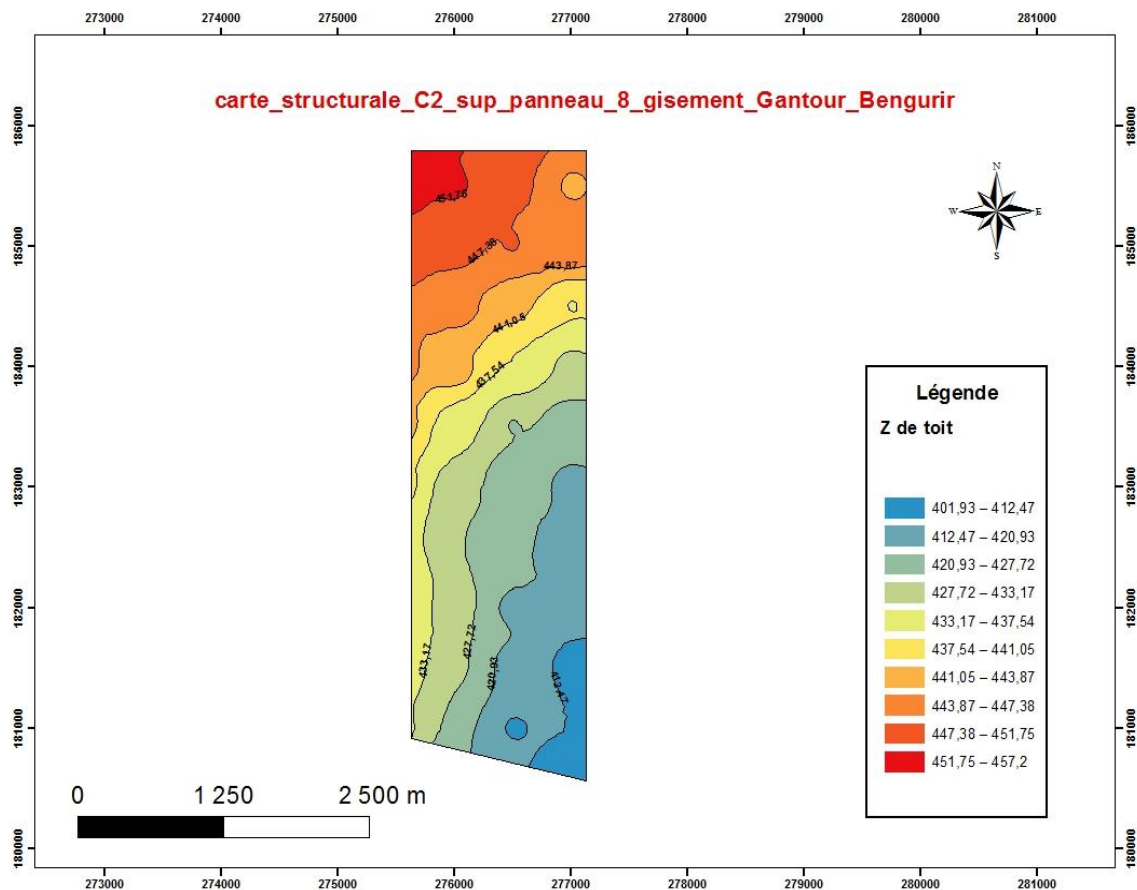


Figure .IV.1 : Carte structurale de la couche 2 supérieure du panneau 8 gisement Benguerir

- Le Z du toit devient de plus en plus importante en allant du SSE vers le NNW donc le pendage est NW-SE.
- Les courbes structurales ont la même allure ce qui engendre un niveau tabulaire à faible pendage (Fig. IV.2.). .

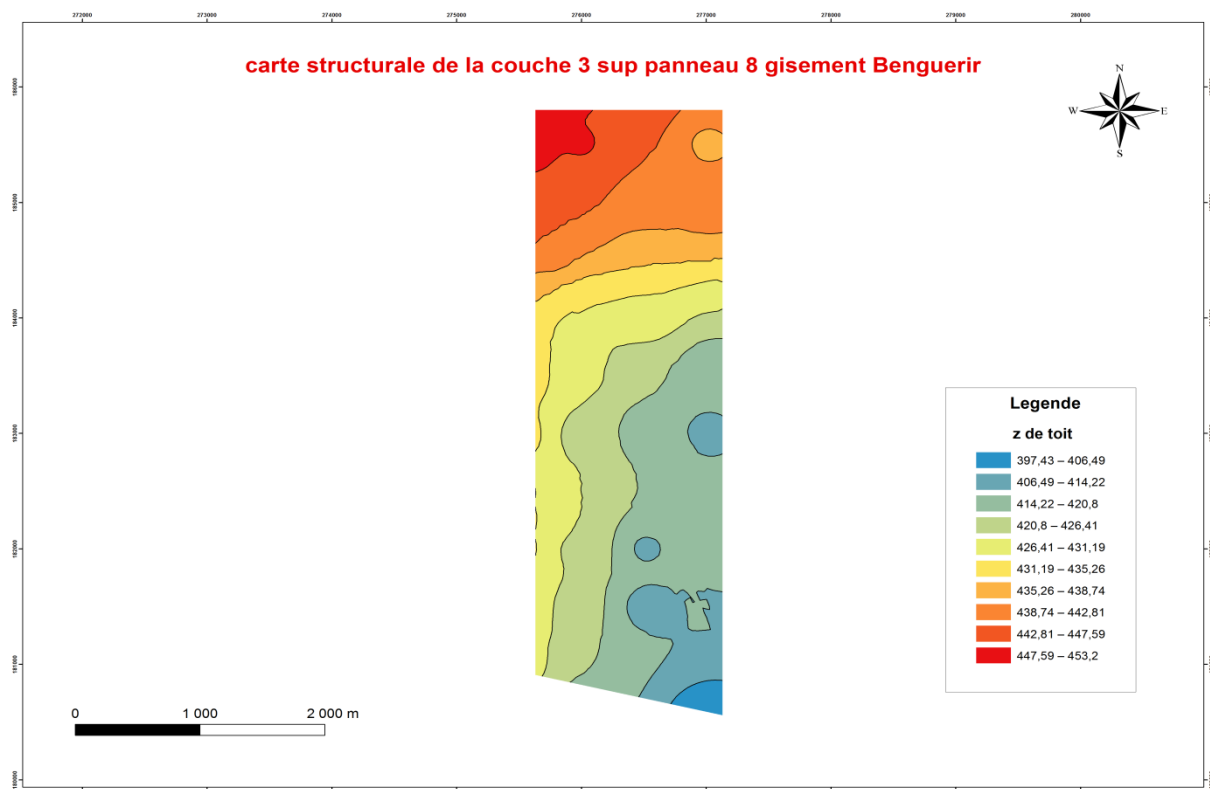


Figure .IV.2 : Carte structurale de la couche 3 supérieure du panneau 8 gisement Benguerir

- Les courbes structurales sont orientées NE-SW : le pendage ne change pas de sens : SE, mais il devient de plus en plus fort dans la partie centrale du panneau entre 431.19 - 438.74.

IV.3.Cartes iso-valeurs

IV.3.1.Carte des iso-teneurs en BPL et CO₂

Les cartes iso valeurs÷ permettent de localiser les zones selon leurs teneurs et la mise en évidence des changements qui affectent ces teneurs.

A l'aide de logiciel Arc GIS, on a réalisé d es cartes iso-teneurs en BPL et CO₂ de la zone étudié en se basant sur les donnés de plusieurs puits de reconnaissances.-(Fig. IV.3.).

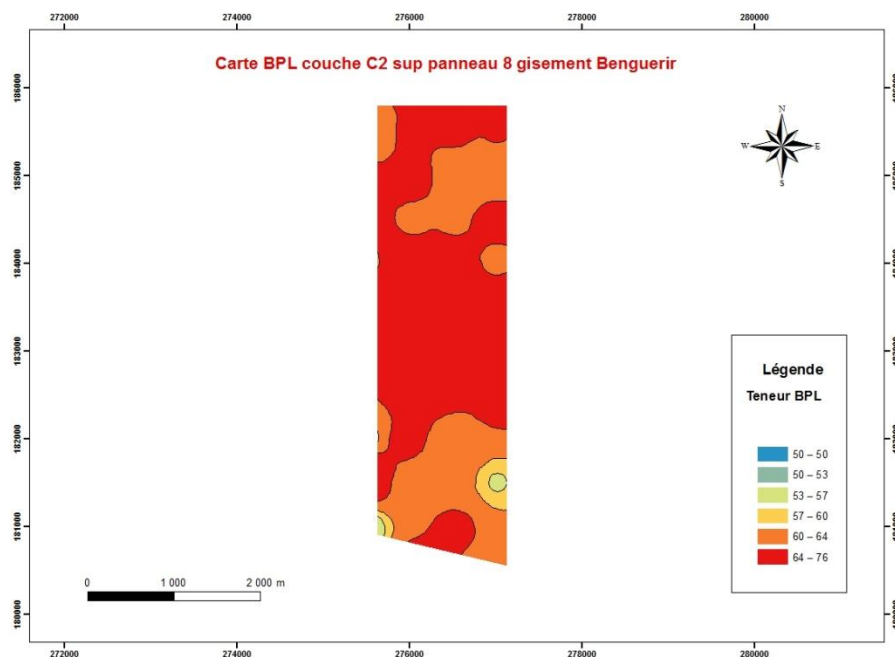


Figure .IV.3 : Carte BPL de la couche 2 supérieure

- La couche C2 supérieure est située au dessous du sillon X (couche phosphatée) , elle est caractérisée par une très grande teneur en BPL comprise entre 64-76 %.
- Dans le Nord et le sud la teneur est entre 60-64 % avec des teneurs un peut plus faible dans la partie Sud du panneau (Fig.IV.4).

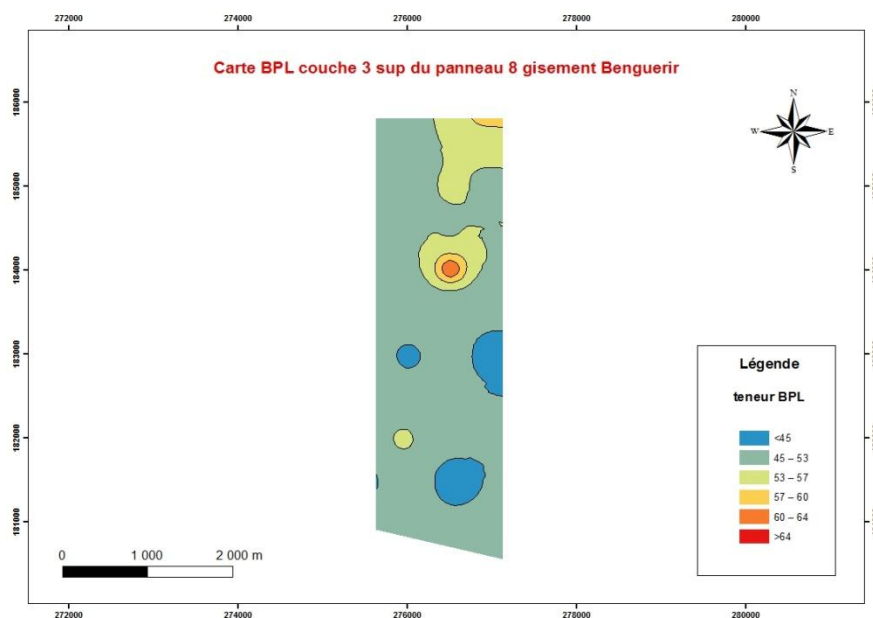


Figure .IV.4 : Carte BPL de la couche 3 supérieure

- La couche 3 supérieure contient une faible teneur dominante en BPL entre 45 et 53 unités avec des parties en moyenne teneur dans le Nord et des taches en faible teneur dans le centre et le Sud.

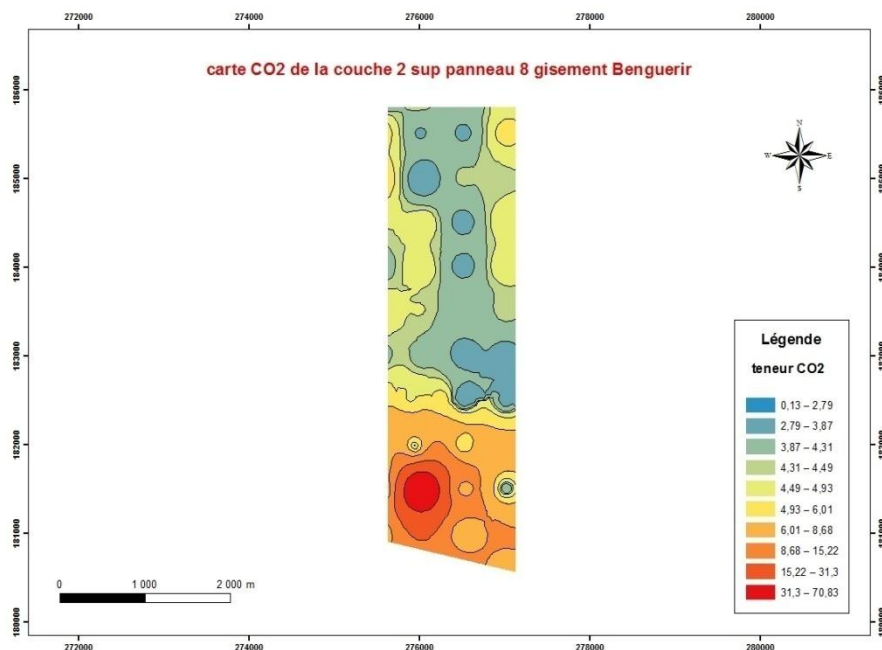


Figure .IV.5 : Carte CO₂ de la couche 2 supérieure

- La carte de la Figure IV.5, dévoile une augmentation très remarquable de la teneur CO₂ au Sud ouest et qui diminue vers le centre de la couche avec une valeur qui s'échelonne entre 2.79 et 0.13 % tandis qu'à la limite nord la teneur est moyenne.

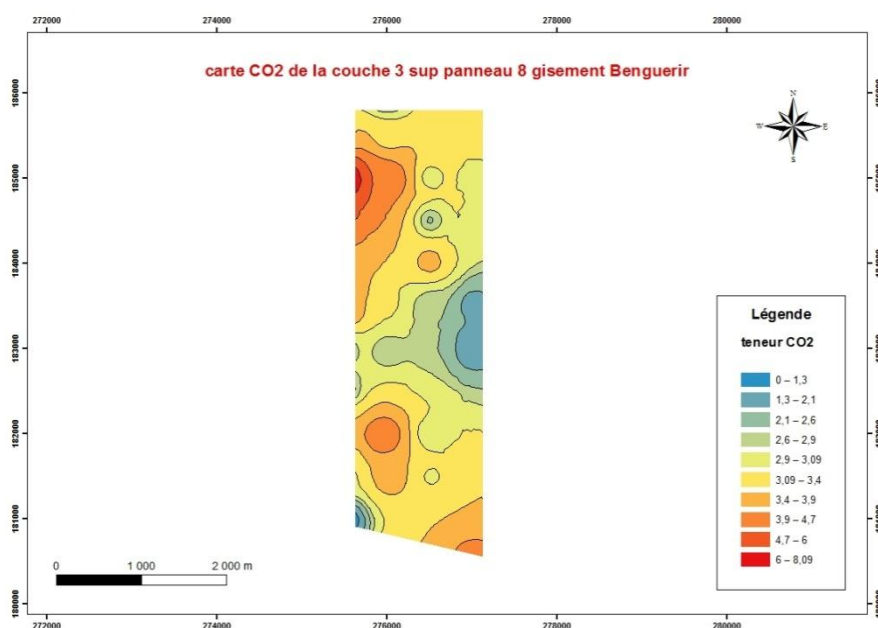


Figure .IV.6 : Carte CO₂ de la couche 3 supérieure

- La Figure .IV.6 montre que la teneur en CO₂ est élevée presque tout le long de la couche 3 supérieure avec une valeur qui s'échelonne entre 2.9 et 6 % par contre à l'Est la teneur CO₂ diminue progressivement.

IV.3.2. Carte iso-puissance

Ces cartes permettent de localiser les zones où on a une forte ou une faible puissance de phosphate. Elles facilitent la lecture des changements et des variations de puissance (Fig.IV.7).

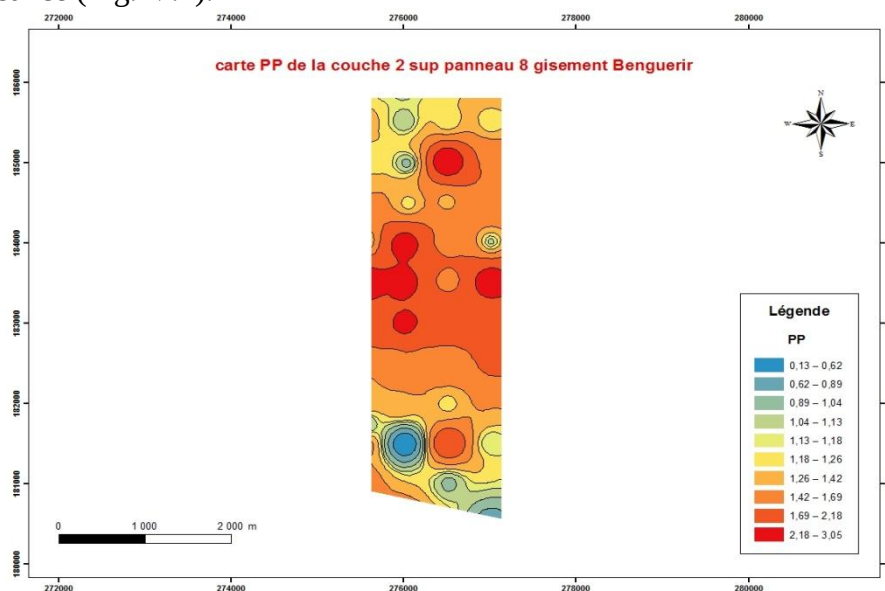


Figure .IV.7 : Carte puissance phosphatée de la couche 2 supérieure

- La Figure IV.7. montre que la puissance phosphatée de la couche 2 supérieure devient de plus en plus forte d'une valeur 2.18 - 3.05 et diminue progressivement vers le Sud et le Nord d'une valeur qui s'échelonne entre 2.18 et 0.89.

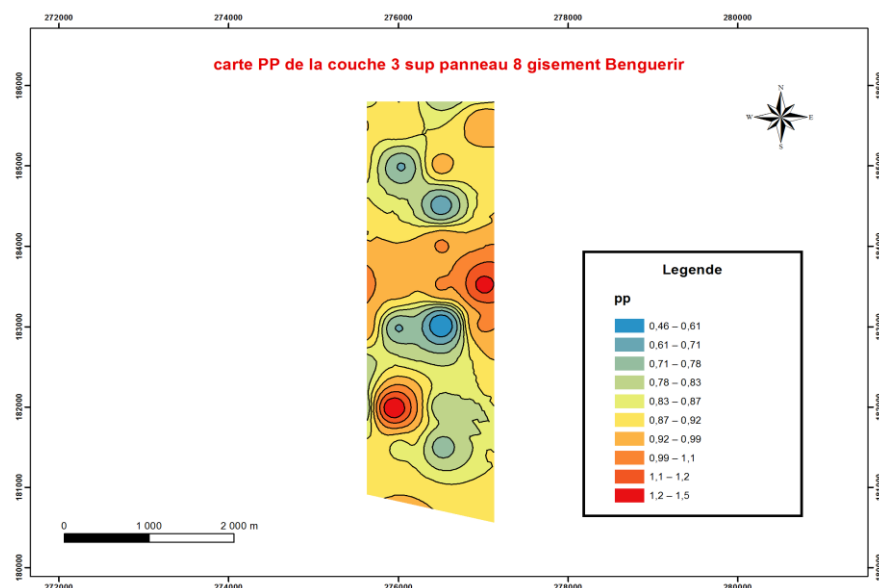


Figure .IV.8 : carte puissance phosphatée de la couche 3 supérieure

- La Figure IV.8 , montre que la puissance phosphatée de la couche 3 supérieure devient de plus en plus forte au milieu de la couche d'une valeur qui s'échelonne entre 1.1 et

1.5 et diminue progressivement vers le Nord avec une valeur qui s'échelonne entre 0.92 et 0.46 tandis que vers le Sud Ouest elle augmente progressivement.

IV.4.Listingcase

A l'aide de logiciel ARGIS on a établi des cartes LISTING CASE dont le but est d'estimer les réserves en phosphates tout au long d'une couche par unité de case et de tranchet en désignant la qualité survenue dominante dans la couche (Fig. IV.9).

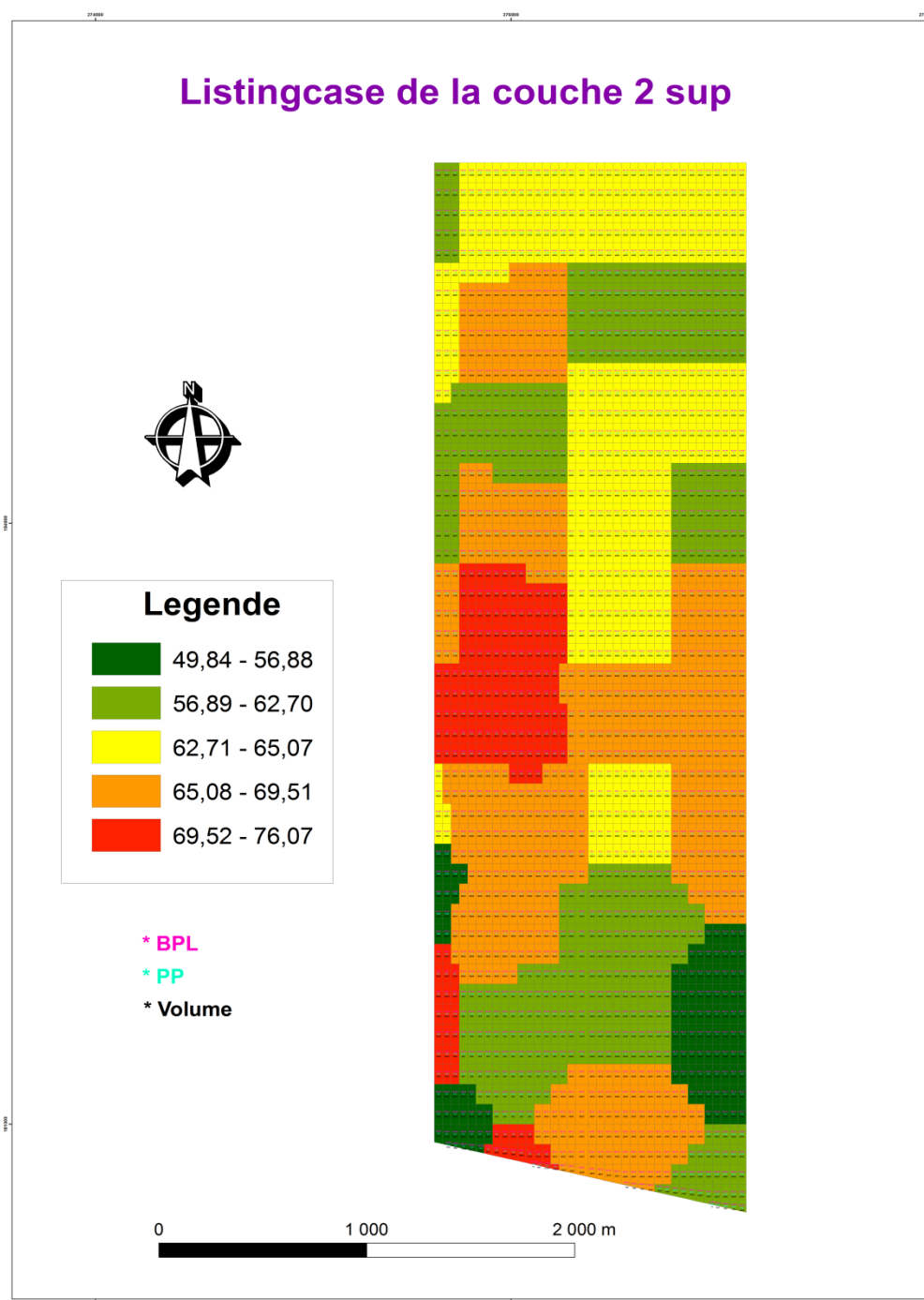


Figure .IV.9 : carte listing-case de la couche 2 supérieure

- Dans la couche 2 supérieure, on constate que vers le sud du panneau on remarque que la teneur est faible en BPL avec une valeur qui s'échelonne entre 49.84-62.7.
- Au nord et au centre on remarque que la teneur en BPL augmente vers une valeur moyenne entre 62.71-69.51.
- Au centre vers l'ouest du panneau la valeur est très importante entre 69.52-76.07.
- La carte listing case de la couche 2 supérieure montre que la zone la plus importante en BPL est le centre du panneau. (Fig. IV.9).

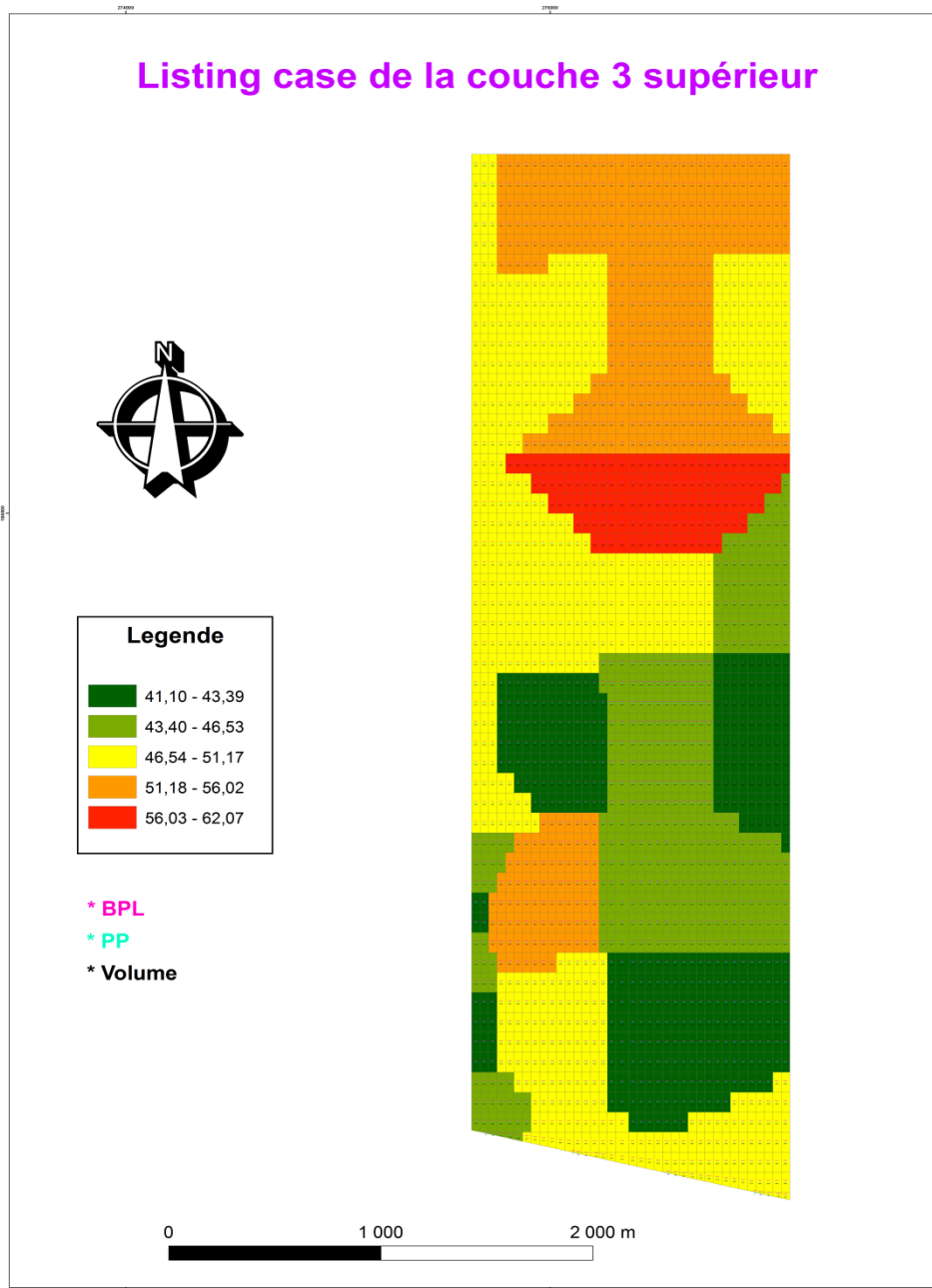


Figure .IV.10 : carte listing-case de la couche 3 supérieure

- Dans la couche 3 supérieure, on constate que vers le nord du panneau contient des teneurs en BPL très élevée qui varient entre 51.18-62.07 et aussi des teneurs moyenne entre 46.54-51.17.
- vers le sud en remarque une base teneur en BPL entre 51.18-62.07 avec une partie moyenne entre 46.54-51.17.
- la partie la plus importante au niveau du taneurs en BPL est la partie Nord du panneau (Fig.IV.10).

IV.5. Réalisation d'un loge stratigraphique du panneau 8 avec le logiciel GDM

A l'aide du logiciel GDM est pareil a ARCGIS on peut obtenir des loges caractéristiques des sondages mécaniques, des cartes , des profils . Ce logiciel fonctionne en réseau est protégé au sein de l'OCP.

Après avoir établi la base de données caractéristique et spéciale de GDM contenant :

- les coordonnées d'un puit central du P8 ;
- la profondeur du toit et du mur ;
- la lithologie ;
- l'âge et les codes respectifs ainsi que les teneurs BPL, CO₂, et la puissance minéralisée (Fig.IV.11).

N° de Sondage	X	Y	Z	PD	PF	Niveaux Miniers	lithologie	Code litho	Age	Code Age	BPL
Coupe moyenne Panneau	272258,63	180505,6	458,5	0	4,33	Primaire	recouvrement	lith001	Yprésien	Age000	
Coupe moyenne Panneau	272258,63	180505,6	458,5	4,33	5,43	Niveau AB	Niveau AB	lith002	Yprésien	Age000	33,55
Coupe moyenne Panneau	272258,63	180505,6	458,5	5,43	7,7	Sous Faisceau A1	Sous Faisceau A1	lith002	Thanétien	Age001	41,51
Coupe moyenne Panneau	272258,63	180505,6	458,5	7,7	12,2	Sous Faisceau A2	Sous Faisceau A2	lith002	Thanétien	Age001	59,33
Coupe moyenne Panneau	272258,63	180505,6	458,5	12,2	18,2	Sous Faisceau A3	Sous Faisceau A3	lith002	Thanétien	Age001	32,53
Coupe moyenne Panneau	272258,63	180505,6	458,5	18,2	20,73	Int C0/ SFA3	Int C0/ SFA3	lith003	Danien	Age002	
Coupe moyenne Panneau	272258,63	180505,6	458,5	20,7	26,02	Couche 0	Couche 0	lith002	Danien	Age002	62,97
Coupe moyenne Panneau	272258,63	180505,6	458,5	26	26,62	Int C1/ C0	Int C1/ C0	lith004	Danien	Age002	
Coupe moyenne Panneau	272258,63	180505,6	458,5	26,6	27,13	Couche 1	Couche 1	lith002	Danien	Age002	70,85
Coupe moyenne Panneau	272258,63	180505,6	458,5	27,1	28,83	Int Sx/ C1	Int Sx/ C1	lith005	Danien	Age002	
Coupe moyenne Panneau	272258,63	180505,6	458,5	28,8	29,25	Sillon X	Sillon X	lith002	Maastrichtien	Age003	68,08
Coupe moyenne Panneau	272258,63	180505,6	458,5	29,3	29,83	Int C2 sup/Sx	Int C2 sup/Sx	lith006	Maastrichtien	Age003	
Coupe moyenne Panneau	272258,63	180505,6	458,5	29,8	32,56	Couche 2 sup.	Couche 2 sup.	lith002	Maastrichtien	Age003	64,03
Coupe moyenne Panneau	272258,63	180505,6	458,5	32,6	33,69	Couche 2 Inf.	Couche 2 Inf.	lith002	Maastrichtien	Age003	35,46
Coupe moyenne Panneau	272258,63	180505,6	458,5	33,7	35,19	Int C3 sup / C2inf	Int C3 sup / C2inf	lith007	Maastrichtien	Age003	
Coupe moyenne Panneau	272258,63	180505,6	458,5	35,2	37,92	Couche 3 sup.	Couche 3 sup.	lith002	Maastrichtien	Age003	46,01
Coupe moyenne Panneau	272258,63	180505,6	458,5	37,9	38,75	Couche 3 inf.	Couche 3 inf.	lith002	Maastrichtien	Age003	56,88
Coupe moyenne Panneau	272258,63	180505,6	458,5	38,8	39,32	Int C4/ C3inf	Int C4/ C3inf	lith008	Maastrichtien	Age003	
Coupe moyenne Panneau	272258,63	180505,6	458,5	39,3	40,48	Couche 4	Couche 4	lith002	Maastrichtien	Age003	67,64
Coupe moyenne Panneau	272258,63	180505,6	458,5	40,5	45,48	Int C5/ C4	Int C5/ C4	lith009	Maastrichtien	Age003	
Coupe moyenne Panneau	272258,63	180505,6	458,5	45,5	47,41	Couche 5	Couche 5	lith002	Maastrichtien	Age003	59,14
Coupe moyenne Panneau	272258,63	180505,6	458,5	47,4	50,41	Int C6/ C5	Int C6/ C5	lith010	Maastrichtien	Age003	
Coupe moyenne Panneau	272258,63	180505,6	458,5	50,4	51,94	Couche 6	Couche 6	lith002	Maastrichtien	Age003	67,13

Tableau .IV.11 : Base des données

Après avoir fait le lien entre la base de données et le logiciel on choisit le sondage mécanique comme choix de fonction. Après, il faut élaborer un lien avec les colonnes de la base de données d'où on commence à manipuler le logiciel en se basant automatiquement sur les palettes des codes affectés.

Le surplus ou la qualité que contient ce logiciel est qu'il puisse faire plusieurs profils en se basant sur la même BD ainsi qu'il donne des informations sur des corrections à effectuer au niveau de la BD avant d'afficher le logue il guide vers l'erreur en l'attribuant au numéro de colonne et ligne du tableau Excel .

Le reste de la manipulation de logiciel reste un choix du réalisateur au niveau des figurés et les couleurs choisis au cours de la création (Fig.IV.12).

Tranche de profondeur 0.00 M - 51.94 M Dessiné par : MED AMINE BENACHIR
Date d'impression 25/05/17 HOUSSAM SLIMANI

COUPE SYNTHETIQUE DU P8

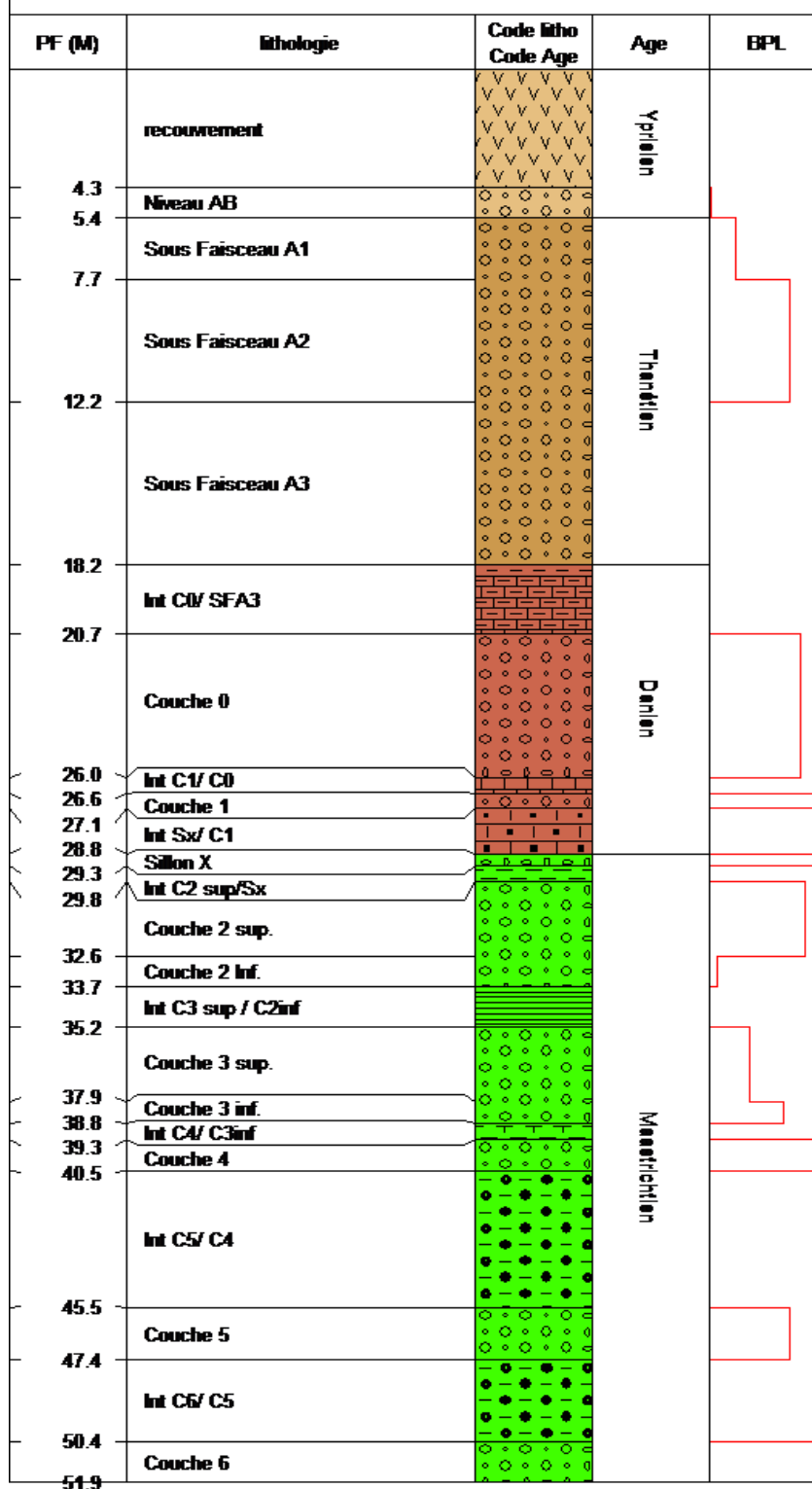


Figure .IV.12 : Le logue stratigraphique du panneau 8

IV.6. Calcule des réserves

Pour faire l'estimation des réserves pour un niveau phosphaté, on aura besoin de ses surfaces pour qu'on puisse calculer les volumes. Ces derniers doivent être multipliés par le coefficient de densité de la couche pour avoir le tonnage humide criblé.

$$\text{Volume:} \quad \text{VP (m}^3\text{)} = S * P.\text{moy}$$

VP : Volume phosphaté de la couche

S : Surface de la couche en (m²)

P.moy : puissance phosphatée moyenne en (m)

Tonnage humide criblé : THC : VP * CD

THC : Tonnage humide criblé (m³)

VP : Volume phosphaté de la couche

C.D : Coefficient de densité de la couche

Les résultats obtenus sont affichés dans le tableau IV.2.

Tableau IV.2. : Données de phosphates en m³ de la couche 8 pour le calcul des réserves

Couche	Volume en m ³
Couche 6	4828053
Couche 5inf	7444888
Couche 5sup	7985254
Niveau 4-5	7256317
Couche 4inf	7107035
Couche 4sup	7607509
Couche 3inf	7371238
Couche 3sup	6685468
Couche 2sup	9727205
Couche 1	9410751
Couche 0	6440432
Sillon A3	10638588
Sillon A2	5190867
Sillon A1	5945980
Sillon B	4181400

Volume Totale en m ³	107820985
---------------------------------	-----------

-Transformation de m³ vers **THC** :

$$\text{Thc} = \text{Volume(m}^3\text{)} * \text{Coef}$$

Sachant que chaque couche à un Coefficient précis à titre d'exemple :

Tableau IV.3 : coefficient précis de chaque couche

<i>Couche</i>	<i>Coeficient</i>
<i>Couche 6</i>	<i>1.62</i>
<i>Couche 5inf</i>	<i>1.42</i>
<i>Couche 5sup</i>	<i>1.42</i>
<i>Niveau 4-5</i>	<i>1.42</i>
<i>Couche 4inf</i>	<i>1.42</i>
<i>Couche 4sup</i>	<i>1.42</i>
<i>Couche 3inf</i>	<i>1.42</i>
<i>Couche 3sup</i>	<i>1.42</i>
<i>Couche 2sup</i>	<i>1.62</i>
<i>Couche 1</i>	<i>1.62</i>
<i>Couche 0</i>	<i>1.62</i>
<i>Sillon A3</i>	<i>1.62</i>
<i>Sillon A2</i>	<i>1.62</i>
<i>Sillon A1</i>	<i>1.62</i>
<i>Sillon B</i>	<i>1.62</i>

Résultats :

Tableau IV.3 : volume en THC de chaque couche du panneau 8

<i>Couche</i>	<i>THC (t)</i>
<i>Couche 6</i>	10303970,1
<i>Couche 5inf</i>	9632487,6
<i>Couche 5sup</i>	7821445,86
<i>Niveau 4-5</i>	17234512,6
<i>Couche 4inf</i>	15758072,1
<i>Couche 4sup</i>	9493364,56
<i>Couche 3inf</i>	6773868
<i>Couche 3sup</i>	10091989,7
<i>Couche 2sup</i>	10467158
<i>Couche 1</i>	15245416,6
<i>Couche 0</i>	8409204,54
<i>Sillon A3</i>	11339060,7
<i>Sillon A2</i>	10571741
<i>Sillon A1</i>	10433499,8
<i>Sillon B</i>	10802662,8

Le volume total en THC Dans le panneau 8 est : **164378454 THC**

Conclusion

Au cours de ce stage à l'OCP de Benguérir nous avons pu réaliser des cartes isovaleurs qui nous informent sur la variation géochimiques de la teneur en BPL, CO_2 et aussi la puissance minéralisée représentée par les cartes isopuissances. Ces cartes renseignent en fait sur l'épaisseur des couches phosphatées exploitables, et également sur la variation structurale du toit et du mur des couches phosphatés.

Par ailleurs, le listing case nous a permis d'attribuer les cases des tranchés du panneau ayant une puissance minéralisée optimale d'exploitation. En fin, nous avons estimé les réserves potentiellement exploitables.

Références bibliographiques

- Arambourg, C (1935). Note préliminaire sur les vertébrés fossiles des phosphates marocains. Bull. Soc. Géo. Fr. pp. 413-434.
- Bakun, A. (1990). Global climate change and intensification of coastal ocean upwelling. *Science*, vol. 247, p. 198-201.
- Belfkira, O. (1980). Evolution sédimentologique et géochimique de la série phosphatée du Maastrichtien des Ouled Abdoun (Maroc). Thèse Doct. spec. Géol. Appl., Univ. Grenoble, 164p.
- El Asri, S. Laghzizil, A. Alaoui, A. Saoiabi, A. M'Hamdi, R. EL Abbassi, K. et Hakam (2009). A. Structure and thermal behaviours of Moroccan phosphate rock, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry* 95 pp.15-19.
- Dunham, (1962). R.J. Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In : Ham, W.E. (ed.) Classification of carbonate rocks. American Association of Petroleum Geologists, Memoir 1, pp 108–121.
- Mouflih, (1991). M. La série phosphatée du gisement de Benguerir séquences de faciès, évolution séquentielle, minéralogie et géochimie (Maastrichtien-lutétien). Thèse de 3ème cycle, Univ. Cadi Ayyad, Marrakech. p.246.
- Fisher A.G. et Jérôme D. (1973) : Geochimistry of minerals containing phosphorus, in *Environmental Phosphorus Handbook*, 141p – John Wiley and Sons. New-York, London, Sydney, Toronto.
- Folk, (1959). R.L. Practical petrographic classification of limestones. American Association of Petroleum Geologists, Bulletin, 43, 1–38.
- ANAJJAR Ahmed (2015) Projet de fin d'étude master
(ETUDE GEOLOGIQUE ET GEOMINIERE DU PANNEAU 7 DE LA MINE NORD DE
GISEMENT DE BENGUERIR)
- webographie :
www.ocpgroup.ma