



## UNIVERSITE CADI AYYAD

FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES GUELIZ Département des sciences  
de la Terre

**Licence Sciences et Techniques : Géologie Appliquée aux Ressources Minières  
(GARM)**

**Projet de fin d'études  
Intitulé**

**Contribution au suivi d'une campagne de prospection géologique par  
sondage mécanique dans le gisement de la BAHIRA occidentale et  
élaboration d'un profil de corrélation géologique**

**Réalisé par :** BASSIT ABDERRAHMAN & FARID HOUDA

**Encadré par :**

Mr. Mustapha EL GHORFI (Responsable de filière GARM, FSTG)

Mr. Ahmed BEKARNAF (Chef des géologues, OCP)

**Examiné par :**

Mr. Driss CHAFIKI (Professeur, FSTG)

Mr. Mustapha EL GHORFI (Responsable de filière GARM, FSTG)

Mr. Ahmed BEKARNAF (Chef des géologues, OCP)

Mr. Ahmed CHAKIR (Chef de la direction de l'unité géologique zone centre DIM/GC, OCP)

**Date de soutenance : 23/06/2017**

# Remerciement

Nos vifs remerciements à la direction de l'OCP, à Monsieur **CHAKIR Ahmed** chef de la direction de l'unité géologique zone centre DIM/GC pour nous avoir donné cette chance d'effectuer notre stage au sein du service géologique de YOUSOUFIA. Nous tenons à remercier notre parrain Monsieur **BIKARNAF Ahmed** pour le sujet intéressant proposé, pour son encadrement, son aide permanente et son patience et ses directions précieuses.

Nos plus chaleureux remerciements vont également à tous les employés de l'unité géologique zone centre DIM/GC pour leur aide et l'accès à la documentation de l'OCP durant la période de stage.

Nous tenons à exprimer nos remerciements également à Monsieur **ELGHOREFI Mustapha** notre encadrant à la faculté des sciences et techniques pour son orientation et ses conseils.

Enfin, on remercie tous les gens qui nous ont fait vivre cette merveilleuse expérience de près ou de loin.

## Résumé

Ce travail fait l'étude de la zone de la BAHIRA occidentale qui est non reconnue géologiquement au point de vue de ses réserves phosphatées, ainsi qu'elle vient d'être prospectée que récemment.

Nous avons contribué au suivi de la prospection des phosphates dans cette zone par sondage mécanique : un suivi de foration et un suivi d'extraction dans une maille carrée de 4Km\*4Km (opération préparatoire qui précède la foration effectuée par les géomètres).

L'intervention des géologues dans le suivi de foration et d'extraction consiste de numérotter les caisses des carottes, déterminer les profondeurs de toit et de mur de ces carottes et de chaque passe forée, calculer le taux de récupération et de RQD. Nous comme des stagiaires nous avons fait qu'une description lithologique pour dessiner la coupe de la série phosphatée de sondage étudiée 12.

Après le dessin de la coupe par le logiciel d'AUTOCAD en se basant sur la description lithologique, une analyse diagraphique et analyse de laboratoire s'interviennent pour vérifier les niveaux phosphatées et les intercalaires.

Et enfin nous avons élaboré un profil de corrélation entre le sondage 12 et ceux à sa proximité 11 et 13.

# SOMMAIRE

<b>LISTE DES FIGURES.....</b>	<b>7</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX .....</b>	<b>7</b>
<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>8</b>
<b>PARTIE 1 : GENERALITES.....</b>	<b>9</b>
1-Présentation du groupe OCP : .....	9
2- Géologie des phosphates :.....	10
2.1. L'historique des phosphates: .....	10
2.2. Utilisations des phosphates : .....	10
2.3. Type de gisements phosphatés :.....	10
Les gisements d'origine ignée : .....	10
Les gisements sédimentaires : .....	11
Les gisements de type Guanos :.....	11
2.4. Dépôt des phosphates : .....	12
a) La formation de minéral principal :.....	12
b) La formation du grain phosphatée .....	12
c)La formation des couches phosphatées :.....	13
2.5- Théories de la phosphatogenèse : .....	14
2.6- Age géologique des Phosphates .....	14
3- Principaux bassins phosphatés marocains .....	15
Bassin des Ouled Abdoun: .....	15
Bassin des Gantour : .....	15

Bassin des Meskala : .....	15
Bassin d'Oued Eddahab : .....	15
<b>PARTIE 2 : COMPAGNE DE 40 SONDAGES MECANIQUES.....</b>	<b>16</b>
1-Présentation de la zone d'étude « BAHIRA OCCIDENTAL » : .....	16
1.1- Cadre géographique : .....	16
1.2- Cadre géologique : .....	17
1.3- Cadre hydrogéologique : .....	18
1.4- Cadre stratigraphique: .....	18
a) Le découpage chronostratigraphique : .....	18
b) Découpage Minier : .....	19
2-Exploitation minière : .....	21
3-Travaux de suivi de la foration : .....	22
3.1-Suivi de la foration : .....	22
3.2-Suivi de l'extraction de la carotte du carottier : .....	23
3.2.1- Méthode de travail .....	23
3.2.2 - Contrôle des passes lithologiques : .....	24
3-Echantillonnage: .....	25
4-Diagraphie gamma ray naturel .....	27
4.1- Équipement utilisé : .....	27
<b>PARTIE 3 : ELABORATION D'UNE COUPE LITHOLOGIQUE D'UN SONDAGE MECANIQUE.....</b>	<b>31</b>
1-Coupe lithologique de sondage 12 : .....	32
1.1-Méthodologie et matériel utilisé : .....	32
1.2- Coupe de sondage S12.....	33

2- Profil de corrélation entre les sondages S12 et S13 et S11 : .....	33
<b>Conclusion et perspective : .....</b>	<b>34</b>
<b>Annexes .....</b>	<b>36</b>
<b>Référence Bibliographique .....</b>	<b>37</b>

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1</b> : répartition spatiale de différents types des gisements de phosphate au monde (FAO).....	12
<b>Figure 2</b> : Modèle de Kazakov (1937).....	14
<b>Figure 3</b> : Modèle de Keyser et Cook (1972).....	14
<b>Figure 4</b> : plan de situation du Bassin de la zone d'étude (Réf. OCP).....	17
<b>Figure 5</b> : Coupe Lithostratigraphique de la Série Phosphatée de de Gantour(Réf. OCP).....	20
<b>Figure 6</b> : campagne de sondage, une carott.....	22
<b>Figure 7</b> : Méthode d'extraction de la carotte.....	23
<b>Figure 8</b> : Rangement des carottes dans les caisses (OCP réf).....	23
<b>Figure 9</b> : Technique du quartage (USGS.org).....	26
<b>Figure 10</b> : Un cabestan Geovist.....	27
<b>Figure 11</b> : l'installation de la sonde.....	28
<b>Figure 12</b> : réalisation de la diagraphe gamma –ray du S40.....	29
<b>Figure 13</b> : profil de la diagraphe du S40.....	30

## LISTE DES TABLEAUX

<i>Tableau 1</i> : les principaux minéraux de gangue des gisements de phosphates magmatique (Kawatra, 2014).....	11
--	----

## INTRODUCTION

Les phosphates représentent un élément essentiel de l'économie marocaine, leurs importance n'a fait que croître régulièrement au cours des dernières années, pour donner au Maroc la place prépondérante parmi les pays producteurs de phosphate.

Le sous-sol marocain présente une large gamme de substances minérales. La diversité et la valeur 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.

Les réserves reconnues dans les principaux bassins phosphatés d'OuladAbdoun (région de Khouribga), Gantour (région de Youssoufia-Benguérir), Meskala (région d'Essaouira) et Oued Eddahab (région de Boucrââ-Lâayoune).

Vue cette importance nous avons choisis d'effectuer notre stage de projet de fin d'étude au sein l'unité de géologie zone centre (Youssoufia) de l'Office Chérifien des Phosphates (O.C.P). Nous avons comme mission l'élaboration d'un profil de corrélation de la prospection de phosphate par sondage mécanique dans le gisement de la BAHIRA occidentale.

# PARTIE 1 : GENERALITES

## 1-Présentation du groupe OCP :

L'Office Chérifien du Phosphate « OCP » est un établissement créé par un dahir du 7 Aout 1920 pour assurer l'exploitation du phosphate. Ce n'est qu'à partir de 1975 qu'il est devenu **le Groupe Office Chérifien de Phosphate**. Et il n'a cessé de se développer à travers la création de nouveaux sites de production et de transformation à savoir :

**1975** : Création du Groupe Office Chérifien du Phosphate

**1976** : Démarrage de Maroc chimie II et Maroc Phosphore I

**1980** : Ouverture de la mine de Benguerir.

**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).

Il comprend :

- Trois centres d'exploitation (Khouribga ; Gantour ; et Boucraa).
- Deux centres de transformation chimique (Safi et Jorf-Lasfar).
- Quatre ports d'embarquement (Casablanca, Safi, Jorf-Lasfar et Laayoune)

## **2- Géologie des phosphates :**

Définition : Le Phosphate c'est une roche sédimentaire marine dérivent de l'apatite, cette dernière qui vient de mot Grec (*apatēn*) tromper, en effet ce minéral a longtemps été assimilé entre autres à la Tourmaline ou à l'Olivine.

### **2.1. L'historique des phosphates:**

Le phosphate est utilisé en tant que fertilisant depuis l'antiquité. Les romains employaient les excréments d'oiseaux comme engrais, les arabes utilisaient les dépôts de guanos qui se trouvent le long de leurs côtes, et en Amérique du sud, les premiers explorateurs remarquaient que les indiens étaient familiarisés avec l'utilisation des guanos comme fertilisant. Le chimiste allemand Liebig (1840) professeur à l'université de Giessen, est considéré le premier à employer les engrais phosphatés, il a constaté que l'action de l'acide sulfurique sur le phosphate tricalcique insoluble le transforme en phosphate mono calcique soluble qui est directement assimilable par les plantes.

### **2.2. Utilisations des phosphates :**

Le phosphate est utilisé, principalement, pour produire l'acide phosphorique et les engrais. Les produits des phosphates sont utilisés dans des domaines diversifiés à savoir :

1- L'alimentation, levure chimique, fromagerie, traitement de la viande et du poisson (ils préservent les qualités

Nutritionnelles et améliorent la stabilité microbiologique de certains produits alimentaires).

2- Photographie (agent fixateur de la lumière),

3- Stabilisation des peintures (ils favorisent l'adhérence de la peinture à la surface).

4- Abrasif pour polissage des métaux (ils réduisent les risques de corrosion des métaux).

5- L'acide phosphorique purifié entre dans la synthèse de produits pharmaceutiques... etc.

### **2.3. Type de gisements phosphatés :**

#### ***Les gisements d'origine ignée :***

Ils sont associés à des complexes intrusifs alcalins. Ces gisements sont de trois types : les carbonatites, les syénites néphéliniques et les pyroxénites, chacun de ces types est riche en fluorapatite ( $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$ ), mais leurs minéraux de gangues varient, **le tableau 1** montre les minéraux de gangue typiques pour chaque catégorie.

<b>Igneous Deposit Type</b>	<b>Typical Gangues</b>	<b>Chemical Formula</b>
<i>Carbonatite</i> (Phalaborwa, Jacupiranga, Araxá, Sillinjärvi)	Barite	BaSO <sub>4</sub>
	Calcite	CaCO <sub>3</sub>
	Dolomite	(CaMg)(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
	Magnetite	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>
	Olivine	(Mg,Fe) <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub>
	Phlogopite	KMg <sub>3</sub> (AlSi <sub>3</sub> O <sub>10</sub> )(F,OH) <sub>2</sub>
	Pyrochlore	(Na,Ca) <sub>2</sub> Nb <sub>2</sub> O <sub>6</sub> (OH,F)
	Quartz	SiO <sub>2</sub>
	Vermiculite	(Mg,Fe,Al) <sub>3</sub> (Al,Si) <sub>4</sub> O <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O
<i>Nephelinic-syenite</i> (Kola)	Nepheline	(Na,K)AlSiO <sub>4</sub>
	Alkali feldspar	KAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub> / NaAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>
	Aegirine	NaFe <sup>+3</sup> (Si <sub>2</sub> O <sub>6</sub> )
	Magnetite	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>
	Quartz	SiO <sub>2</sub>
<i>Pyroxenite</i> (Phalaborwa)	Pyroxenes	XY(Si,Al) <sub>2</sub> O <sub>6</sub> X=Ca,Na,Fe <sup>+2</sup> ,Mg,Zn,Mn,Li Y=Cr,Al,Fe <sup>+3</sup> ,Mg,Mn,Sc,Ti,V,Fe <sup>+2</sup>
	Phlogopite	KMg <sub>3</sub> (AlSi <sub>3</sub> O <sub>10</sub> )(F,OH) <sub>2</sub>
	Vermiculite	(Mg,Fe,Al) <sub>3</sub> (Al,Si) <sub>4</sub> O <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O

**Tableau 1** : les principaux minéraux de gangue des gisements de phosphates magmatique (Kawatra, 2014)

### *Les gisements sédimentaires :*

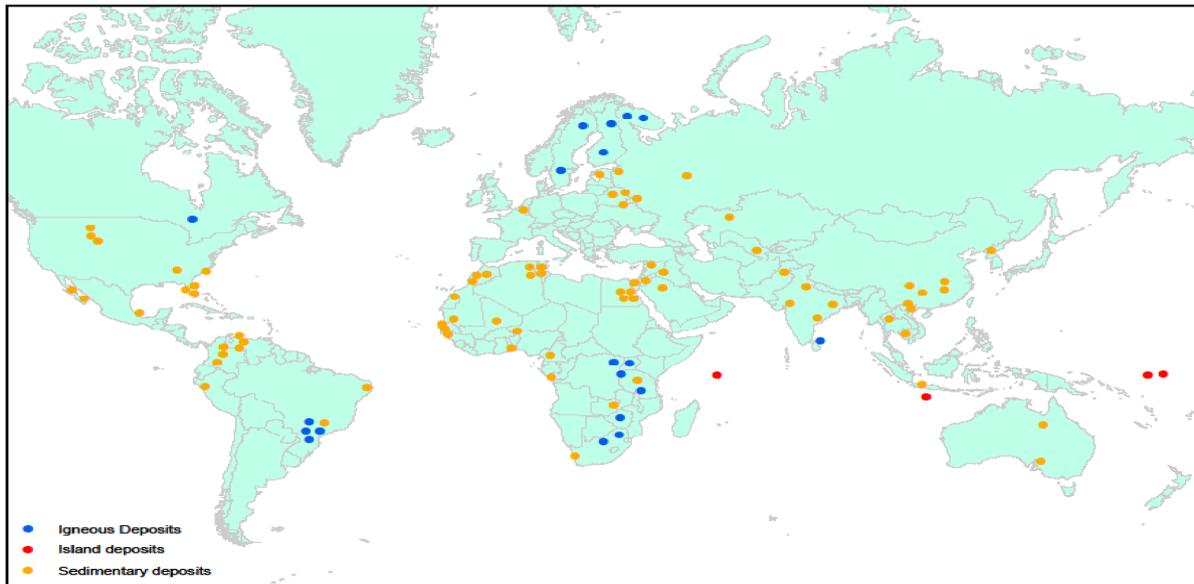
Les gisements sédimentaires sont les plus abondants en quantité et ont en général des teneurs sur place qui dépassent les 28% P2O5.

Exemple : les gisements phosphatés marocains

Les phosphates marocains se localisent stratigraphiquement dans le Crétacé supérieur (Maastrichtien), le Paléocène et l'Éocène inférieur et moyen ; ils se répartissent en quatre principaux bassins dont trois sont localisés au Centre-Nord du pays et constituent une partie importante de la couverture sédimentaire de la Meseta marocaine.

### *Les gisements de type Guanos :*

Les gisements de type guanos sont formés à partir des déjections des oiseaux de mer qui contiennent environ 4 % P2O5. En général la qualité de ces phosphates est fort intéressante vis à vis de leur quantité.



*Figure 1: répartition spatiale de différents types des gisements de phosphate au monde (FAO)*

#### **2.4. Dépôt des phosphates :**

##### *a) La formation de minéral principal :*

Le minéral principal qui constitue les phosphates est l'apatite. La théorie retenue sur la formation de l'apatite c'est que, la principale source du phosphore provient des fonds marins grâce à des courants ascendants (courants froids provenant des fonds des océans) appelés les Upwellings Waters.

Les organismes vivants dans la plate-forme continentale concentrent le phosphore dans leurs squelettes, c'est ce phosphore qui reste après leurs morts.

Ce phosphore libéré dans l'eau se combine avec les carbonates  $(CO_3)^{2-}$  et le fluor  $(F^-)$  sous des conditions particulières (diagenèse précoce) pour former le Carbonate Fluorapatite (apatite fluorée et carbonatée).

##### *b) La formation du grain phosphaté*

Plusieurs phases minérales participent à la formation du grain phosphaté, mais, pour qui il y a une formation du grain phosphaté, il faut tenir compte principalement de l'hydrodynamisme (mouvement de l'eau de mer).

La période calme a permis la formation du grain et la période agitée réalise le triage mécanique (le façonnement et le classement des sédiments), c'est-à-dire que les gros grains se déposent en premier, puis les moyens et les fins en dernier.

### *c) La formation des couches phosphatées :*

Les dépôts de phosphate sont constitués par une alternance des niveaux phosphatés (riches en phosphate) et des niveaux stériles (pauvre en phosphate).

#### **Le mécanisme génétique se définirait ainsi :**

1- La circulation des eaux marines et leur progression dans le bassin sont importants comme mode de transport des solutions océaniques riches en phosphore, en calcaire, en silice, et animées d'une vie intense. Tous ces organismes influent donc sur le cycle de ces différents éléments qu'ils utilisent, concentrent et libèrent à leur mort, dans une dépendance étroite avec les facteurs régissant l'équilibre des solutions :

La quantité de phosphore arrivant dans le bassin, la température et la salinité.

2- Le dépôt est enfin transformé par les actions diagenétiques, mécaniques et chimiques. Les variations de l'équilibre chimique, tiennent tant à des facteurs physiques (plateau continental très plat et étendu, structure en haut-fond et cuvette favorisant localement un environnement restreint, un ralentissement de l'eau et sans doute une plus forte évaporation) que chimiques (augmentation de la température et du pH, diminution du CO<sub>2</sub>).

3- Le phosphore précipité est remanié et « étalé » dans le golfe. Les preuves de cette préparation mécanique sont d'abord de nature morpho-scopique (grains usés et cassés) et granulométrique : les phosphates sont des sables fins ou très fins, parfois même, des silts dont le triage est remarquable.

#### **La marge continentale, aurait été le lieu de rencontre des matériaux d'origine continentale et d'origine océanique :**

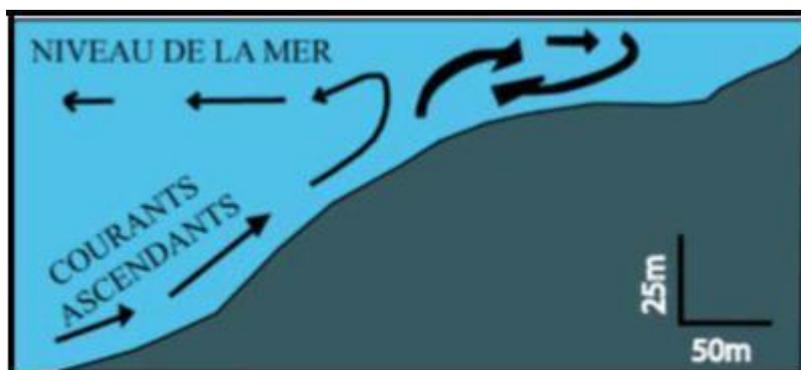
-> **Apports continentaux** : par les sols, les minéraux organiques et ioniques.

-> **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 (océanique)** : 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<sub>4</sub> varie avec la profondeur et la température.

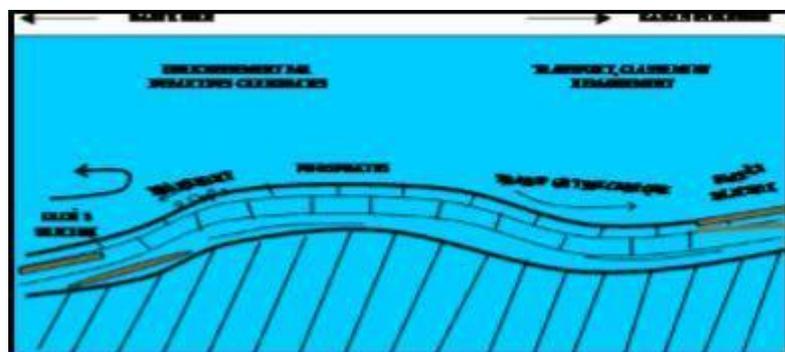
## 2.5- Théories de la phosphatogénèse :

Selon la théorie de Kazakov (1937), le milieu Phosphaté doit communiquer largement avec la haute mer pour permettre l'étalement des courants ascendants.



*Figure 2 : Modèle de Kazakov (1937)*

Pour Keyser et Cook, les Phosphates se sont formés sur une zone anticlinale, puis étalée de part et d'autre de cette zone haute pour donner du côté interne de sédiments riches en phosphate et du côté externe des dépôts pauvres.



*Figure 3 : Modèle de Keyser et Cook (1972).*

## 2.6- Age géologique des Phosphates

Les phosphates du Maroc, qui sont les plus importants, ont été déposés, sur une très longue période allant de la fin du Crétacé (étage du Maestrichtien, environ 80 Millions d'années), jusqu'au début de l'Eocène (étage du Lutétien basal ou Lutétien inférieur 40 Millions d'années).

### **3- Principaux bassins phosphatés marocains**

Les plus importantes ressources en phosphates au Maroc se répartissent en plusieurs bassins phosphatés, différents les uns des autres, aussi bien par leurs superficies que par leurs teneurs.

#### **Bassin des Ouled Abdoun:**

Le bassin occupe la majeure partie des « plateau des phosphates », prolongeant vers le sud-est le plateau de haute Chaouia. il s'étend des environs de la ville de Khouribga au Nord jusqu'aux environs de Fkih ben salah au sud. il est limité au Nord par le massif du Maroc central, au sud par l'Oued Oum Er Rbia à l'Est par la plaine de Kasba Tadla et à l'ouest par le massif paléozoïque des Rahamna .

La série phosphatée du bassin des « Ouled Abdoun » constitue le terme final de la série sédimentaire. Elle est localisée dans le crétacé supérieur et l'éocène inférieur. Son sommet est constitué par un calcaire dur siliceux renfermant des fossiles des genres Thersitea d'âge éocène moyen, sa base est formée de marnes jaunes d'âge sénonien. ce bassin est le plus vaste, le plus riche en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

#### **Bassin des Gantour :**

Le bassin des Gantour représente l'un des principaux bassins phosphatés du Maroc, découvert par A. Brive aux alentours de 1921 et a été mis en exploitation en 1931.

Son relief est relativement calme avec une altitude moyenne de 430m, mais relativement mouvementé avec des altitudes pouvant dépasser 530m dans la zone noyée de Youssoufia.

Le phosphate se présente en deux grands types de faciès :

- Sec et noyé. En fonction de la teneur en eau.
- Clair et Noir. En fonction de la teneur en carbone organique.

#### **Bassin des Meskala :**

Le bassin des Meskala, composante du bassin d'Essaouira est limité au Nord, par les Jbilet et les collines jurassiques de Moussat, au Sud, par la Haut Atlas, à l'Est, par la plaine de Haouz et à l'Ouest, par la plaine côtière d'Essaouira

#### **Bassin d'Oued Eddahab :**

Le bassin d'Oued Eddahab est situé dans la Sahara Marocaine, il fait partie du

grand bassin Crétacé limité au nord par la mole d'Ifni et à l'Est par la paléozoïque de la « dorsale Reguibat » .il s'étend du Nord –Est au Sud-Ouest jusqu'aux environs de Nouadhibou

## **PARTIE 2 : COMPAGNE DE 40 SONDAGES MECANIQUES**

Notre travail est réalisé dans le gisement BAHIRA occidentale qui contient des formations phosphatées très profonds, et nécessite une analyse ..... Pour quantifier les zones phosphatées pour les extraire par la suite dans la phase d'exploitation.

But et problématique de sujet : Le sujet a pour objet la reconnaissance géologique et hydrogéologique à la maille carrée de 4km\*4km par cutting, carottes et équipements piézométriques de la série phosphatée du gisement de la Bahira occidentale à l'aide de 40 sondages mécaniques dont 6 seront équipés en piézomètres.

Cette zone de la Bahira occidentale est non reconnue géologiquement au point de vue de ses réserves phosphatées.

Le but de sujet consiste de contribuer au suivi d'une campagne de prospection géologique par sondages carottés dans le gisement de la Bahira Occidentale et l'élaboration d'un profil de corrélation géologique Est Ouest.

### **1-Présentation de la zone d'étude « BAHIRA OCCIDENTAL » :**

#### **1.1- Cadre géographique :**

La zone de notre étude fait partie du bassin GANTOUR, qui subdivise en plusieurs gisements dont le gisement BAHIRA occidentale objet de notre travail.

Le gisement de la Bahira Occidentale est limité au Nord par les gisements de Loubirat, Recette 6 et Louta, au Sud par le massif primaire de Jbilet à l'Est par la route principale N°7 reliant Marrakech à Casablanca et à l'Ouest par le gisement de Sidi Bou-Trétich. Ce gisement est exploré partiellement à une maille très lâche de 15 Km\*5Km à l'aide d'anciens sondages. Le présent projet vise à achever l'exploration à la maille carrée de 4Km\*4Km.

Les limites de bassin de Gantour sont :

- Au Nord, le massif paléozoïque des Rehamna.
- Au Sud, le massif paléozoïque des Jebilet.
- A l'Est, l'oued Tassaout, affluent de l'oued Oum-Er-rbia ;
- A l'ouest, les collines jurassiques de mouissate

Le bassin des Gantour renferme deux centres miniers, le premier à l'Youssooufia qui se trouve à l'extrémité occidentale du bassin et le deuxième à Benguerir au centre de celui-ci.

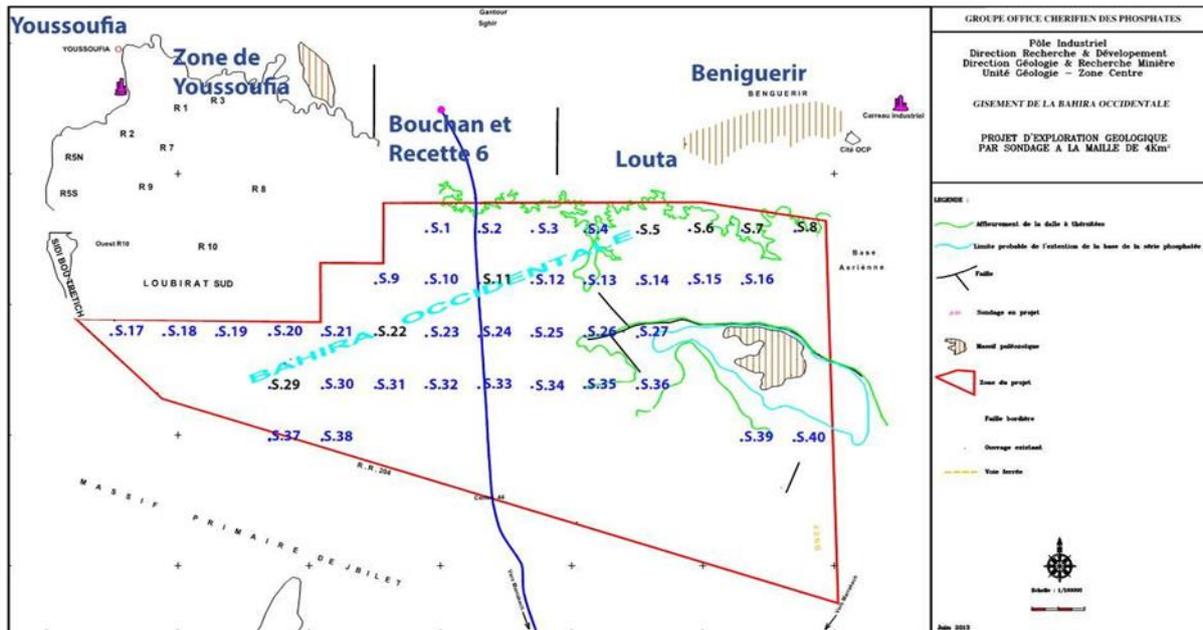


Figure 4 : plan de situation du Bassin de la zone d'étude (Réf. OCP)

## 1.2- Cadre géologique :

Le bassin des Gantour repose sur un socle hercynien rigide et recouvert par des séries sédimentaires tabulaires ou faiblement plissées ou faillées.

La série des Gantour comporte des faisceaux, des couches, et des sillons phosphatés entre lesquels s'intercalent des roches de natures variées dépourvues de phosphates ou très

peu phosphatées. Le dépôt de cette série phosphatée est typiquement d'origine marine.

Le bassin dans lequel s'était opéré ce dépôt faisait partie d'une mer Crétacé-Eocène qui recouvrait probablement toute la moitié Ouest du domaine atlasique à l'exclusion des massifs primaires des Rahamna, des Jebilet et d'un massif également primaire situé au sein de l'Atlas Occidental.

### **1.3- Cadre hydrogéologique :**

Les eaux souterraines du bassin de GANTOUR sont présentes dans des niveaux aquifères ordonnées comme suite :

- Aquifère plioquaternaire
- Aquifère éocène
- Aquifère crétacé

Dans la zone de YOUSOUFIA, on note la présence d'un système multi couche comprenant trois nappes qui sont :

- Une nappe captive inférieure comprise entre les argiles Maastrichtien et les argiles Thanétiennes
- Une nappe intermédiaire située entre les argiles Thanétiennes et les argiles Yprésiennes
- Une nappe supérieure localisée au niveau de la couche silteuse dite couche des 11m, son substratum est constitué par les argiles Yprésiennes. Les réservoirs représentés par la série marno-cherteuse est interrompue par des phosphates sableux, des calcaires et des silts phosphates.

### **1.4- Cadre stratigraphique:**

Du point de vue stratigraphique, la série phosphatée formée par les dépôts de phosphate, s'étend du maastrichtien au lutétien .cette série est constituée par une alternance de niveaux de roches phosphatées, meubles a plus ou moins indurées et de niveaux stériles nommes intercalaires qui sont de nature lithologique variée (argiles, marnes, calcaires et silt...). L'ensemble est coiffée par une dalle carbonatée appelée dalle a thersitees.la stratigraphie de la série de la YOUSOUFIA peut être résumée comme suit :

Il existe deux types de découpage l'un est chronostratigraphique, l'autre est minier.

#### ***a) Le découpage chronostratigraphique :***

La série phosphatée s'étend du Maastrichtien au lutétien :

**Le Maastrichtien** : débute par un phosphate bioclastique, micro conglomératique et se termine par un banc de marnes siliceuses dans lequel s'intercale un niveau décimétrique de phosphate.

**Le Danien** : commence généralement par un banc de calcaire phosphaté et contient le niveau le plus de la série, il se termine généralement par des marnes et des marnes siliceuses sauf à l'extrême ouest du gisement où ces marnes font défauts.

**Le Thanétien** : est formé par un faisceau phosphaté sableux et des marnes à son sommet.

**L'Yprésien** : débute par un niveau centimétrique de phosphate coprolithique bioturbé à sa base, se poursuit par des argiles puis par des silts et des marnes siliceuses dans lesquels s'intercalent des niveaux décimétriques de phosphate.

**Le lutétien** : est caractérisé par sa dalle calcaire.

*b) Découpage Minier :*

**Le Maastrichtien** : comprend les niveaux suivants :

*Couche6 –couche5-couche4-couche3-couche2 inférieur-couche2 supérieur-sillon X.*

**Le Danien** : comprend la couche1, la couche 0 et le Danien supérieur phosphaté.

**Le Thanétien** : comprend le faisceau A qui se subdivise en 3 sous faisceaux : A3, A2, A1.

**L'Yprésien** : contient le niveau intermédiaire A/B, la couche des 11m, le sillon B et les sillons supérieurs.

**Le lutétien** : est stérile.

COUPES LITHOSTRATIGRAPHIQUES DE LA SERIE PHOSPHATEE  
DES GANTOUR

GRUPE . O C P  
PMG / GE  
Youssoufia: Fév. 0 6

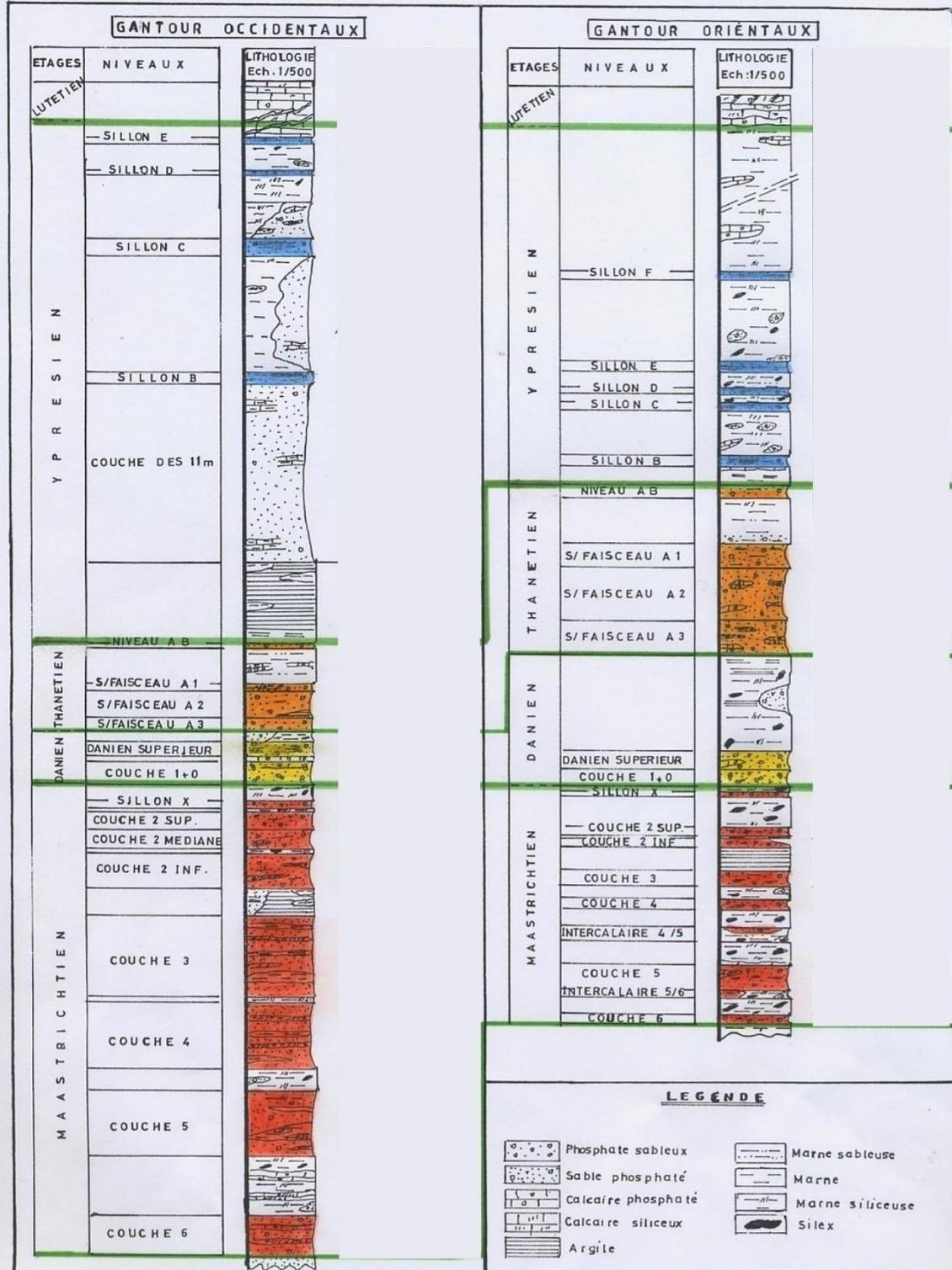


Figure 5 : Coupe Lithostratigraphique de la Série Phosphatée de la zone de Gantour (Réf. OCP)

## **2-Exploitation minière :**

L'exploration des phosphates comporte les étapes suivantes (Gharbi, 1998):

**\*Réalisation d'ouvrages de reconnaissance** suivant les mailles successives suivantes: 2 à 4km, 0.5 à 2km et 0.4 à 0.6km, avec le creusement de puits à grand diamètre et des tranchées, l'exécution de sondages mécaniques pour couches profondes et de puisard au fond de la mine pour reconnaître les couches sous-jacentes.

**\*Description lithologique** des différents travaux réalisés avec établissement des logs, levés, coupes et échantillonnage systématique des séries phosphatées reconnues suivant leur nature lithologique.

**\*Analyse chimique** des échantillons prélevés pour la détermination du BPL% sur brut et sur produit lavé, du CO<sub>2</sub> et du C organique sur brut (pour phosphate noir), du MgO, SiO<sub>2</sub>,Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Cd, As et Cl sur brut et sur lavé.

**\*Elaboration des cartes et coupes** de lithofaciès du gisement, des cartes structurales, hydrogéologiques et d'isopaques des différents caractères physiques et géologiques avec calcul des différentes catégories de réserves identifiées.

**\*Reconnaissance minéralurgiques** échantillons prélevés avec étude granulométrique et granulochimique pour caractériser les minerais et étudier leur mode d'enrichissement.

L'exploitation des phosphates se fait soit en mines à ciel ouvert soit en mines souterraines et les équipements utilisés ont évolué selon les méthodes d'exploitation appliquées et les caractéristiques des gisements (recouvrement, puissance, dureté, etc.).L'exploitation à ciel ouvert peut concerner un ou plusieurs niveaux et comprend: le décapage primaire des morts terrains, ensuite l'extraction sélective du minerai phosphaté avec enlèvement de l'intercalaire et défruitage de la couche phosphatée et à la fin transport du minerai extrait par camions vers les stations d'épierrage où il subit un premier criblage à 90mm, L'exploitation souterraine de la couche phosphatée a été caractérisée, au fur et à mesure de son avancement, par l'introduction de tailles mécanisées et de mineurs continus de plus en plus puissants.

Ainsi l'abattage-chargeement, réalisé avant par pioche et marteau piqueur a été

mécanisé par l'utilisation d'engins d'abattage intégrant la fonction de chargement tels que: machine à attaque ponctuelle, rabot, haveuse et ravageur. Le transport, qui était basé initialement sur les berlines, est actuellement mécanisé par l'introduction des convoyeurs à bandes plus performants. Pour le soulèvement, le boisage à l'aide de piquets de mine est limité à quelques rares chantiers classiques, et actuellement, on utilise les soulèvements mécaniques et les cadres métalliques.

### **3-Travaux de suivi de la foration :**



*Figure 6: campagne de sondage, une carotte*

Le prospecteur joue un rôle important dans le chantier pour le bon déroulement des phases d'exploitation du phosphate, sont objectifs et assurer la conservation de la qualité. Et faire la récupération totale du phosphate.

Après l'installation de MEGAFOR les géologues se lancent dans la foration, cette dernière est composée de :

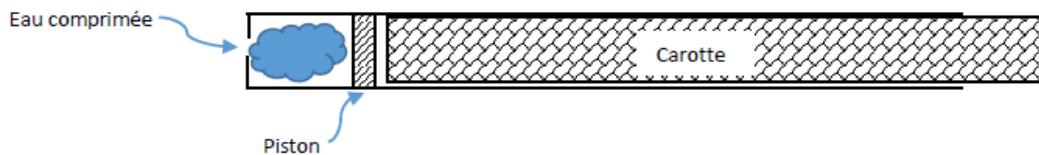
#### **3.1-Suivi de la foration :**

Il se fait dans le but de contrôler la profondeur forée. On se base sur l'observation des cuttings (cutines) et sur la profondeur déduite de la coupe du parement. Le prospecteur réalise par la suite une coupe approximative, dont elle délimite la profondeur et la puissance des niveaux durs (les dalles) et les niveaux tendres.

Il s'agit de l'intervention du géologue dans les sondages d'exploration par le contrôle de chaque passée tirée et assiste au classement des carottes dans les caisses avec identification par numéro de caisse et les profondeurs de la fin du sondage, ainsi dans chaque passe récupéré tiré on fait l'enregistrement.

### 3.2-Suivi de l'extraction de la carotte du carottier :

Au moment de l'extraction de la carotte du carottier, le géologue récupère de l'intégralité des portions qui constituent la passe lithologique forée.



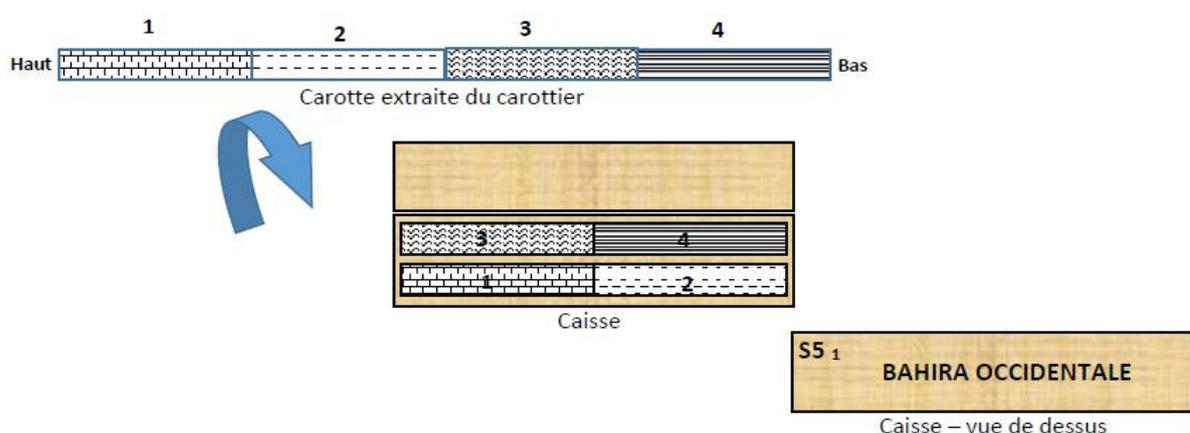
**Figure7 : Méthode d'extraction de la carotte**

#### *3.2.1- Méthode de travail*

Les carottes prélevés du sondage sont classées dans des caisses de 3 m, chaque caisse comprend 2 colonnes de 1.5m ou 3 colonnes de 1m, le géologue fait le suivi de la foration en calculant : **le taux de récupération, le RQD**

Et en identifiant les niveaux atteints par chaque sondage une description des faciès de ces carottes suivant les cotes.

Les carottes extraites sont rangées à l'intérieur d'une caisse de 3m, avec l'identification du début (le toit), la fin (le mur) et la profondeur du sondage.



**Figure8: Rangement des carottes dans les caisses (OCP réf)**

### 3.2.2 - Contrôle des passes lithologiques :

Après le rangement des carottes dans les caisses, on calcule le taux de récupération à l'aide de la relation suivante :

#### **a- Calcul le taux de récupération**

$$\text{Taux de récupération (\%)} = \frac{\text{Longueur de la carotte}}{\text{Longueur de la passe forée}} \times 100$$

**Longueur de la carotte** : Mesuré avec un double mètre juste après l'extraction de la carotte du carottier.

**Longueur de la passe forée** : Mesuré par le maître sondeur sur les tiges introduites dans le trou du sondage.

Plus le taux de récupération s'approche de 100 plus le carottier exécuté est bon.

Les facteurs qui touchent la réussite de l'extraction sont :

- La dureté de la formation.
- La friabilité de la formation.
- L'existence des cavités ...

Pour résoudre ces problèmes le sondeur ajoute un polymère dans l'eau de foration, ce qui permettra une consolidation préliminaire de la roche et par conséquent une récupération à 100%.

#### **b- Le calcul de RQD :**

## ***1 Le Rock Quality Designation index (Deere, 1967)***

Le *Rock Quality Designation (RQD)* a été développé par Deere et al. (1967) afin de donner une estimation quantitative de la fracturation influençant le comportement de la masse rocheuse à partir de l'examen de carottes obtenues par des forages. Le *RQD* est défini comme le pourcentage de morceaux intacts de longueur supérieure à 10 cm, sur la longueur totale du forage.

(Réf OCP)

**RQD sur une passe :**

$$RQD = \frac{\sum \text{longueur des morceaux} > 10 \text{ cm}}{\text{longueur totale de la passe}} \times 100$$

**RQD sur un sondage :**

$$RQD = \frac{\sum \text{longueur des morceaux} > 10 \text{ cm}}{\text{longueur totale du sondage}} \times 100$$

Plus le RQD est faible plus le déroulement de l'extraction est mauvais et vice versa.

### **C- Quelques règles :**

Pendant la réalisation de la coupe ; il faut respecter des règles précises

- Les profondeurs des passes indiquées sur la coupe du sondage doivent être marquées sur les caisses.
- Matérialisation sur les caisses des endroits à perte.
- Veiller à la conservation de l'emplacement des taquets.

### **3-Echantillonnage:**

L'échantillonnage des niveaux phosphatés est considéré comme une étape primordiale et indispensable pour déterminer les qualités sources et marchande du phosphate. C'est une méthode qui consiste à prélever une portion représentative de la couche phosphatée à étudier.

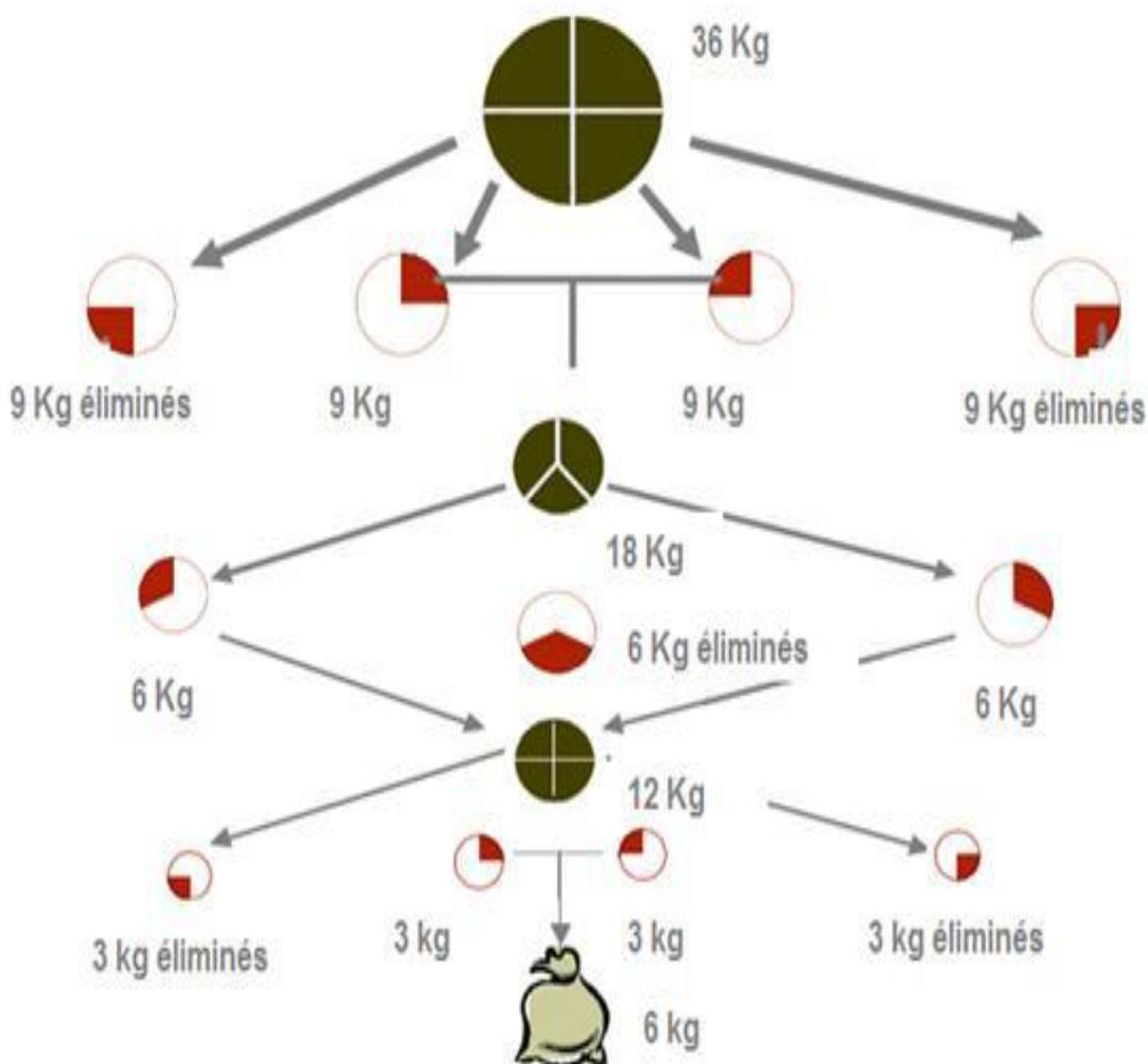
Le but est d'apporter une précision complète pour la qualité afin de déterminer certaines caractéristiques significatives qui donne une vision générale :

- La composition chimique : la teneur en BPL, MgO, SiO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, et Cd. ...
- Le pourcentage en eau.
- L'analyse granulométrique.

-La composition minéralogique (apatite, calcite, dolomite...).

**Technique de quartage :**

C'est l'opération qui consiste à réduire l'échantillon global en un échantillon réduit. La masse d'échantillon récupérée sur le terrain est souvent bien supérieure à ce dont le laboratoire a besoin pour réaliser les analyses. Il est alors nécessaire de sous échantillonner, Selon la méthode du quartage : les prises élémentaires sont regroupées, mélangées puis divisées en 4 parties. Deux quarts opposés sont éliminés, les 2 quarts restant sont mélangés de nouveau. Ce processus est répété jusqu'à l'obtention de la quantité de matière appropriée à 1kg, cette dernière on l'a transmet au laboratoire et le reste comme témoins.



**Figure9 : Technique du quartage (USGS.org)**

## 4-Diagraphie gamma ray naturel

Dans la diagraphie Gamma-Ray on enregistre la radioactivité Y naturelle globale due à trois éléments radioactifs principaux ( $^{40}\text{K}$ ,  $^{232}\text{Th}$  et  $^{238}\text{U}$ ), ou à leurs descendants.

La mesure du rayonnement S'y fait par un compteur Geiger.

La réponse de l'outil de mesure est en fonction de la concentration en poids du minéral radioactif dans la formation, et de la densité de cette formation.

L'objectif du travail consiste à l'inspection du forage par diagraphe pour tester si la partie tricônée contient des niveaux à anomalies qu'il faut refaire par carottage et pour guider les travaux d'échantillonnage du sondage (se concentrer sur les zones à anomalies).

### 4.1- Équipement utilisé :

L'enregistrement a été réalisé avec l'équipement suivant :

#### **Un cabestan Geovist avec:**

- Un capteur automatique de profondeur.
- Un capteur automatique de la tension de câble.
- Le contrôle variable de vitesse et de direction.
- Le commandement de contrôle à distance.
- Les dimensions : 750 mm x 795 mm x 540 mm.
- Poids : 185 Kg. - Le Câble : 300 Kg



**Figure10:** Un cabestan Geovist

4.2- Mode d'exécution :

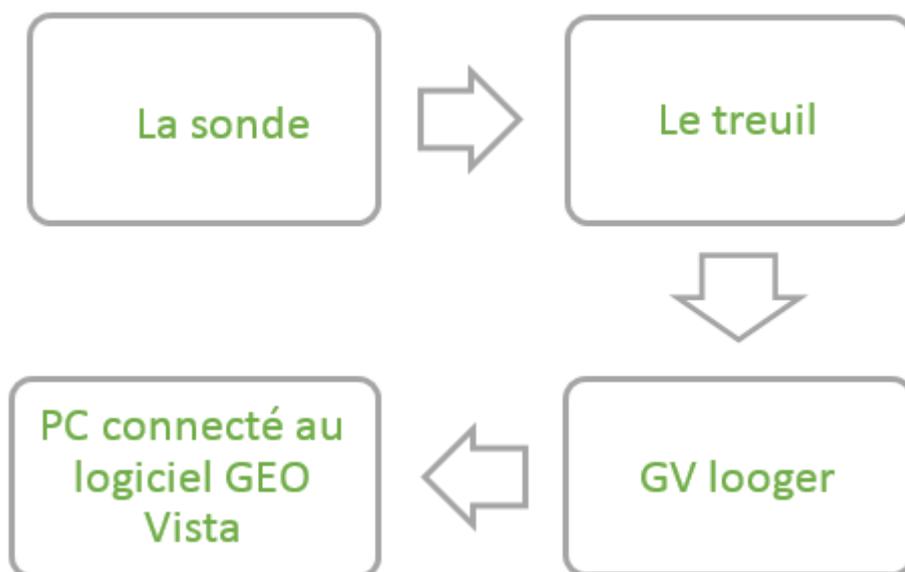
Réalisation d'enregistrements diagraphiques du gamma naturel :

**Sonde Gamma naturel (NGRS):**

- Poids : 3.5 Kg.
- Longueur : 0.70 m.
- Diamètre : 38 mm
- Détecteur : Naï
- Les dimensionnés du détecteur : 50 x 25 mm
- Pression maximale : 20 MPA.
- Température maximale : 80 ° C.



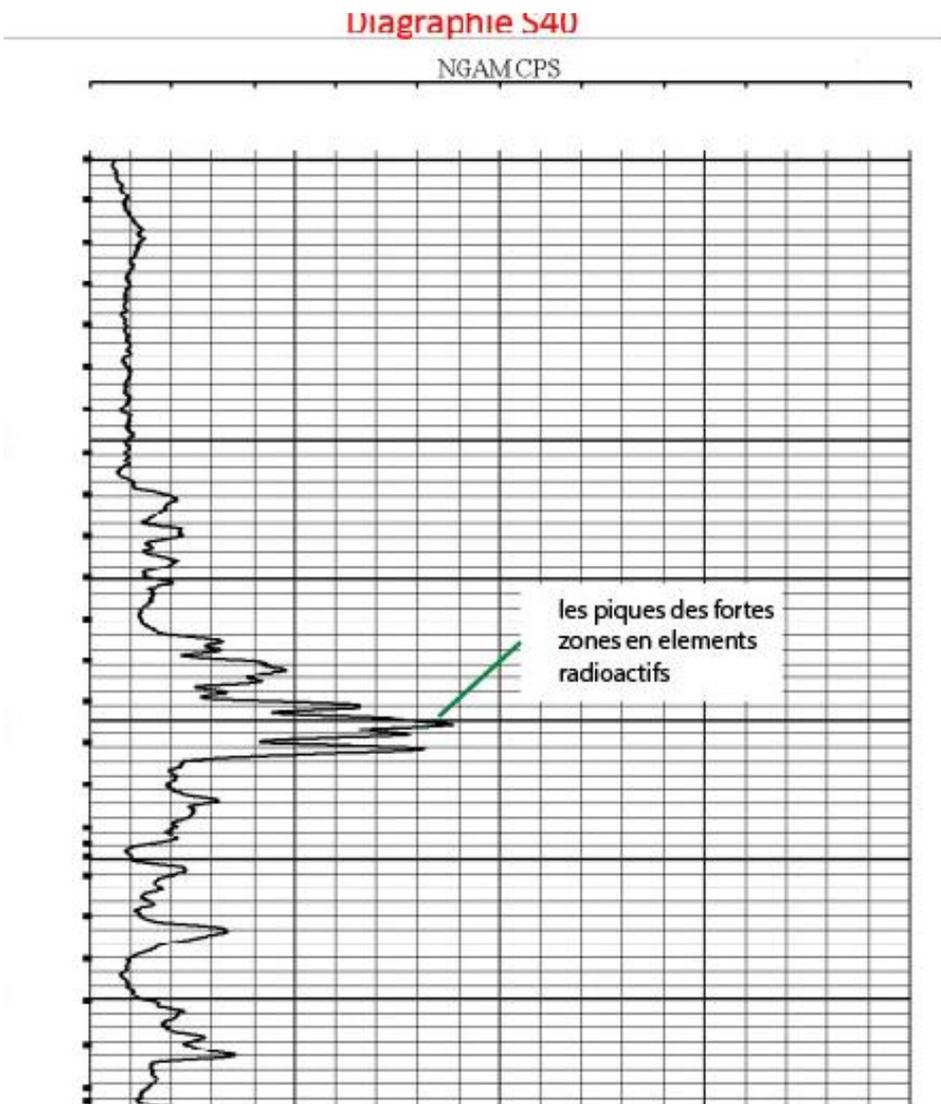
**Figure11:**  
*l'installat  
ion de la  
sonde*



**Figure 12** : réalisation de la diagraphe gamma –ray du S40

**Les unités de travail :**

- La vitesse MPM (m par min) ;
- Le poids en Kg ;
- La profondeur en m ;
- La maille est de 1 cm (avec laquelle avance la sonde dans le sondage).



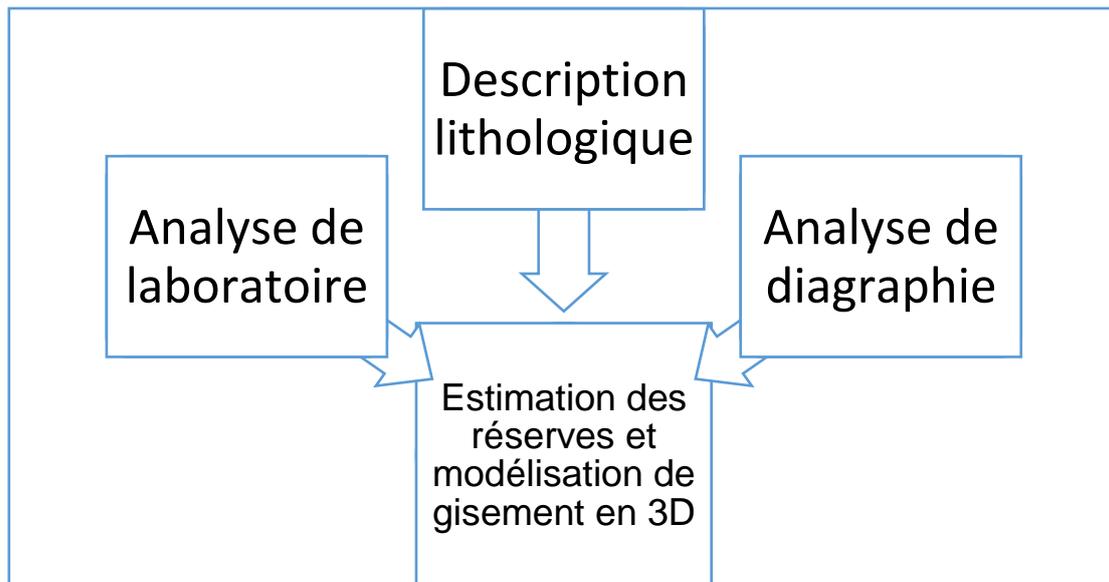
**Exemple de résultat de la diagraphie :**

*Figure13: profil de la diagraphie du S40*

Le résultat de la diagraphie gamma ray naturel est présenté sous forme d'une courbe donnant le nombre de coup par seconde. La formule de mesure est comme suit :

$$\text{Réponse Gamma} = \frac{\text{densité du minéral radioactif} \times \text{Volume du minéral}}{\text{densité de la formation}} \times \text{coefficient proportionnel}$$

On constate que les mesures commencent par des faibles variations en passant d'un cm à un autre, jusqu'à la profondeur 39m où on observe une variation sous forme de pic, ce qui signifie une anomalie (présence possible du phosphate), et cette anomalie reste jusqu'à la profondeur 44 m. Après l'observation de la coupe lithologique du sondage, S40 on constate la présence de sable phosphaté dans la zone correspondante à l'anomalie révélée par la diagraphie.



### **PARTIE 3 : ELABORATION D'UNE COUPE LITHOLOGIQUE D'UN SONDAGE MECANIQUE**

Pour estimer et cerner l'évolution de la série phosphatée de la zone du BAHIRA occidentale afin de l'exploiter par suite, le prospecteur effectue une étude sédimentologique et lithostratigraphique de cette zone, mais nous comme des stagiaires nous avons justement élaborer un profil de corrélation entre le sondage 12 et ceux à sa proximité 11 et 13.

# 1-Coupe lithologique de sondage 12 :

## 1.1-Méthodologieetmatériel utilisé :

L'élaboration d'une coupe a pour objectif de guider l'exploitation pour toute information géologique sur les travaux en cours.

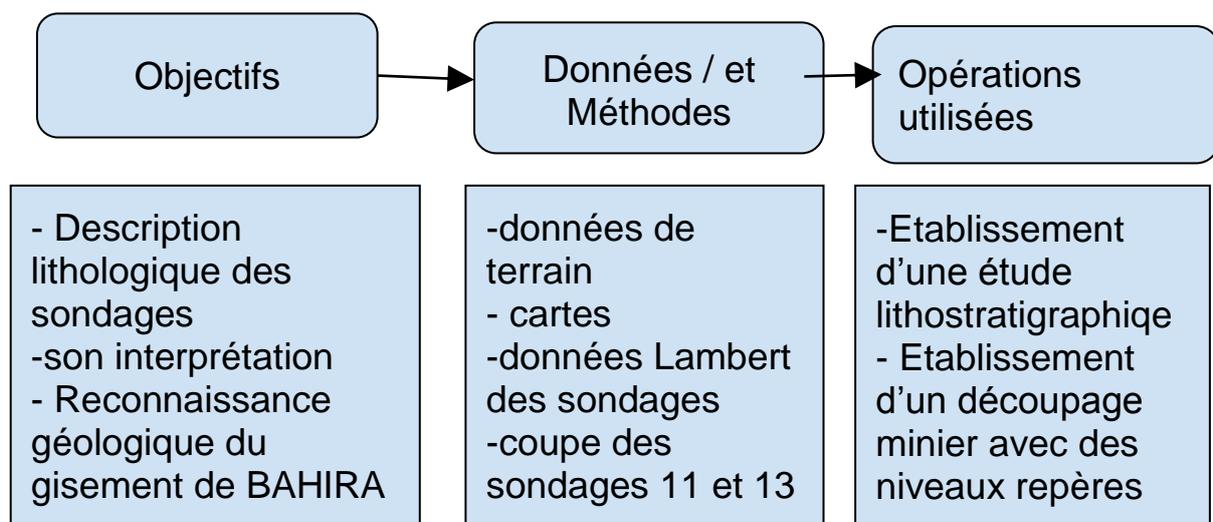
- A l'aide du logiciel d'AUTOCAD on trace les couches de la coupe.
- On les surmonte par les mesures de leur profondeur.
- On trace les figurées correspondantes de chaque lithologie.
- On remet une description lithologique et un découpage minier correspondant.

**AUTOCAD:** c'est un logiciel de dessin assisté par ordinateur, créé en 1982 par Autodesk.

Il est utilisé par nombreux corps de métiers. C'est un logiciel de dessin technique pluridisciplinaire :

- Industrie
- Cartographie et Topographie
- Électronique
- Architecture
- Mécanique

La figure ci-dessous représente les principales méthodes et les données utilisées dans ce stage :



## **1.2- Coupe de sondage S12**

- La coupe du sondage 12 :

Notre coupe s'étend du thanétien jusqu'au lutétien, elle est inachevée, elle se prolonge normalement jusqu'au le maestréchtien mais puisque nous avons affrontés par l'arrêt de la machine sondeuse et la période longue pour qu'elle soit réparée cela ralentie l'avancement de l'extraction de carotte (**Voir l'annexe**).

### **Commentaire :**

**Le lutétien :** s'étend jusqu'au une profondeur de 36m. Il est formé par des alluvions rouges, calcaire siliceux, des complexes de sable et de silt. Mais généralement cet étage est marqué par la présence des marnes siliceuses, compactes et argileuses et des sables fins et grossiers, avec des intercalations de brèches de calcaire, morceaux d'argile et des argiles marneuses et brèches de silex. Le toit est appelé une dalle à thersités.

**L'yprésien :** marqué par la couche de 11m et des argiles yprésiens. Avant la couche de 11m, il y'a la présence des argiles plastiques, des marnes compactes, siliceuses, coquillers, argileuses et silteuses, des argiles, avec des brèches de silex et. La couche de 11m se compose par des sables phosphatés à débris organique, des phosphates fin sableux, des marnes compactes, siliceuses et sableuses, des argiles avec des intercalations de calcaire, de cristaux de calcite (géodes) et de silex .enfin la présence des argiles yprésiens avec des concrétions de calcite intercalés avec des marnes sableuses et des sables argileuses.

**Thanétien :** il est découpé en trois sous faisceaux (A1, A2 et A3) formés par des phosphates sableux à débris organique, tenant compte qu'A2 est le plus exploitable. Un niveau AB formé par le phosphate oolithique à débris organiques avec des intercalations de calcaire siliceux phosphatés et des argiles compactes, marneux plus ou moins phosphatés et des marnes sableuses plus ou moins phosphatés et du sable phosphaté avec des géodes de calcite et brèches de silex.

## **2- Profil de corrélation entre les sondages S12 et S13 et S11 :**

- Le profil de corrélation :

### **Commentaire :**

- La dalle de sondage 12 n'a pas interceptée celle du sondage 13. C'est probablement qu'elle a été subit une érosion puisqu'elle protège la série phosphatée.
- Amincissement de l'étage yprésien allant du l'ouest vers l'est

-Le danien et le maastrichtien n'ont pas reliés entre eux parce que la coupe de sondage 12 est inachevée vue les problèmes dont on a signalé auparavant (**Voir annexe 2**).

## **Conclusion et perspective :**

En effet, ce stage nous a permis de mettre en pratique les connaissances théoriques que nous avons acquises au cours de notre formation :

- La réception d'analyse des échantillons prélevés est d'une grande importance pour améliorer d'avantage le découpage minier adopté lors de cette étude.
- Une étude géophysique semble indispensable pour déterminer avec précision la limite entre le socle (paléozoïque) et la couverture sédimentaire (série phosphatée).
- Une étude de stratigraphie séquentielle est utile pour mettre en évidence les modes d'empilement des couches. Ainsi, que la détermination des environnements de dépôt et les caractères dynamiques de la zone d'étude.

Le stage d'application est une étape importante dans notre cursus d'étude.

- Il offre la possibilité de mettre en application toutes les connaissances acquises et d'évaluer les compétences professionnelles.
- Le but de notre stage consiste à identifier la série phosphatée de sondage 12 et d'élaborer un profil de corrélation entre ce sondage étudiée 12 et ceux à sa proximité 11 et 13.

Au cours de stage nous avons familiarisé avec le domaine de travail de géologue, nous avons pu participer aux travaux géologiques au chantier et au bureau on les synthétise comme la suite :

- **Travaux de terrain :**

- Suivi de la foration à tricône et au carottage.
- Coupe et description, lithologique d'un sondage.
- Assistance à l'échantillonnage d'un sondage.

- **Travaux de bureau :**

- Dessin des coupes lithologiques de quelques sondages à l'aide de logiciel.

-Elaboration d'un profil de corrélation entre trois sondages.

## **Annexes**

1. La coupe lithostratigraphique de sondage S12 (Niveaux miniers).
2. Profil de corrélation.

## Référence Bibliographique

- *Des anciens rapports de stage de l'OCP*
- *www.ocpgroup.ma*
- <https://fr.wikipedia.org/wiki/Phosphate>
- Kasakov, A.V. Faciès à phosphate de chaux et genèse des phosphates de chaux sédimentaires. Trav. Inst. Rech. Engrais et inscto-fongicides, fasc. 142, pp. 100-119. (1937).

USGS.or