



UNIVERSITE CADI AYYAD

FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES – MARRAKECH

RAPPORT DE STAGE DE FIN D'ETUDES

Licence en Géologie Appliquée aux Ressources Minières

*Etude d'un niveau phosphaté à l'ouest du
panneau 2 : couche 2 supérieure
GISEMENT DE BENGUERIR (Maroc)*

Réalisé par

Abdelhamid BAJADI

Encadrant

Lahcen DAOUDI (FST- Marrakech)

Parrain

A. ELALAMI (OCP)

Soutenu le 28 juin 2012 devant la commission d'examen :

Mr .AIT ADDI : Professeur à FST-MARRAKECH

Mlle. KHAMLI : Professeur à FST-MARRAKECH

Mr. DAOUDI : professeur à FST-MARRAKECH

ANNEE UNIVERSITAIRE : 2011-2012

Remerciements

Au terme de ce travail, je tiens à adresser mes remerciements à Mr .EL ALAMI (encadrant à l'ocp) et à Mr DAOUDI (encadrant universitaire), pour leurs encadrements durant toute la période de mon stage.

Mes profonds remerciements vont également à l'ensemble du personnel : Mr zerouali, Mr kōkōdil, Mr Youssef, Mme Najat et Mr Walid de la Section Géologie Service Méthodes et Planning - OCP de Benguerir et à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Sommaire

Présentation de l'organisme d'accueil (OCP)	4
Introduction.....	5
Partie 1 : Généralités sur les gisements phosphatés du Maroc.....	6
I. Géologie des phosphates	7
1- Définition.....	7
2- Origine	7
II. Les gisements phosphatés Marocains.....	7
III. Le gisement de GANTOUR.....	10
IV. La mine de BENGUERIR.....	13
1- Présentation.....	13
2- Structuration de la zone à exploitée dans la mine.....	14
3- Le découpage de la série phosphatée.....	15
a- Le découpage minier.....	15
b- Le découpage chrono stratigraphique.....	17
4- Les étapes de l'exploitation	20
Partie 2 : Etude de la couche 2 à l'ouest du panneau 2	24
I. Présentation du sujet	25
II. Préparation de la base de données	27
III. Etablissement des cartes	29
1. Carte structurale	29
2. Carte d'iso valeurs.....	31
a- Carte d'iso puissances.....	31
b- Carte d'iso teneurs.....	32

IV.	Estimation des réserves	34
	Réalisation de la coupe lithologique.....	37
	Conclusion.....	39

Présentation de l'organisme d'accueil (ocp)

Créé en 7 Aout 1920, le groupe office chérifien des phosphates est un établissement public industriel et commercial doté de l'autonomie financière.

Sa mission est d'extraire le phosphate, de le traiter, de le valoriser et de le commercialiser sous forme naturelle ou produit dérivé tel que l'acide phosphorique ou engrais.

Le groupe OCP comprend :

1. 4 centres d'exploitation (Khouribga, Youssoufia, BOUKRAA et Benguerir)
2. 2 centres de transformation chimique (Safi et Jorf lasfar)
3. 4 ports d'embarquement (Casablanca, Safi, Jorf lasfar et Laâyoune)

L'Office chérifien des Phosphates est parmi les premiers leaders à l'échelle internationale. Il 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 à savoir :

1. **1975** : Création du Groupe Office Chérifien du Phosphate
2. **1976** : Démarrage de Maroc chimie II et Maroc Phosphore I
3. **1980** : Ouverture de la mine de Benguerir.
4. **1981** : Démarrage de Maroc Phosphore II à Safi.
5. **1986** : Démarrage du site de valorisation de phosphate à Jorf Lasfar (El Jadida)

6. **1998** : Réalisation de l'usine EMAPHOS pour l'acide phosphorique purifié (Maroc –Belgique- Allemagne).

Introduction

Le sous-sol marocain présente une large gamme de substances minérales. La diversité et la valeur de ces substances minérales exploitées, les moyens techniques et financiers mis en œuvre, ont permis à l'industrie minière de jouer un rôle prépondérant dans le développement économique du pays. En particulier l'industrie des phosphates.

L'Office Chérifien des Phosphates est un opérateur international dans le domaine de l'industrie du phosphate et des produits dérivés. Le Groupe OCP livre aux cinq continents, il est le premier exportateur de phosphates dans le monde (25% à 30% du phosphate et de ses dérivés), et il détient les $\frac{3}{4}$ des réserves mondiales.

Pour pouvoir anticiper sur les demandes du marché mondiale en différentes qualités, l'OCP a mis en place l'entité géologie, qui se charge des études géologiques détermine à l'avance, les failles, les dérangements, les changements de faciès, la connaissance des qualités sources et la nature de l'évolution de la série phosphatée.

En particulier le présent stage de fin d'études s'intéresse à l'étude d'une couche phosphatée à l'ouest du panneau 2 : couche 2 supérieur du gisement de Gantours .Le but de cette étude est de donner le maximum d'informations sur la couche 2 dans la zone étudiée à travers l'élaboration des cartes d'iso valeurs ainsi que la carte structurale et le calcul des réserves.

Partie 1 :
Généralités sur les gisements phosphatés au
MAROC

I. Géologie des phosphates :

1- Définition :

Le phosphate est un produit sableux, provenant de la décomposition des os de poissons au fond des mers. Il est la matière principale de l'extraction du phosphore, de la fabrication de l'acide phosphorique et surtout les engrais

2- Origine :

Différentes théories tentent d'expliquer les origines des apports phosphatés. Les Théories tenant compte de l'origine des apports :

- Apports continentaux : par les sols, les minéraux organiques et ioniques.
- Apports insulaires : en milieu insulaire, la forte productivité de guano par les oiseaux et la considérable quantité de poissons seraient à l'origine de gisements concentrés mais peu étalés. L'altération des gisements aurait lieu lors de transgressions marines et l'apatite pourrait se former.
- Apports marins : les océans sont des réserves très importantes de phosphate.

Selon la théorie de Kazakov (1937), le phosphore serait apporté par les upwellings côtiers. En effet, ces zones sont riches en phosphates solubles ou insolubles (en suspension). La quantité de PO_4 varie avec la profondeur et la température.

II. Les gisements phosphatés Marocains

Plusieurs orogénèses (précambriennes, hercynienne, alpine) jalonnent l'histoire géologique du Maroc, ces orogénèses ont guidé l'individualisation de différents domaines structuraux du Maroc à savoir le domaine atlasique (Haut atlas, Moyen atlas et Anti atlas) ,le domaine rifain et le domaine mésetien (Meseta occidentale et Meseta orientale).

Au niveau de ces derniers, la sédimentation phosphatée s'est développée avec des modalités variables, pendant plus de dix millions d'années.

Les dépôts peuvent se trouver dans divers niveaux stratigraphiques, mais les plus importants se concentrent à partir du crétacé supérieur (Maastrichtien) jusqu'à l'Eocène moyen (Lutétien). Au Maroc la concentration s'est faite dans quatre grands bassins (fig. 1).

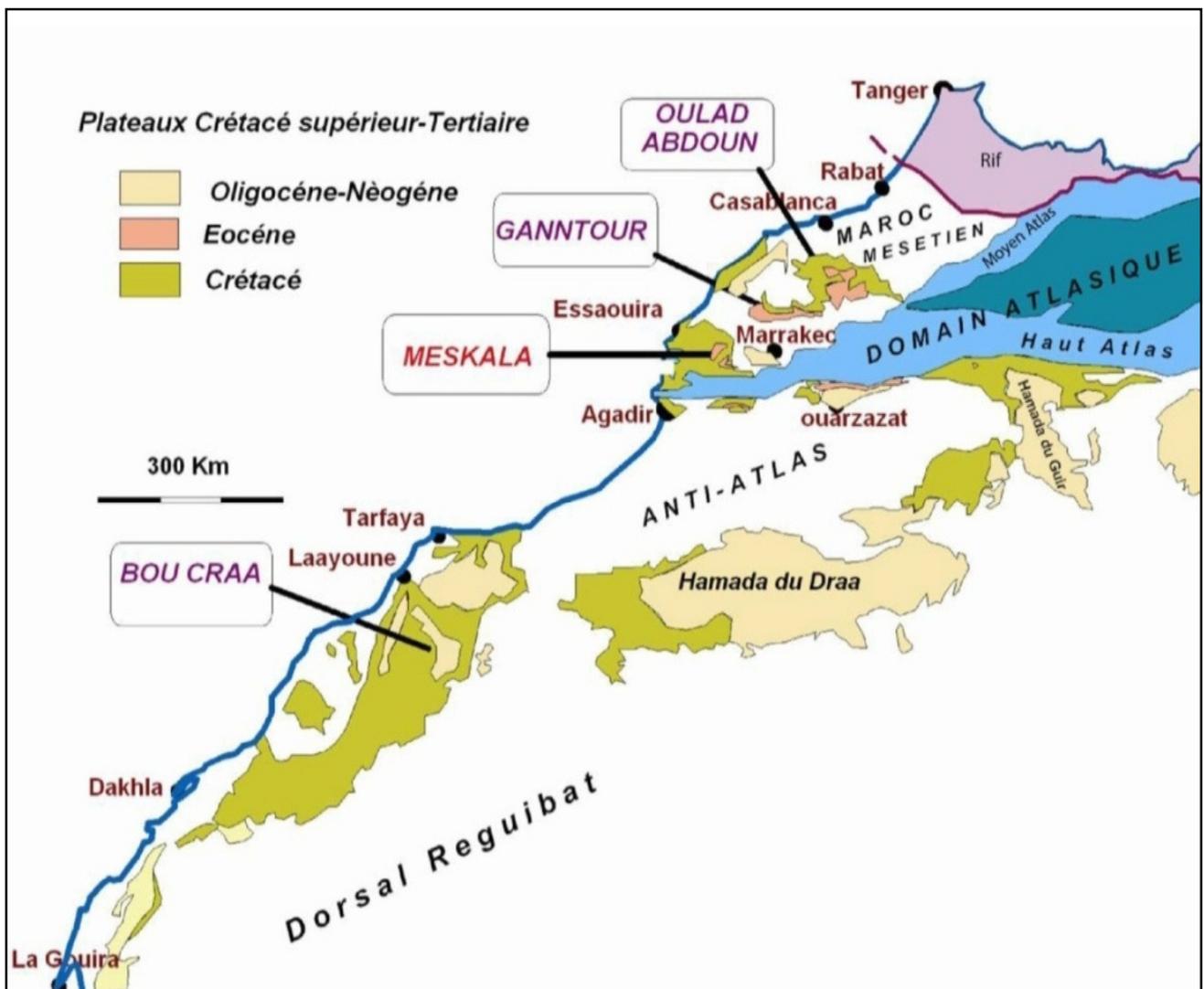


Figure 1 : Les gisements phosphatés au Maroc.

✓ ***Bassin des oulad abdoun:***

Le bassin des Oulad Abdoun est le plus anciennement connu et exploité des dépôts phosphatés marocains. Il est également le plus important aussi bien par son extension que par la qualité et la quantité des minerais qu'il renferme.

✓ ***Bassin de Gantour :***

Le bassin de Gantour, s'inscrit dans un rectangle orienté Est-Ouest de longueur 120 Km et de largeur de 20Km à 30km, ses limites sont :

1. Au Nord, le massif paléozoïque des Rehamna.
2. Au Sud, le massif paléozoïque des jebilet.
3. A l'Est, l'oued Tassaout, affluent de l'oued Oum-Er-rbia ;
4. A l'ouest, les collines jurassiques de Mouissate.

✓ ***Bassin Meskala :***

Le bassin de Maskala est situé dans la plaine d'Essaouira El Haouz, il est limité au Nord par les collines jurassiques de Mouissate, au Sud par le Haut Atlas, à l'Est par la plaine de Haouz, à l'Ouest par la plaine côtière d'Essaouira

Le bassin de Maskala est subdivisé en 3 principales zones :

1. Zone d'Ouled Bousbaâ, située au Nord-Est.
2. Zone d'Iminl Tanout qui est localisée au Sud-Est.
3. Zone de Khémis Meskala qui est situé à l'Ouest.

✓ ***Bassin des Oued Eddahab :***

La superficie de ce bassin est considérable, elle s'étend de Laâyoune au Nord et à Lagwira au sud (800 Km), la limite au Nord est une limite d'affleurement.

III. Le gisement de Gantour :

Notre secteur d'étude fait partie intégrante du bassin de Gantour (fig 2). Dans ce paragraphe, on va présenter les principales caractéristiques de ce gisement phosphaté.

Le gisement de Gantour, est l'un des quatre grands gisements de phosphate que recèle le pays.. Il est situé au sud de la Meseta Marocaine, dans le domaine atlasique qui va des chaînes du Rif jusqu'à la limite sud de Haut Atlas (fig.1). Le plateau de Gantour est bordé au nord par le massif primaire de Rehamna, à l'Est par le cours d'Oued Tassaout, au sud par le massif paléozoïque de Jbilet et à l'Ouest par le massif mésozoïque de Mouissat. Il s'agit d'un gisement dont l'étendue est de 125 km d'Est en Ouest et de 20 km du Nord au Sud. Il recouvre en termes de superficie environ 2500 km² et ses réserves sont estimées à environ 31 milliards de m³, soit 35 % des réserves nationales.

Les principaux faciès du gisement sont des phosphates sableux granulaires, des calcaires, des marnes, argiles et silice diagénétiques .(fig. 5).

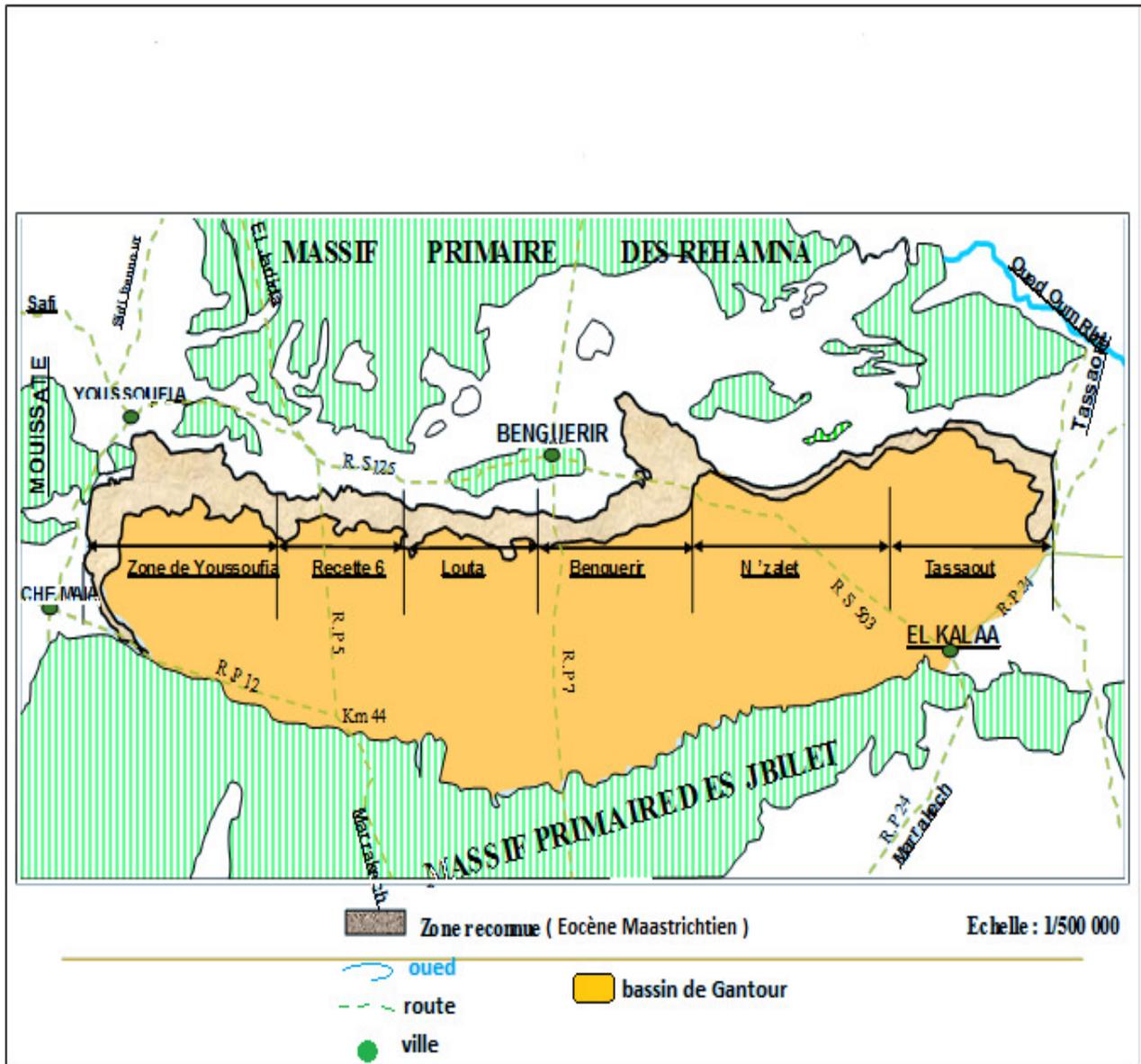


Figure 2 : subdivision et situation de gisement de Gantour

Le bassin des Gantour se subdivise en deux grands domaines :

- Un domaine septentrional (fig. 2) à faciès généralement clair : Dans cette zone, Boujou (1972), a distingué six zones de faciès, qui sont d'Est en Ouest :
 - N'zalt El Hararcha
 - Ben guérir sud
 - Louta
 - Tassaout (Est et ouest)
 - Ben guérir nord
 - Youssoufia
- Un domaine méridional caractérisé par un faciès noir.

IV. La mine de BENGUERIR :

1-présentation :

Le gisement de Ben guérir constitu la partie centrale du bassin des Gantour. Il a fait l'objet d'une série d'études géologiques de reconnaissance et de valorisation. Les études ont été entamées en 1965, et l'exploitation n' a pas eu lieu qu' à 1985.

La série phosphatée de Ben guérir, est constituée d'une alternance de couches de phosphate séparées par des niveaux silico-carbonatés stériles.

Du bas en haut, la Série phosphatée est constitué des couches de phosphate suivantes : Couche 6 - Couche 5 - Couche 4 - Couche 3 - Couche 2 – Couche 1 – Couche 0 – sillon A2 – sillon B (fig. 3).

La figure 3 présente la structuration générale de la mine de benguerir.

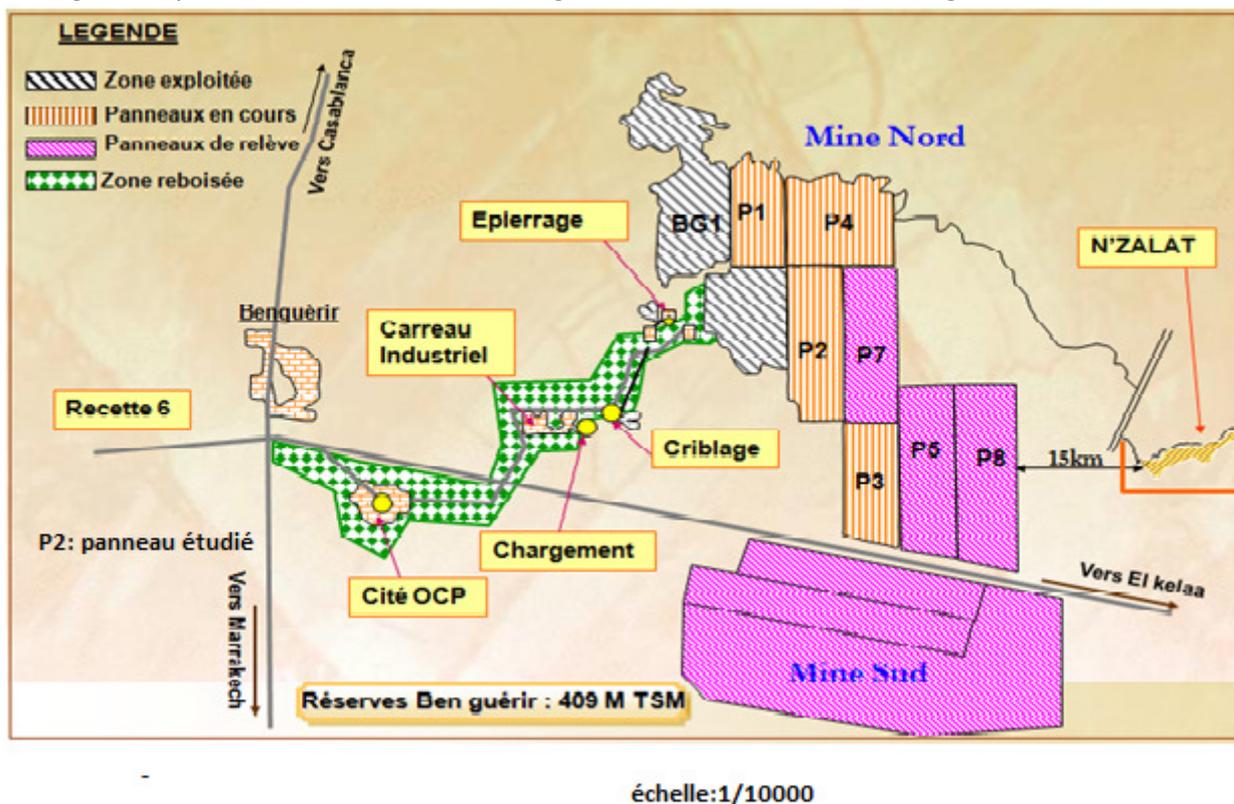


Figure 3 : schéma représentatif de la mine de BENGUERIR

2 - structuration de la zone à exploitée :

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

1. **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.
2. **Tranché** : une partie ou unité du panneau dont une longueur est la même longueur du panneau et suit une largeur en générale de 40m.
3. **Case** : une unité du tranché à une longueur de 100m et une largeur de 40m.

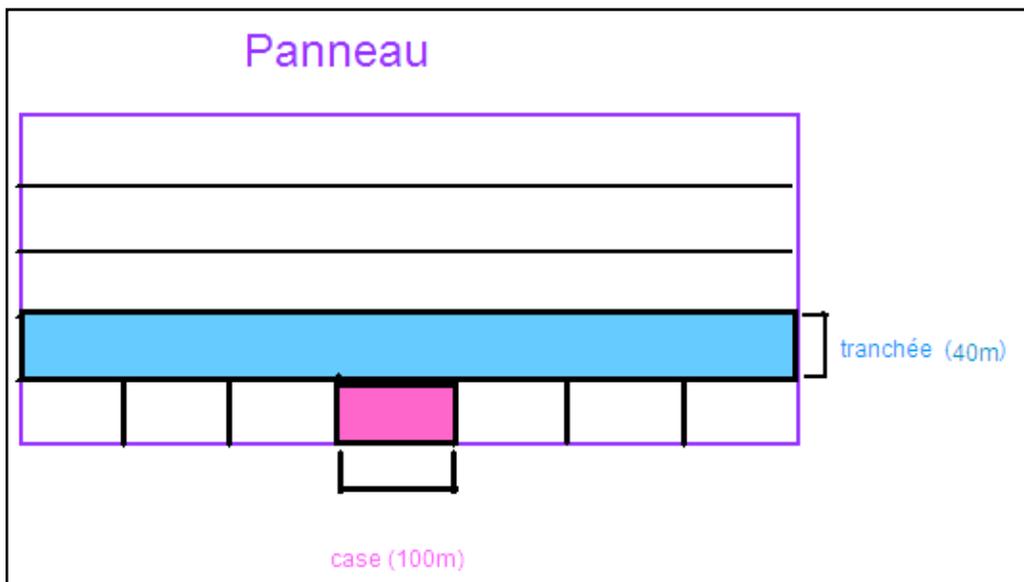


Figure 4 : structuration de la zone à exploitée

3--Découpage de la série phosphatée

a- Le découpage lithologique :

La série phosphatée de Benguerir est constituée d'une alternance de couches de phosphate et des niveaux silico-carbonatés stériles (intercalaires) (fig. 5).

La couche 6 : formée généralement de phosphate meuble gris beige, organo-détritique et repose sur des marnes jaunes qui constitue la base de la série phosphatée.

La couche 5 : constituée d'un phosphate meuble plus ou moins marneux, organo-détritique contenant des barres de calcaire et quelques rognons de silex au centre. Elle est formée de 3 niveaux :

- ✓ Couche supérieure : Teneur faible en BPL
- ✓ Couche médiane : Teneur moyenne en BPL
- ✓ Couche inférieure : Teneur élevée en BPL

La couche 4 : constituée de phosphate meuble avec des rognons de silex, elle repose sur une discontinuité et est subdivisée en 2 sous couches dont l'inférieure à une teneur en BPL beaucoup plus importante.

La couche 3 : Elle est subdivisée en 2 sous couches de faciès variables :

- ✓ Couche supérieure : formée de phosphate meuble beige plus ou moins marneux. Sa teneur en BPL est toujours faible.
- ✓ Couche inférieure : formée de phosphate meuble qui contient souvent du calcaire siliceux. Sa teneur en BPL est importante

Le niveau d'argile :

- ✓ Un niveau d'argile jaune sépare la couche 3 supérieure de la couche 2 inférieure, il apparaît nettement dans le terrain et aide à s'identifier le long de la coupe des puits

La couche 2 : formée de 2 sous couches séparées par du bone-bed :

- ✓ Couche supérieure : formée de phosphate meuble avec un banc de calcaire siliceux sur le toit. Sa teneur en BPL est importante
- ✓ Couche inférieure : formée de phosphate meuble gris à jaune marneux et siliceux. Sa teneur en BPL est faible.

Le sillon X : est un niveau de phosphate meuble, discontinu, plus ou moins calcifié.

La couche 1-0 : les deux niveaux 1 et 0 peuvent être confondus lorsqu'il n'y a pas d'intercalaire de calcaire.

Sillon A : les analyses chimiques et leurs structures ont donné trois niveaux

- ✓ Sillon A3 : constitué d'un phosphate meuble calcifié à faible teneur en BPL
- ✓ Sillon A2 : Il est exploité et constitué de fossiles caractéristiques
- ✓ Sillon A1 : constitué d'un phosphate calcifié et marneux et non exploité à cause de la présence de marnes friables

Sillon B : constitué d'un phosphate sableux grossier avec rognons de silex. Sa teneur en BPL est importante

Les intercalaires

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

- Calcaire : roche sédimentaire carbonatée de dureté faible
- Argile : roche sédimentaire à grains très fins, carbonatée et fait pâte à l'eau
- 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

b . Le découpage litho-stratigraphique :

C'est l'organisation des strates en unités géologiques en fonction de leur âge.

La série phosphatée s'étend du Maastrichtien au Lutétien.

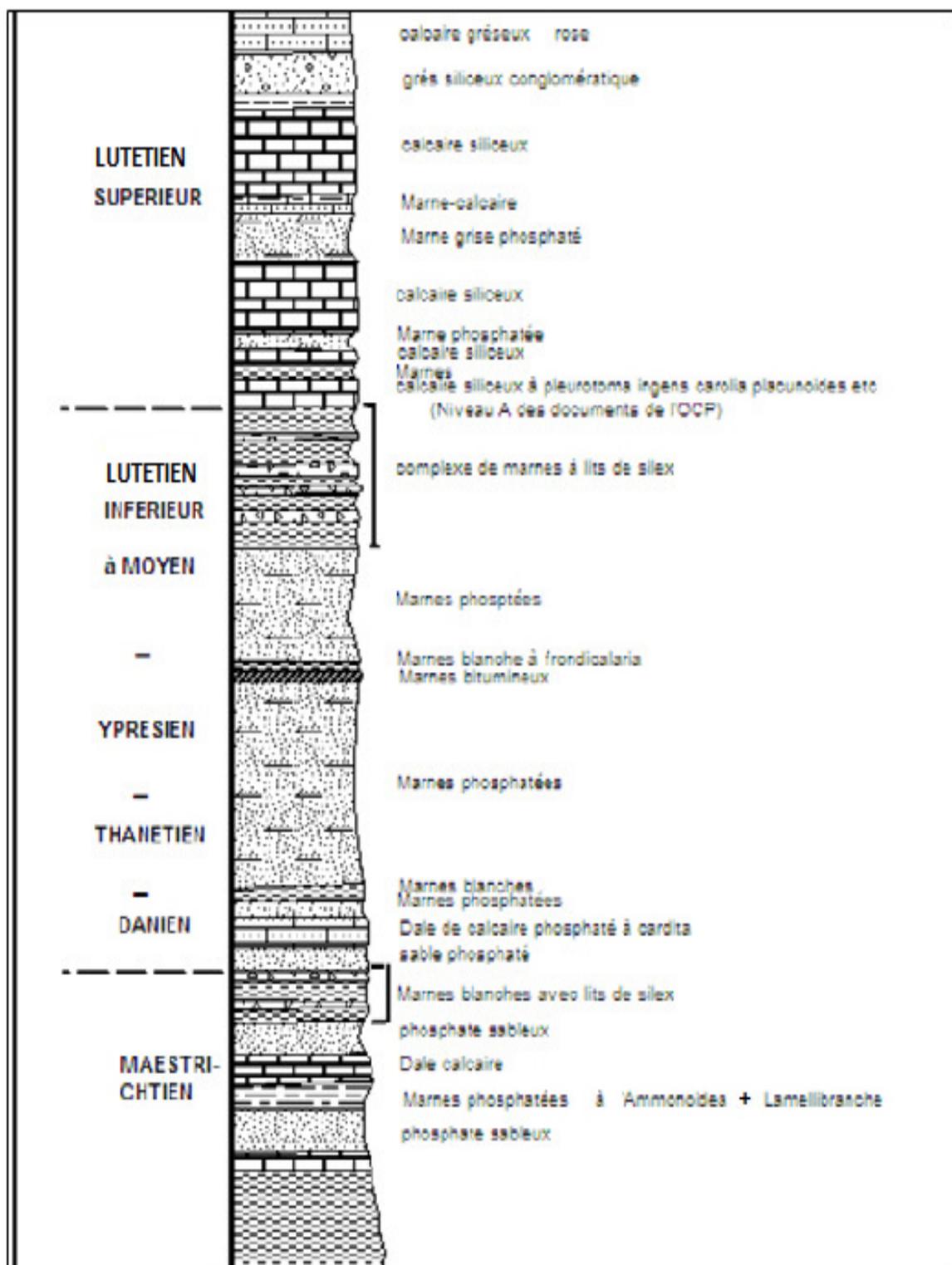


Figure 5 : log stratigraphique du bassin de Gantour

1. Le Maastrichtien :

Il est constitué par des phosphates marneux et des marnes phosphatées et débute localement par du calcaire très fossilifère à bon-bed.

Dès le Maastrichtien la phosphatogenèse fait brusquement son apparition et se poursuit jusqu'au Lutétien (fig 5).

2. Le Danien :

- ✓ Il est constitué par des phosphates grossiers présentent des teneurs en BPI importantes, il débute par des calcaires phosphatés dépourvus de fossiles et se termine par un autre calcaire à cardita coquandi(fig 5).

3. Le Thanétien :

Il est formé par des phosphates moyens à fin vers le sommet et du calcaire phosphaté marneux.

4. L'Yprésien :

Il est de 53 à 46 millions d'année, il débute dans la majorité des cas par un calcaire phosphaté coprolithique, La phosphatogenèse y atteint son apogée. Il est formé d'une succession de niveaux phosphatés intercalés avec des calcaires phosphatés coprolithiques, des argiles et de silex ou marnes siliceuses (fig 5).

5. Le Lutétien :

Il est représenté dans ça partie inférieure par un complexe constitué principalement par de calcaire phosphaté, calcaire marneux, marne phosphaté ou non, marne siliceuse. L'ensemble a subi une calcification de degrés variables et se continue par une puissante dalle carbonatée renfermant de nombreux gastéropodes (Thersitea, pondérosa).(fig 5).

4- Etapes de l'exploitation :

L'exploitation des phosphates du gisement de Benguerir passe par les étapes suivantes :

Foration : consiste à creuser des trous jusqu'à atteindre le toit de la couche phosphatée cherchée (Machine 45R).



Photo 1 : opération de foration

Sautage : A l'aide d'explosifs on casse le recouvrement stérile pour arriver à la couche exploitable.



Photo 2 : opération de sautage

Décapage : Consiste à enlever les débris d'explosion et par la suite exposer la couche phosphatée. (*Ex* : Machine Dragline 7500M et PH).



Photo 3: opération de Décapage



Défruitage : Opération de gerbage du phosphate sous forme de tas.

Photo4: opration de défruitage

Chargement et Transport : les phosphates bruts sont chargés et transportés vers le centre de traitement (Camions Lectra Hall, Unit-Rig et Haul-Pak).



Photo 5: chargement et transport

Epierrage : Etape qui consiste à enlever les pierres selon des tamis à maille carrée 90 mm. Le phosphate épierré est acheminé par l'un des convoyeurs B1 ou B2 puis stocké, chaque couche, dans son parc approprié.



Photo 6: opération d'Epierrage

Criblage : le phosphate épierré est repris par une Roue pelle est transporté par les convoyeurs B7 et T1 à l'installation du criblage qui renferme 5 trémies (A, B, C, D et E) de maille carrée de 10mm.

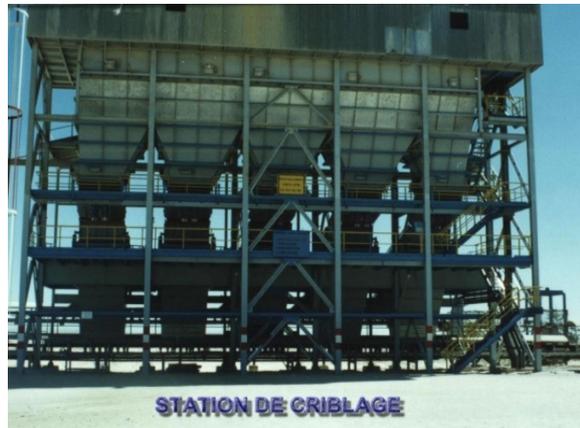


Photo 7: opération de criblage

Chargement des wagons et transport : A la fin, les phosphates dits humides criblés seront chargés dans des wagons et transportés aux clients (Safi ou Youssoufia).

*Partie 2 : étude de la couche 2 supérieure à
l'ouest du panneau 2*

I. Présentation du sujet :

Ce sujet vise l'étude du niveau phosphaté couche 2 à l'ouest du Panneau 2. La couche 2 se divise en 2 niveaux (couche 2 supérieure et inférieure) :

*Couche 2 supérieure : Elle présente une teneur importante en bpl.

*couche 2 inférieure : Elle présente des teneurs faibles par rapport à la première.

Nous intéresserons à l'étude de la couche 2 supérieure ; constituée essentiellement de phosphate meuble coiffé par un banc de calcaires siliceux .

Le Plan du travail est comme suit :

1. Calcul des côtes du toit du niveau (couche 2 sup)
2. Elaboration de la carte structurale du toit, sur laquelle seront tracés les affleurements
3. Détermination des caractéristiques statistiques (effectif-min-max-moyenne et écart type) de la puissance de phosphate et la teneur en BPL/BRUT
4. Calcul du volume total de phosphate en place pour estimation des réserves
5. Etablissement d' une coupe stratigraphique

Situation géographique de la zone d'étude:

Limitée au Nord par le panneau 4, à l'ouest par la zone BG1 Sud exploitée, à 187 250° Sud et limitée à l'Est par les puits 1391 et 1397

Coordonnées géographiques : $X_{min} = 271\ 249$ $X_{max} = 272\ 501$

$Y_{min} = 186\ 496$ $Y_{max} = 188\ 499$

II. Préparation de la base des données :

L'étude d'un niveau phosphaté consiste à rassembler les données nécessaires qui le caractérisent afin de pouvoir étudier la variation des teneurs et des structures dans le temps et dans l'espace.

L'extraction des données se fait sur chaque puits de la zone étudiée :

puits	x(m)	y(m)	z(m)	toit c2(m)	pp(m)	bpl(%)	co2(%)	z du toit c2
931	271249,75	188499,73	510,7					
932	271499,72	188499,75	509,14					
933E	271749,69	188499,77	510,28					510.3
324	271999,76	188492,77	511,48	5,45	0,85	65,31	4,83	506,03
1288	272249,46	188498,9	515,35	13,35	0,8	64,14	5,25	502
325	272499,74	188492,66	518,73	22,6	0,9	63	3,85	497,33
937	271249,31	188249,79	508,34					
938	271499,93	188249,78	507,31					
939E	271749,57	188249,98	508,2					508.7
940	272000,96	188242,87	516,08	11,2	1,4	53,49	5,05	504,88
1289	272251,04	188248,7	513,8	14,6	0,8	58,26	6,3	499,2
1302	272501,31	188247,68	516,2	21,5	1,1	58,94	4,45	494,7
944	271249,67	187999,85	506,75					
945	271499,56	187999,82	507,3					
946E	271749,45	187999,8	507,3					507
35	271995,78	187995,78	513,36	10,2	0,95	61,12	5,7	503,16
1290	272250,06	187997,91	511,6	18,05	0,95	59,41	6,79	493,55
314	272499,28	187997,42	513,3	20	0,9	69,03	8,15	493,3
951	271499,61	187749,7	505,02					
952E	271749,45	187794,9	504,44					505.4
953	271996,74	187747,83	506,62	4,6	0,65	63,82	5,43	502,02
1291	272249,82	187748,62	507,85					
1301	272499,28	187748,62	516,35	28,2	0,8	60,45	5,63	491,1
957	271249,62	187500,07	506,96					
958E	271499,62	187500,05	503,62					504.2
959	271749,44	187500,01	503,56	3,1	0,9	64,7	5,12	500,46
302	271997,04	187497,53	511,14	9,6	1,1	60,61	5,52	501,54
1292	272249,13	187496,36	506,2	11,5	1,1	64,94	5,95	494,7
303	272499,22	187496,46	507,5	16,1	1	59,56	4,2	491,4
963	271249,7	187249,87	503,47					
964E	271499,57	187250	502					502.5

965	271749,44	187250,11	501,5	3,3	0,8	65,13	4,93	494,7
966	271996,77	187239,66	506,81	12,1	0,9	62,22	3,98	494,71
1293	272249,93	187249,93	506,15	12,6	0,6	64,18	4,55	493,55
1300	272500,33	187250,11	502,6	13,9	2	56,81	4,86	488,7
970	271249,72	186999,97	502,75					
971E	271499,62	187000,1	501					502.1
972	271749,43	187000,22	502,25	5	1	61,68	4,71	497,25
38	271995,33	186988,36	504,2	10,1	1,1	62,14	4,34	494,1
1294	272251,78	187001,17	503	13,85	1,05	58	5,24	489,15
1299	272501,36	187001,6	500,75	14,5	0,8	63,6	4,73	486,25
976	271249,66	186750,07	501,92					
977E	271499,55	186750,2	499,2					500.69
978	271749,43	186750,32	502,32	4,7	0,7	62,8	4,75	498,06
979	272089,52	186737,11	503,9	12,4	0,7	64,17	4,75	491,5
1295	272250,18	186750,8	501	11,6	0,8	65,15	4,2	489,4
1298	272499,82	186750,68	499,2	16,9	0,95	55,68	6,3	482,3
983	271249,79	186500,18	497,2					
984E	271499,72	186500,3	498,17					499.67
985	271749,42	186500,43	504,3	8,2	0,7	64,26	4,63	496,1
283	271996,23	186497,16	502,43	9,65	1,55	62,07	3,85	492,78
986	272247,68	186498,12	499,18	10,2	0,8	61,19	4	488,98
42	272500,63	186496,84	496,25	12,4	1,3	61,69	3,52	483,85

Tableau 1 : la base des données

E : Extrapolé.

Et voici les paramètres statistiques calculés à partir des données cités ci -dessus :

<u>couche 2 sup</u>	<u>Puissance(m)</u>	<u>Teneur (bpl)</u>	<u>Co 2</u>
<u>moyenne</u>	<u>0,96</u>	<u>61,13</u>	<u>5,01</u>
<u>écart type</u>	<u>0,28</u>	<u>3,26</u>	<u>0,97</u>
<u>min</u>	<u>0,6</u>	<u>53,49</u>	<u>8,15</u>
<u>max</u>	<u>2</u>	<u>69,03</u>	<u>3,52</u>

Tableau 2 : calcul des paramètres statistiques

III. Etablissement des cartes :

La représentation des principaux paramètres (altitudes, puissance, teneur, ...) sur des cartes spécifiques, sert à montrer l'évolution de ces caractères, afin de guider l'exploitant, en le renseignant sur les différents paramètres relatifs à la zone d'exploitation. On établira par la suite des cartes d'iso-valeurs, et des coupes géologiques.

La Procédure d'établissement peut être définie comme suit :

1. Mettre les paramètres (la cote du toit, puissance, teneur) de la couche à étudier de chaque puits sur le plan.
2. Relier les points de façon à obtenir un réseau dont la maille est un carré.
3. Tracer la diagonale de chaque carré (correspond à la ligne de la plus grande pente)
4. Interpolation linéaire : division des cotes selon une équidistance choisie et jonction des points de même valeur.
5. Extrapolation : le traçage de la perpendiculaire aux cotes des triangles.

1. Carte structurale :

La carte structurale est une carte qui représente la structure d'une couche dans le sous-sol, elle est fournie à partir d'une succession des courbes de même valeur de cote et d'équidistance entre elles, ces courbes sont appelées courbes structurales.

Elles sont obtenues à partir de l'interpolation des points ayant la même cote de toit d'une même couche dans une zone bien définie.

Leur objectif est l'étude de la structure de la couche.

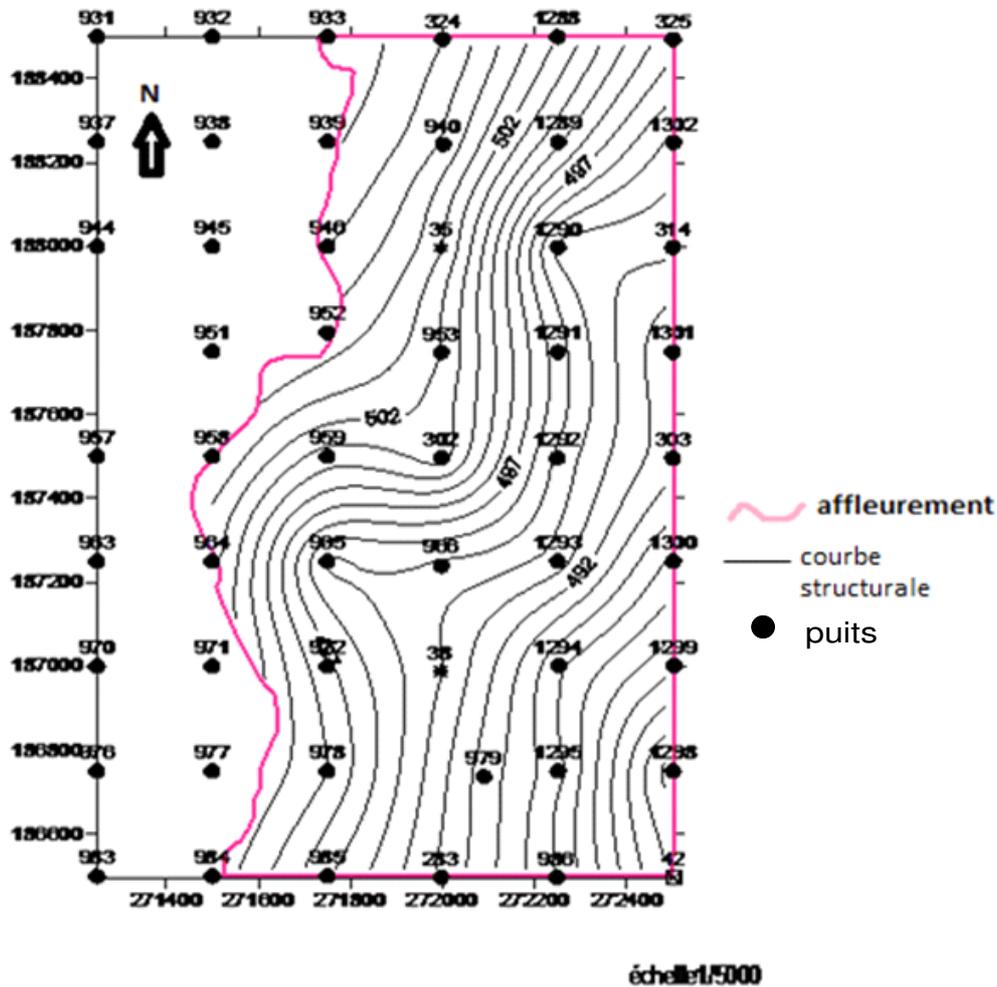


Figure 7: Carte structurale de la couche 2 supérieure dans la zone étudiée

Commentaire de la carte :

D'après l'observation de la carte, on peut remarquer que les courbes structurales sont plus serrées dans la partie centrale, au nord est et au sud ouest par rapport aux autres parties de la zone. Donc Ces courbes présentent un pendage important dans la partie centrale, en allant du centre le pendage devient de plus en plus faible. Donc l'allure générale de la couche 2 sup est orientée vers le NNW-SSE.

1. Carte iso valeurs :

On va procéder à la réalisation des cartes d'iso puissances et d'iso teneurs aidants à bien connaître le terrain à exploité.

a. Carte d'iso puissances :

Elle est établie en joignant les points ayant la même épaisseur et qui sont tracés suivant une équidistance constante. L'intérêt de l'établissement de cette carte est de déterminer la variation des puissances de phosphate par zone et par couche, et ceci pour orienter la méthode d'exploitation et aussi sur les réserves exploitables

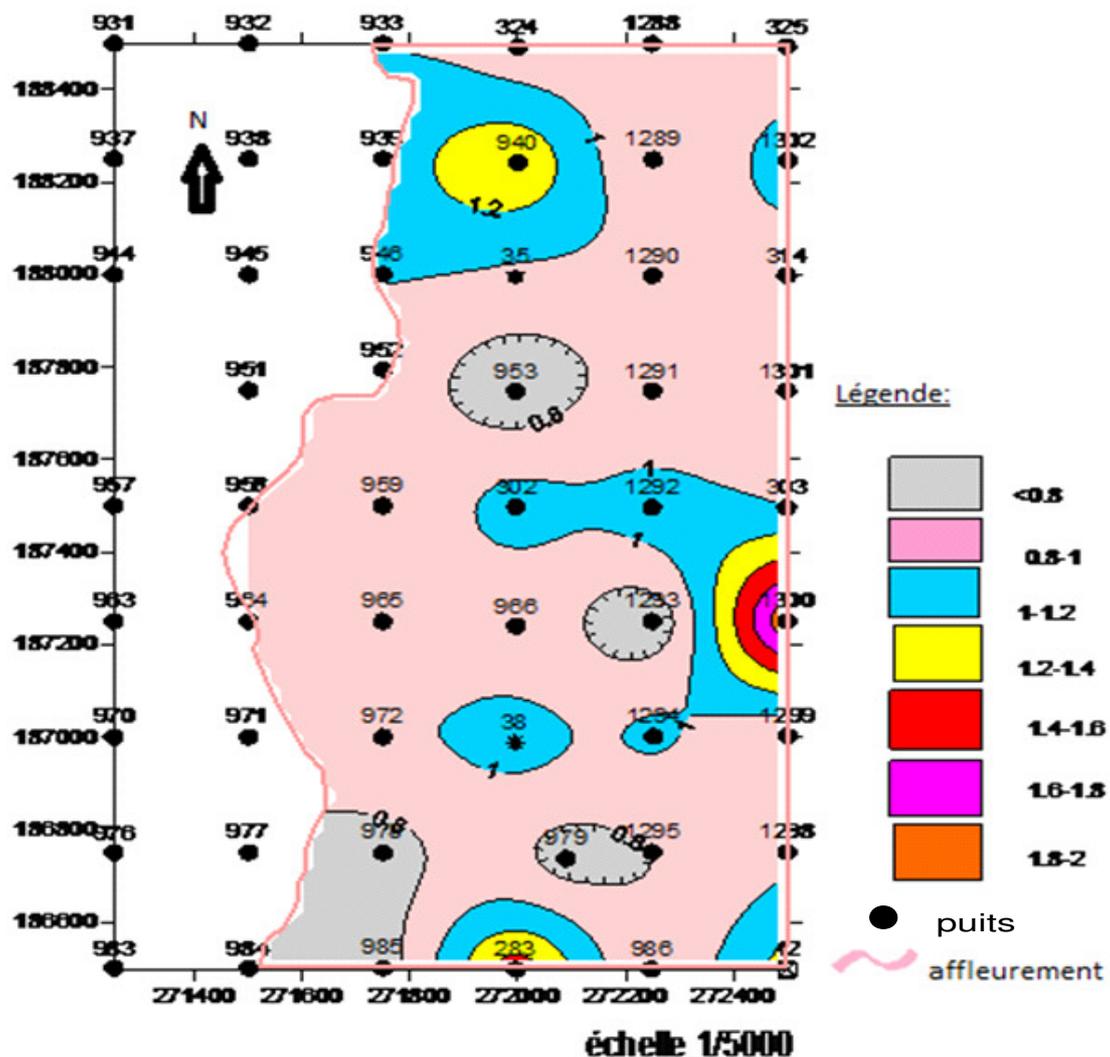


Figure 8 : Carte d'iso puissances de la couche 2 supérieure dans la zone étudiée

Commentaire de la carte :

D'après l'observation de la carte d'iso puissance, on remarque que la puissance de la couche 2 sup varie faiblement dans la zone d'étude. Cette variation présente comme valeur minimale 0.6m et comme valeur maximale 2m, avec une dominance des puissances comprises entre 0.8 et 1m. On constate aussi que les zones ayant les plus grandes puissances se situent dans la partie EST du domaine étudié et les valeurs les plus petites occupent presque la totalité de la zone.

b. Carte iso teneurs :

La carte d'iso teneurs a pour but de déterminer :

- * La variation des teneurs par zone et par couche.
- * L'orientation de la méthode de l'exploitation

On utilise la même procédure pour l'élaboration de cette carte.

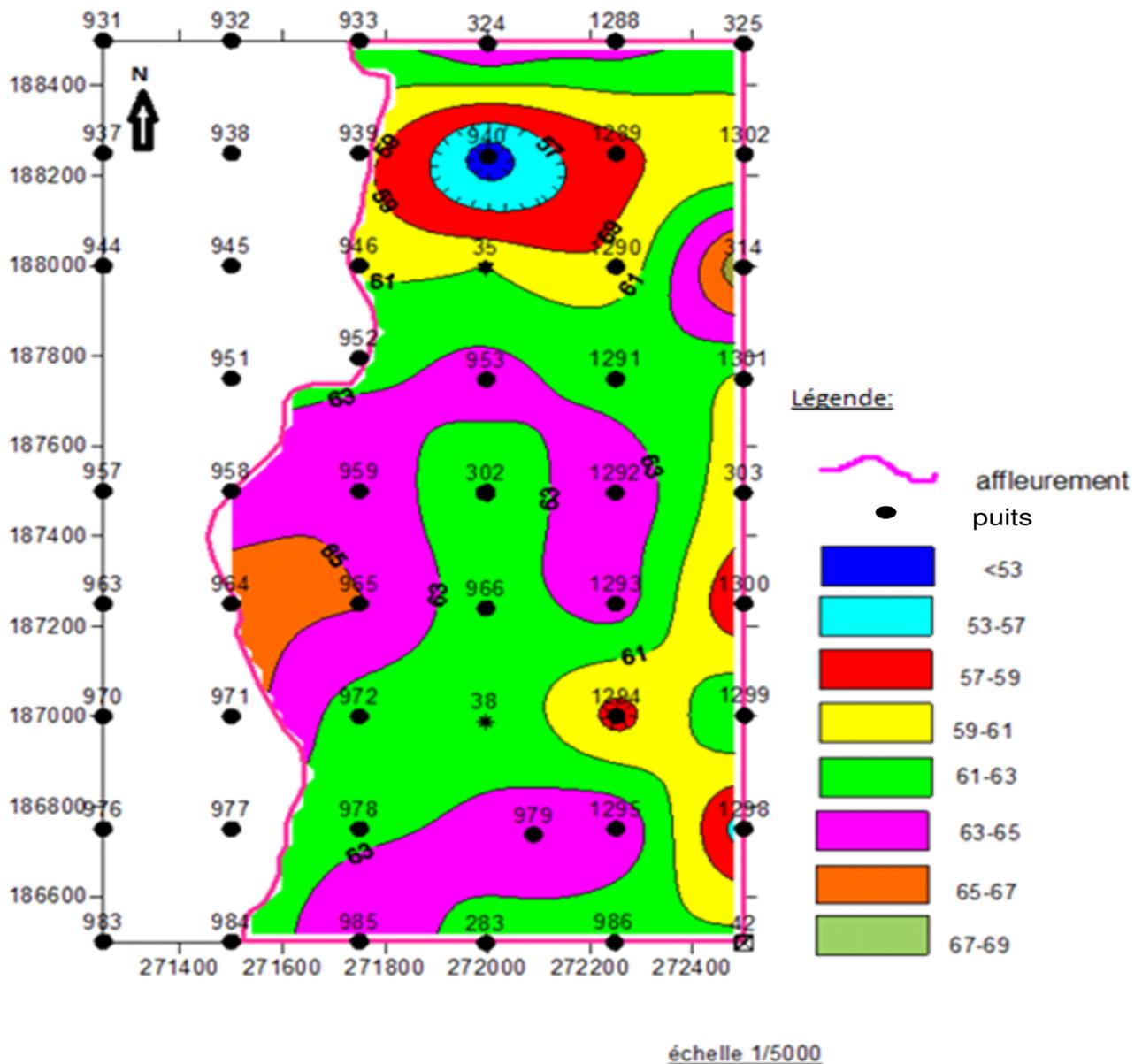


Figure 9 : Carte d'iso teneurs de la couche 2 supérieure dans la zone étudiée

Commentaire de la carte :

* Les teneurs en BPL (le pourcentage de Ca et de P dans une portion de phosphate) les plus répandues dans la carte sont : entre 61 et 63 ; entre 63-65 ; ils se localisent dans la partie centrale de la carte et dans le sud ouest dans les périphéries de l'affleurement.

*la couche 2 supérieure montre des teneurs les plus élevées dans la partie nord est de la zone étudiée (63 ; 65 ; 67) : puits 314 ; ainsi que dans des parties différentes de la zone (centre et à coté de l’affleurement).

* dans le sud est de la zone ; les teneurs commencent à diminuer tout en allant vers l’est.

On peut dire que les teneurs bpl sont stables dans la partie centrale sud ouest à coté de l’affleurement alors que cette stabilité n’est plus trouvable dans les autres coins de la carte surtout dans la partie nord.

En conclusion, la partie nord est qui présente les plus fortes teneurs en bpl a connue, peut être, des phénomènes sédimentaires responsables du dépôt des sédiments riches en phosphore ainsi que la formation des carbonates .Dans notre cas, ces carbonates sont l’intercalaire entre la couche 2 sup et la couche 0-1 et qui sont responsables de cet enrichissement.

I. Estimation des réserves :

Ce calcul s’effectue sur la carte d’iso-puissance. On commence par la mesure de la surface du terrain étudié avec une manière très classique, il s’agit de la planimétrie.

Cette méthode consiste à suivre le contour de la surface à mesurer dans le sens des aiguilles d’ une montre ; tout en fermant la mesure au point de départ.

. La lecture de la valeur de la surface se fait sur l'appareil, et le chiffre ainsi obtenu doit être multiplié par un coefficient donné en fonction de l'échelle de la carte (dans notre carte le coefficient est 250 ce qui correspond à l'échelle du 1/5000).

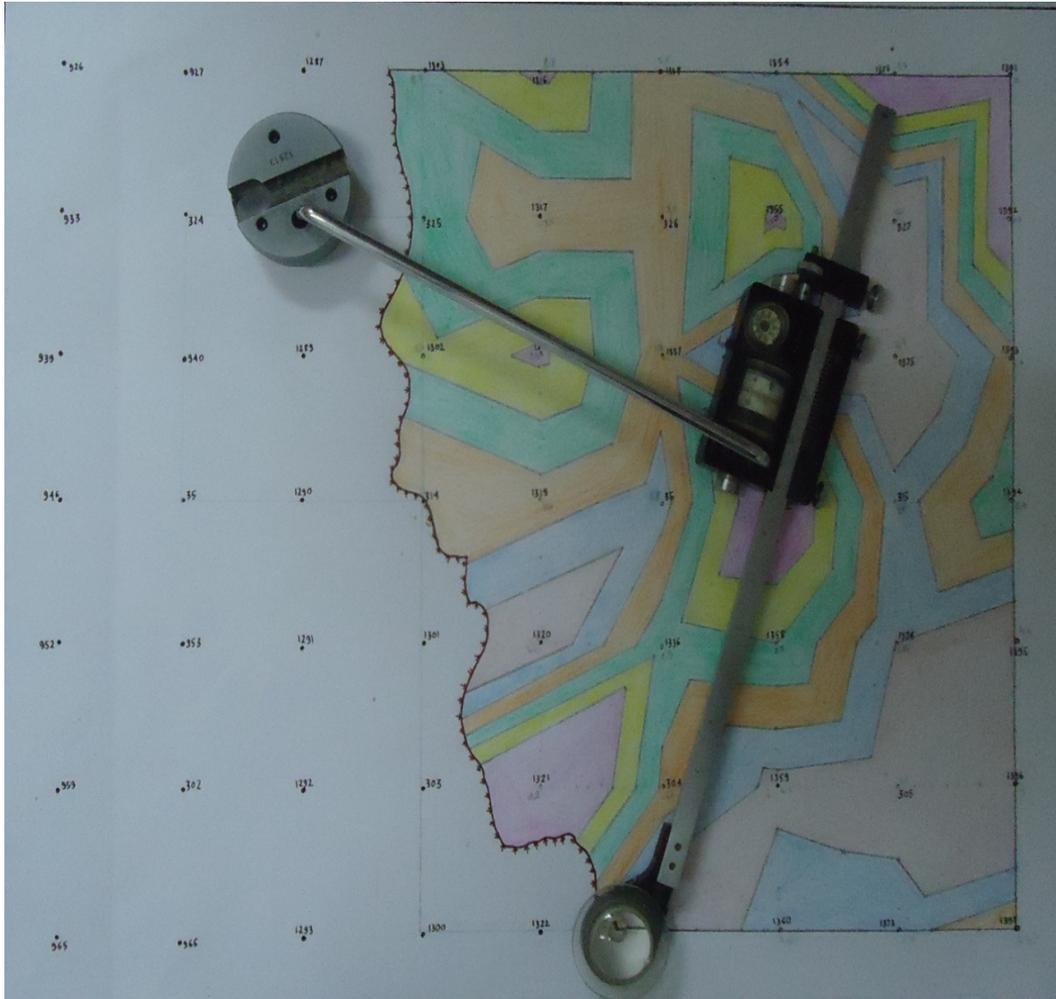


Photo 8: photo d'un planimètre

***Surface totale:**

On a découpé la carte en 3 parties pour minimiser la marge d'erreur ;

Surface 1(s1) $s1=535\ 250\ m^2$

Surface 2(s2) $s2=710\ 250m^2$

Surface 3(s3) $s3=193\ 000m^2$

Donc la surface totale est de :

$Surface\ total = s1 + s2 + s3 = 535\ 250 + 710\ 250 + 193\ 000 = 1\ 438\ 500\ m^2$

$Surface\ totale = 1\ 438\ 500\ m^2$

***Volume total:**

Le volume total est obtenu par la multiplication de la surface totale et la puissance moyenne

$Volume\ total = Surface\ totale \times Puissance\ moyenne\ (0.96)$

$= 1\ 438\ 500 \times 0.96$

Volume total= 1 380 960 m3

Donc maintenant on peut calculer les réserves de la couche 2 supérieure dans la zone d'étude ; à l'ouest du panneau 2.

Réserves = Volume total * 1.62 (densité) =2 237 155.2 THC (tonnes humides criblés)

Donc la couche 2 supérieur comporte des réserves estimées en 2 237 155.2 THC.

II. Réalisation de la coupe géologique :

Pour réaliser la coupe géologique nord sud d'une tranchée cible à l'exploitation ;on a suivi la procédure suivante :

1. *on dessine les logs stratigraphiques de tous les puits concernés sur le papier millimétré.
2. *joindre les sommets des logs pour obtenir le terrain naturel.
3. *joindre les niveaux entre eux , en suivant la forme géométrique de chaque niveau.
4. *illustrer les figurés de chaque niveau.
5. *faire une légende, un titre et l'échelle de la coupe.

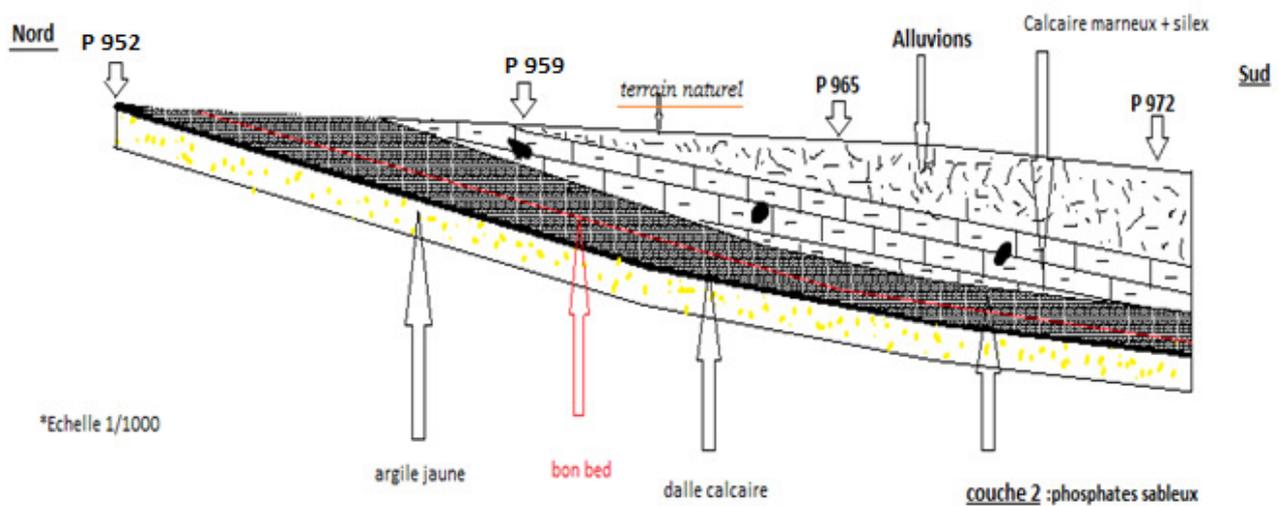


Figure 10 : Coupe nord sud d'une tranchée cible à l'exploitation dans la zone d'étude.

Commentaire de la coupe :

Il s'agit d'une coupe nord sud d'une tranchée cible à l'exploitation entre le puits 952 et le puits 972.

La couche 2 qui appartient au Maastrichtien est constituée de phosphates sableux, divisée en 2 niveaux : couche 2 supérieure et inférieure. Ces deux couches sont séparées par un bon bed (petit niveau d'os et dents,..).

D'après cette coupe on peut déduire que :

- les niveaux sont pratiquement parallèles et présentent un pendage vers le sud.
- la couche 2 est située entre le niveau repère argileux et le niveau de calcaires marneux.

- la puissance de la couche augmente tout en allant vers le nord, où elle affleure.

Conclusion

Malgré que la couche étudiée est considérée moins puissante, vu la valeur de puissance dominante dans la carte d'iso puissances qui comprise entre 0.8 et 1m. La couche 2 supérieure est parmi les couches qui présentent des teneurs bpl importantes, si on la compare avec d'autres couches dans la même zone.

Après cette étude, la couche est devenue prête à l'exploitation vu les réserves qu'elle contient et qui sont estimées à **2 237 155.2 thc**.

Donc, ce stage nous a permis d'élaborer une vision technique importante sur la couche 2 supérieure à l'ouest du panneau 2.

Liste des tableaux :

- 1) *Tableau 1 : la base des données*
- 2) *Tableau 2 : calcul des paramètres statistiques*

Listes des figures :

- 1) *Figure 1 : Les gisements phosphatés au Maroc.*
- 2) *Figure 2 : subdivision et situation de gisement de Gantour*
- 3) *Figure 3 : schéma représentatif de la mine de BENGUERIR*
- 4) *Figure 4 : structuration de la zone à exploitée*
- 5) *Figure 5 : log stratigraphique du bassin de Gantour*
- 6) *Figure 6 : morphologie de la zone d'étude*
- 7) *Figure 7: Carte structurale de la zone étudiée*
- 8) *Figure 8 : Carte d'iso puissances de la zone étudiée*
- 9) *Figure 9 : Carte d'iso teneurs de la zone étudiée*
- 10) *Figure 10 : Coupe nord sud d'une tranchée cible à l'exploitation dans la zone d'étude.*

Listes de photos :

- 1) Photo 1 : opération de foration
- 2) Photo 2 : opération de sautage
- 3) Photo 3: opération de Décapage
- 4) Photo 4: opération de défruitage
- 5) Photo 5: chargement et transport
- 6) Photo 6: opération d'Epierage
- 7) Photo 7: opération de criblage
- 8) Photo 8: photo d' un planimètre

Abréviations :

pp : puissance phosphatée

bpl : Bone Phosphate of Lime

sup : supérieure

THC : tonnes humides criblés

N : nord **S** : sud

NNW : nord nord ouest **SSE** : sud sud est

Référence bibliographiques:

* **Service géologique de l'ocp – BENGUERIR : Géologie des phosphates marocains ; de page 7 jusqu'à 19.**

Anciens rapports de projets de fin d'études :

* **EL HANANI ghizlane , 2010- 2011 : rapport de stage de fin d'études «Etude d'une couche phosphatée sillon A2 ».page 5 ;6 ;7 ;8 ;9 et14.**

***JIBAR houda, 2010-2011 : rapport de stage de fin d'études « Simulation de casement et estimation des heures de marches pour la réalisation d'un box cut au panneau 5 ».page 11 et 12.**