

- ❖ OCP : Office Chérifien des Phosphates
- ❖ MEA : Merah El Ahrach
- ❖ BPL : Bone Phosphate Lime
- ❖ TN : Terrain Naturel
- ❖ SB : Sillon B
- ❖ SA : Sillon A
- ❖ C_I : Couche I
- ❖ C_{II} : Couche II
- ❖ C_{III} : Couche III
- ❖ C_{IIIG} : Couche II Globale
- ❖ C_{IIIIG} : Couche III Globale
- ❖ C₀ : Couche 0
- ❖ DN : Dalle à nodule
- ❖ C_{0'} : Couche 0'
- ❖ EZCS : Extension Zone Centrale Sud
- ❖ EZCN : Extension Zone Centrale Nord
- ❖ ZCN : Zone Centrale Nord

SOMMAIRE

Avant-propos.....	1
Chapitre 1 : Présentation du groupe OCP.....	2
I- Introduction.....	2
II- Historique du groupe OCP.....	3
III- Activités du groupe.....	4
IV- Organigramme du groupe OCP.....	5
V- Mission assurée par le groupe.....	5
1- Extraction.....	6
2- Traitement.....	6
3- Transport.....	6
4- Vente.....	6
Chapitre 2 : Généralités sur le phosphate et les bassins phosphatés au Maroc.....	7
I- Les phosphates	7
1- Définition.....	7
2- Caractères physico-chimiques.....	7
3- Caractères minéralogiques.....	7
4- Teneur du phosphate.....	8
5- L'intérêt du phosphate.....	8
6- Mode de gisement du phosphate (phosphatogenèse).....	9
II- Les bassin phosphatés du Maroc.....	10
1- Le Gisement d'Oulad Abdoun.....	10
A- Cadre Géographique.....	10
B- Cadres géologiques.....	11
- Contexte régional.....	11
- Contexte stratigraphique.....	11
- Contexte tectonique.....	11
C- Coupes lithologiques d'oulad abdoun.....	12
2- Le secteur de Merah El Ahrech (MEA).....	13
A- Généralités.....	13
B- Situation géographique.....	13
C- Cadre géologique.....	13
D- Découpage de la série phosphate.....	14

-	Découpage chrono-stratigraphique.....	14
-	Découpage minier.....	15
-	Découpage sequential.....	18
-	Les coupes lithologiques moyennes par zone MEA.....	19
E-	Les méthodes d'exploitation.....	20
-	La méthode globale.....	20
-	La méthode selective.....	21
F-	La chaîne cinématique.....	21
-	Aménagement.....	21
-	Foration.....	21
-	Sautage.....	24
-	Décapage.....	25
-	Défruitage.....	28
-	Transport.....	28
-	L'épierrage et mise en stock.....	29
Chapitre 3 : Optimisation de la récupération de phosphate.....		31
I-	Introduction.....	31
II-	Les types et les causes des pertes en phosphate.....	31
1-	Perte pendant la foration.....	31
2-	Pertes pendant le décapage.....	32
3-	Pertes pendant le défruitage.....	36
4-	Stockage du phosphate sur terrain naturel.....	38
III-	Le rôle de géologue dans la récupération totale de phosphate.....	38
1-	Foration.....	38
2-	Sautage.....	38
3-	Décapage.....	38
4-	Défruitage.....	38
5-	Mise en stock.....	39
IV-	Proposition d'un plan d'action	39
V-	Evaluation économique des actions engagées dans cette étude.....	44
VI-	Conclusion.....	48
Annexe		
Listes des tableaux		
Listes des figures		
Listes des photos		

AVANT-PROPOS

Ce stage de fin d'études s'inscrit dans l'optique d'appliquer les connaissances fondamentales et théoriques acquise lors de trois années d'étude de Licence. Il a également pour but d'acquérir une expérience professionnelle, d'autant plus qu'il est réalisé dans d'une grande entreprise telle que l'OCP. Ce stage nous a permis d'améliorer nos connaissances pratiques et également d'affronter le domaine du travail.

Plus largement ce stage a été aussi pour nous l'opportunité de faire des visites quotidiennes des différentes zones d'exploitation minière, C'était encore pour nous un possibilité d'observer aussi bien les différentes phases de l'extraction du phosphate que le rôle des prospecteurs dans chacune de celles-ci, dans le but de présenter des plans d'action et des améliorations pour optimiser la récupération de phosphate.

La conservation de la quantité de phosphate et leur récupération c'est le but recherché pour optimiser le coût de revient d'extraction et le ratio de production de la mine.

<< Chapitre 1 : Présentation du Groupe OCP >>

I- Introduction :

Le Maroc recèle 75% des réserves mondiales de phosphates qui se trouvent principalement dans 4 gisements :

- ❖ Gisement des **ouled Abdoun** (khouribga) ~ 44 milliard de m³.
- ❖ Gisement des **Gantour** (Youssoufia-Bengurir) ~ 36 milliard de m³.
- ❖ Gisement de **Meskala** (zone d'Essaouira) ~ 19 milliard de m³.
- ❖ Gisement de **d'Oued Eddahab** (Boucraa) ~ 7 milliard de m³ (rapport inédit de l'OCP).

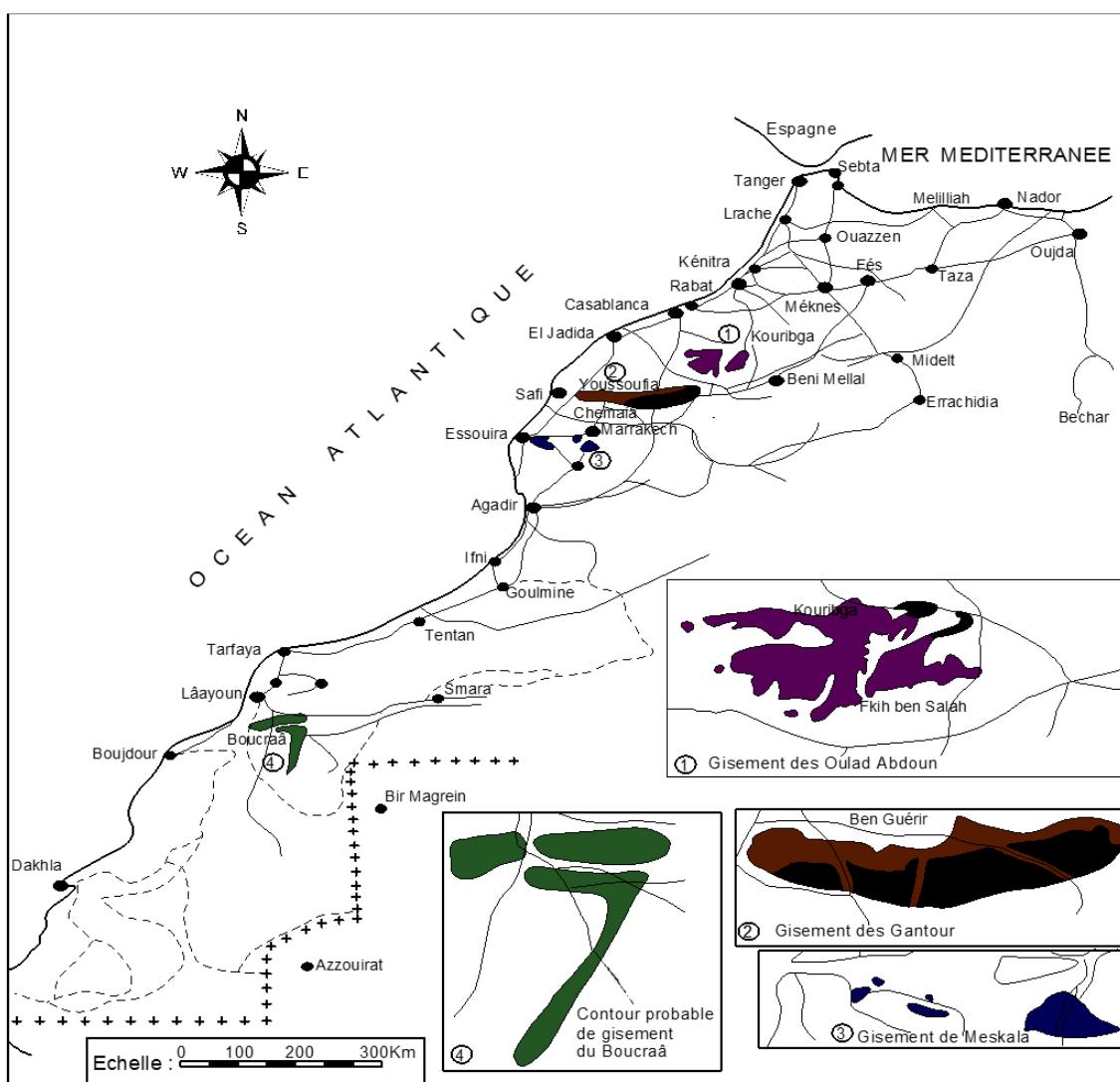


Figure 1 : Répartition géographique des principaux gisements phosphatés marocains (d'après le groupe OCP, rapport inédit)

L'exploitation de ces gisements de phosphate est gérée par le Groupe OCP.

Ainsi avec ses réserves, Le **groupe OCP S.A** offre une large sélection de roche de phosphates de différentes qualités, destinée à divers usages. OCP est le premier exportateur de roche de phosphates et acide phosphorique dans le monde, et un des principaux exportateurs d'engrais phosphatés, avec un portefeuille composé de 130 clients et une présence sur les cinq continents.

En tant que première entreprise du Maroc avec un chiffre d'affaires de 43,513 milliards MAD, le **groupe OCP S.A** est l'un des moteurs clé de l'économie du pays. Les phosphates et ses dérivés représentent en 2010, en valeur, approximativement 3,5% du PIB. La valeur des exportations d'**OCP S.A** sont de près de 35,63 milliards MAD en 2010 soit 24% du total des exportations nationales. **OCP S.A** emploie directement près de 20000 salariés.

Le **groupe OCP S.A** a développé des relations durables avec plusieurs de ses clients qui vont au-delà de stricts arrangements commerciaux. Le groupe a, au fil des ans, mis en place plusieurs joint-ventures de transformation avec des usines au Maroc et à l'étranger avec des partenaires de premier plan venant du Brésil, de Belgique, d'Allemagne, d'Inde et du Pakistan.

OCP S.A prévoit d'augmenter sa capacité de production de 30 à 50 millions de tonnes, ainsi que d'augmenter sa production d'engrais en aval à travers des partenariats stratégiques, spécialement à Jorf Phosphate Hub (JPH) où des infrastructures sont en train d'être développées pour accueillir 10 unités supplémentaires. Cette plateforme plug and Play offrira des infrastructures communes à bas coût, et sera connectée par un slurry pipeline au plus grand gisement de phosphates au monde situé à Khouribga, ce qui assurera un approvisionnement sécurisé. Le Groupe OCP S.A constitué un vecteur de développement régional et national important.

II- Historique du Groupe OCP :

Plus de 90 années se sont écoulées depuis la création de l'OCP, années jalonnées par des réalisations et des développements :

Année	Événement
7 Août 1920	Création de l'office chérifien de phosphate.
1921	Début d'exploitation dans la région d'OUED ZEM.
23 juillet 1921	Première exportation de phosphate
1930	Ouverture d'un nouveau centre de production de phosphate : Youssoufia
1950-1952	Mise en œuvre de la méthode d'extraction en découverte à Khouribga.
1958	Création d'un centre de formation professionnelle à Khouribga, en renforçant des efforts menés, depuis des décennies sur ce plan ; puis, création par la suite d'autre unités de formation : école de maîtrise de Boujniba
1960-1965	Développement de la mécanisation du souterrain à Youssoufia.

	Démarrage de Maroc chimie à Safi.
1970-1975	Création du groupe OCP, structure organisationnelle Intégrant l'OCP et ces entreprises filiales
1980	Partenariat industriel en Belgique
1986	Démarrage du site de Jorflasfar avec Maroc phosphore III –IV.
1990	Exploration des nouveaux projets de partenariat industriels et de renforcement de capacités.
2000	Démarrage unité de flottation de phosphate à khouribga.
2002	Prise de participation dans la société indienne PPL en joint-venture avec le Groupe Birla.
2003	L'OCP est devenu le seul actionnaire de Phousboucraâ.
2004	Création de la Société "Pakistan Maroc Phosphore" S.A en Joint-venture entre l'OCP et FaujiFertilizer Bin Qasim Limited (Pakistan).
2008	Transformation du groupe OCP en SA (société anonyme).
le 18 mars 2009	Démarrage de l'exploitation de Bunge Maroc Phosphore (BMP).
juin 2010	Mise en service de la laverie de merah lahrach au niveau de la commune M'fassis.
Décembre 2010	Lancement du projet slurry pipeline reliant khouribga à jarflasfar s'étendra sur une longueur totale de 235 Km et transportera 38 Mt/an.
2012	Ouverture de la mine d'Al-hallassa l'une des trois nouvelles mines sur le site de khouribga s'étalant sur une surface de 1976 hectares d'une capacité de production 6,7 Mt/an

Tableau 1 : principaux événements du groupe OCP (inédit à O.C.P).

Les besoins mondiaux en phosphate ont fait de l'OCP une entreprise qui, jusqu'à nos jours, n'a cessé de croître et de se maintenir face à la concurrence des autres pays producteurs des phosphates et ses dérivés. L'OCP se modernise, se développe continuellement et s'affirme comme leader du marché mondial des phosphates. Ce Groupe est géré par plusieurs directions présidées par une direction générale dont le siège social est à CASABLANCA.

III- Activités du Groupe :

Le Groupe OCP est spécialisé dans l'extraction, la valorisation et la commercialisation du phosphate et de ses produits dérivés. Chaque année, plus de 23 millions de tonnes de minerais sont extraites du sous-sol marocain qui recèle les trois-quarts des réserves mondiales.

Le Groupe OCP détient quatre zones stratégiques riches en phosphate : KHOURIBGA, BENGUERIR, CHICHAOUA et BOUCRAA. Leur proximité de l'Océan Atlantique facilite l'exportation vers une quarantaine de pays à travers le monde.

Selon les cas, le minéral subit une ou plusieurs opérations de traitement (criblage, séchage, calcination, flottation, enrichissement à etc.). Une fois traité, il est exporté tel quel, ou bien livré aux

industries chimiques du Groupe, à JORF LASFAR ou à SAFI, pour qu'il soit transformé en produits dérivés commercialisables : Acide phosphorique de base, acide phosphorique purifié, engrais solides.

VI- Organigramme du Groupe OCP :

Le groupe OCP est géré par plusieurs directions coiffées par une direction générale dont le siège social est à Casablanca.

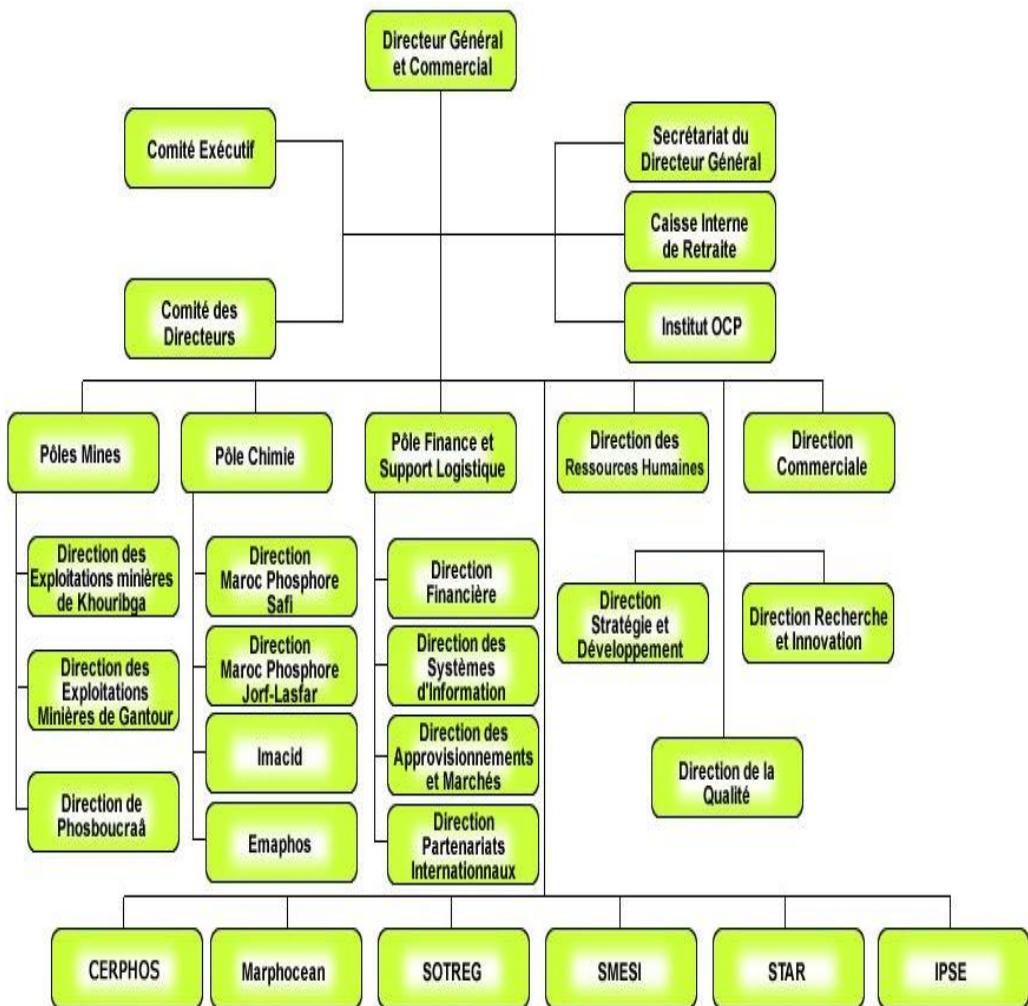


Figure 2 : Organigramme du Groupe OCP.sa (inédit à O.C.P).

V- Mission assurée par le groupe :

L'OCP.sa occupe une place importante tant à l'échelle nationale qu'à l'échelle internationale. Le Maroc est le troisième producteur et le premier exportateur du phosphate dans le monde. L'OCP.sa se charge de plusieurs fonctions à sa corrélation le traitement, le transport et la vente.

1- Extraction :

Il s'agit ici d'extraire le phosphate brut de différentes zones minières, soit en découverte (ciel ouvert) soit en souterrain. Elle consiste à enlever le phosphate de la terre, et se divise en quatre opérations : la foration, le sautage, le décapage et le défruitage.

2- Traitement :

C'est une opération qui doit s'effectuer après l'extraction pour que le phosphate devienne plus riche et qu'il soit donc plus sollicité pour sa qualité.

3- Transport :

Une fois le phosphate extrait puis traité, il est transporté vers les ports (Casablanca, Safi, ou Jadida) pour son exportation vers l'étranger.

4- Vente :

On peut distinguer 2 types de ventes :

- ❖ Livraison du phosphate naturel (ROC) ;
- ❖ Vente sous forme d'acides phosphoriques ou engrais à la suite d'une valorisation d'une partie de la production dans les usines chimiques de Safi ou de Jorf lasfar.

D'autre part, l'OCP n'a cessé de développer ses compétences dans divers domaines tels que;

- ❖ L'étude des gisements miniers ;
- ❖ La mécanisation de l'extraction à ciel couvert ;
- ❖ La mise au point et la diversité des méthodes de traitement ;
- ❖ La formation et le perfectionnement du personnel (15000 agents par an) ;
- ❖ La protection de l'environnement.

<< Chapitre 2 : Généralités sur les phosphates et les bassins phosphates du Maroc >>

I- Les phosphates :

1- Définition :

Le phosphate est un minéral qui contient du phosphore, et caractérisé par le radical (PO_4^{3-}) bien que toxique à l'état pur, le phosphore est l'un des éléments indispensables à la vie. On le retrouve donc souvent combiné à d'autres produits, notamment pour former les phosphates, ou dissout dans l'eau.

En distinguons 3 catégories de phosphates :

- ❖ **Phosphates magmatiques** : l'apatite est disséminée dans les roches intrusives alcalines riche en (TR, U, Th...), Ce type présent 18.2 % de la production mondiale des phosphates.
- ❖ **Phosphates du Guanos** : résultat de l'interaction entre déjections d'oiseaux de mer (4 % en P_2O_5) et la roche calcaire pour former les phosphates calcique $\text{Ca}(\text{PO}_4)_2$. C'est le meilleur phosphate car il ne contient pas de fluor, (1.8% de la production mondiale).
- ❖ **Phosphates sédimentaires** : associés à des couches ou lentilles d'argile, sable ou carbonates faiblement phosphatées, (80% de la production mondiale). C'est le cas du Maroc.

2- Caractères physico-chimiques :

L'ion phosphate ou ortho-phosphate est un anion poly-atomique de formule chimique brute PO_4^{3-} et de masse moléculaire de **94,97** daltons. Il se présente sous la forme d'un tétraèdre dont les sommets sont formés par les quatre atomes d'oxygène encadrant un atome de phosphore.

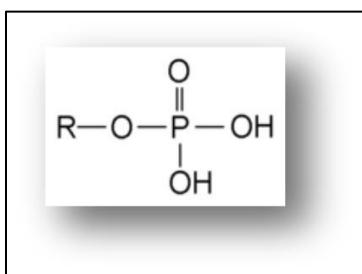


Figure 3 : structure chimique d'une d'atome du phosphate lié à un radical

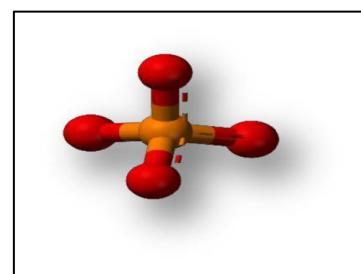


figure 4 : Modèle en 3D d'un ion tétraèdre groupement de phosphate.

3- Caractères minéralogiques :

On ne parle de roche phosphatée (phosphorite) que si sa teneur en P_2O_5 est supérieure à 18%.

Le minéral principal du phosphate est l'apatite de formule chimique **Ca₅(PO₄)₃(OH, F, Cl)**, avec souvent F prédominant (fluorapatite), du système hexagonal.

Il peut y avoir des substitutions sur les trois sites de l'apatite d'où l'enrichissement des phosphates en plusieurs éléments majeurs et traces :

- ❖ (terres rares, U, Th) à la place du site calcique ;
- ❖ (Co₃)₂⁻ : à la place du site phosphorique.
- ❖ substitution du F par : - (OH : hydroxy-apatite) ;
- ❖ (Cl : chloro-apatite).

4- Teneur du phosphate :

Le phosphate est systématiquement analysé dans toute prise d'échantillon de prospection. Ses teneurs sont déterminées en P₂O₅ et sont généralement données en BPL (Bonne Phosphate Of Lime).

$$\text{BPL} = \% \text{ Ca}_3(\text{PO}_4)_2, \text{ avec l'équivalence : } \text{P}_2\text{O}_5 = 2.185 * \text{BPL}.$$

Le phosphate n'est commercialisable que si sa teneur est supérieure à 56 BPL. Le maximum de teneur enregistrée est de 86.66% BPL (donnée par un échantillon dans la Mine de Boucraâ).

Qualités	Teneur en (BPL)
SHT (super haute teneur)	BPL > 75%
THT (très haute teneur)	73 <= BPL < 75 %
HTN (haute teneur normale)	71.5 <= BPL < 73 %
HTM (haute teneur moyenne)	69.5 <= BPL < 71.5 %
MT (moyenne teneur)	68 <= BPL < 69.5 %
BTR (basse teneur riche)	64.5 <= BPL < 68 %
BTM (basse teneur moyenne)	61 <= BPL < 64.5 %
TBT (très basse teneur)	58 <= BPL < 61 %

Tableau 2 : classification des phosphates selon leurs teneurs en BPL

5- L'intérêt du phosphate :

Les phosphates sont utilisés dans de nombreuses industries. Ils entrent dans la composition de nombreux produits, tel que les détergents, les peintures, les engrains et aliments de bétail, ou encore les boissons gazeuses sous forme d'acide phosphorique. Ils sont également utilisés dans les industries de production des plastifiants et des additifs pour carburants et huiles lubrifiantes ainsi que dans le traitement des métaux. Par ailleurs, le phosphore est un élément minéral nutritif essentiel pour les végétaux, présent entre autres dans l'ADN et les molécules énergétiques type ATP. Les *ortho-*

phosphates dissoutes dans l'eau sont utilisables pour la croissance des végétaux, voire même dans le domaine médicale (pharmacie, sérum ...).

6- Mode de gisement du phosphate (phosphatogenèse) :

❖ Théorie biotique :

Elle se limite à l'intervention des organismes qui se fossilisent lorsque les conditions deviennent insupportables.

❖ Théorie Abiotique :

Renvoie la formation des phosphates au lessivage de l'apatite.

❖ Théorie de Kazakov :

Cette théorie apparait plus logique et constate que la teneur en P2O5 de l'eau de mer croît avec la profondeur à partir du bas de la zone d'oxydation ainsi que le pourcentage du gaz carbonique. Si les courants ascendants ramènent les eaux profondes vers la surface en remontant le long du talus continental, le départ du gaz carbonique doit fournir la précipitation des phosphates.

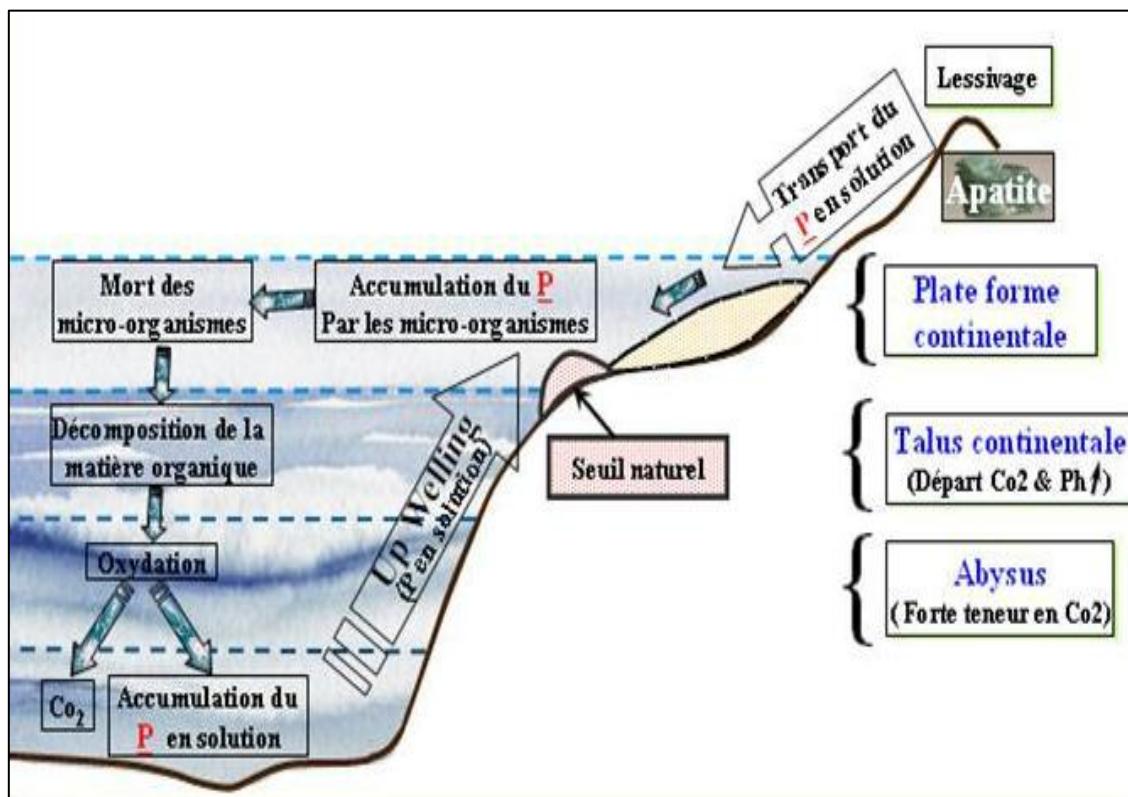


figure 5 : Théorie de Kazakov

D'autres liant surtout la genèse des phosphates à des processus physico-chimiques ou structurales tels que :

Le modèle du bassin fermé en communication restreinte avec la haute mer (Boujo, 1972, Sassi 1974, Lucas et Prevot 1975), Le modèle des zones anticlinales (Keyser et Cook 1972), Le modèle des bassins évaporitique (Hite 1978), Le modèle des pièges (Slansky 1980, Lucas et Prevot 1975).

II- Les Bassins Phosphates de Maroc :

1- Le Gisement d'Ouled Abdoun :

Le bassin des Ouled Abdoun est considéré comme étant le dépôt le plus anciennement connu et exploité des dépôts phosphatés marocains ; également le plus important, aussi bien par son extension que par la haute qualité des phosphates qu'il renferme. L'exploitation a commencé en 1921 par la méthode souterraine.

A. Cadre Géographique :

Géographiquement, Le bassin des Ouled Abdoun se situe à environ 100 Km au Sud-Est de la ville de Casablanca. Au Nord, il est limité par le massif du Maroc central, à l'Ouest par le massif paléozoïque des Rhamna, et enfin par la chaîne du Haut Atlas au Sud et à l'Est. Ce bassin occupe la majeure partie de l'élément structural connu sous le nom de « plateau des phosphates » dont la disposition morphologique dérive vraisemblablement de l'aplanissement infra-Turonien.

Du nord vers le sud du bassin des Ouled Abdoun, la série phosphatée est marquée par une augmentation de la puissance accompagnée d'une diminution des teneurs exprimées en pourcentage de P2O5 ou de son équivalent en Ca3(PO4)2 que l'on désigne par les sigles B.P.L. (bone phosphate of lime) : 1 % P2O5 = 2,185 % B.P.L. En allant vers le Sud, les couches se subdivisent en plusieurs niveaux.

Au sud, ce gisement s'enfonce sous les dépôts récents de la plaine de Beni Amir.

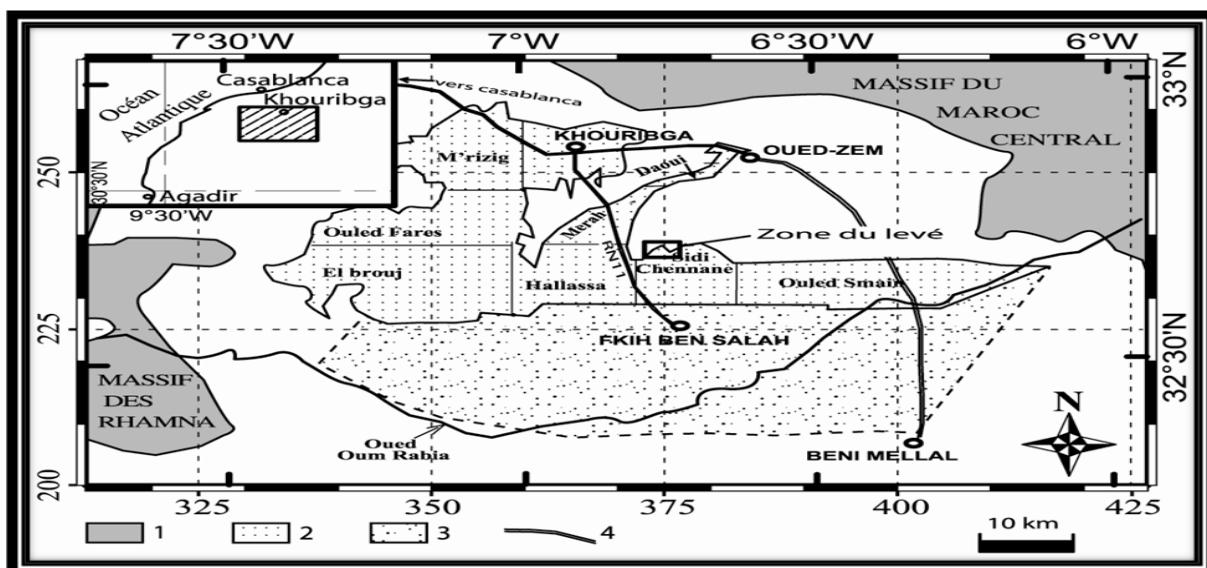


Figure 6 : carte de la situation géographique du gisement ouled abdoun.

B. Cadres géologiques :

- Contexte régional :

Le bassin des Oulad Abdoun appartient au domaine mésétien et occupe la grande partie du plateau des phosphates. Il repose sur un socle paléozoïque généralement formé de schistes et de quartzites. La couverture sédimentaire dans le bassin s'échelonne de l'Infra cénomanien jusqu'au Lutétien et se caractérise par la forte condensation de la série phosphatée (Azmany, 1977)

- Contexte stratigraphique :

D'un point de vue stratigraphique, la série phosphatée présente des changements dans les deux sens vertical et horizontal. Il s'agit d'une variation latérale de faciès et une migration de la phosphatogenèse du NE au SW du bassin. Ainsi, on a une structure sédimentaire sub-tabulaire à faible pendage vers le Sud qui est légèrement incliné de (1%), très riche en fossiles et surtout en vertébrés (Azmany, 1977)

- Contexte tectonique :

Le plateau des phosphates des Oulad Abdoun est rattaché à l'anticlinorium central Oulémas-Khouribga. Sa couverture sédimentaire est affectée par l'orogenèse alpine et la déformation quaternaire. Cette dernière active le jeu des failles hercyniennes affectant le socle. En plus des failles généralement inverses de faible rejet et de fort pendage et des structures plissées, il y a aussi la présence des diaclases favorisant la circulation des eaux météoriques et donc la formation des nappes phréatiques. Ces déformations ne sont pas des accidents majeurs qui déforment la structure tabulaire du bassin, mais ce sont plutôt des déformations de faible vergence, métriques à décamétriques, sous forme d'effondrements, observés dans les tranchés au cours d'exploitation entre Sidi El Maati et Sidi Chennane, rendant très difficile la délimitation des différentes entités lithologiques

Ces perturbations sont formées par de matériel bréchique dont la nature reflète celle la série phosphatée (Azmany 1977)

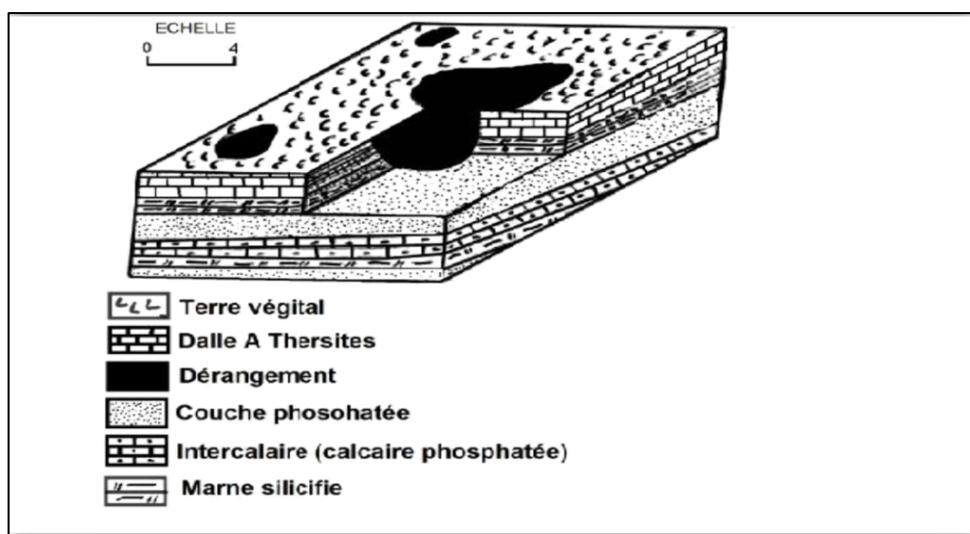


Figure 7 : schéma représentant un dérangement phosphaté à MEA

C- Coupes lithologiques d'oulad abdoun :

Du Nord vers le Sud du bassin des Oulad Abdoun, la série phosphatée est marquée par une augmentation de la puissance accompagnée d'une diminution des teneurs BPL. En allant vers le Sud, les couches se subdivisent en plusieurs niveaux. Autres faits caractérisant le bassin des Oulad Abdoun : Les puissances des couches décroissent et leurs teneurs en phosphate tricalcique augmentent du bas en haut (c3 → sillon B).

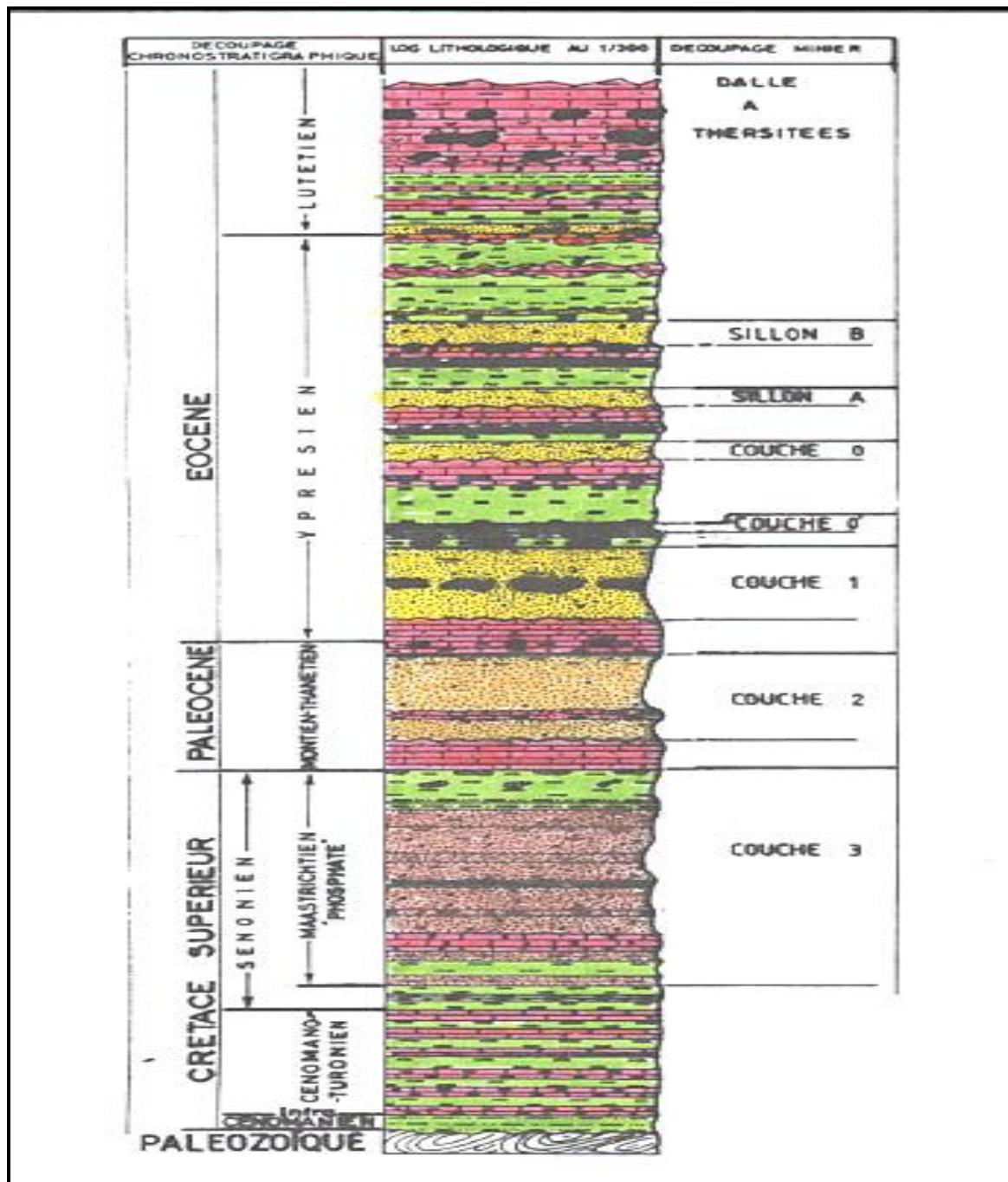


Figure 8 : Coupe synthétique du bassin des Oulad Abdoun.
 (d'après Groupe OCP, rapport inédit)

2- Le secteur de Merah El Ahrech (MEA) :

A- Généralités :

Il est mis en exploitation depuis 1965 et sa capacité de production actuelle est de 8 millions de tonnes par an.

B- Situation géographique :

Le gisement de MEA se localise au sud-est de la ville de Khouribga à une vingtaine de Km et Nord de la ville de FKIH Ben Salah .Il est traversé par la route nationale n° 133.

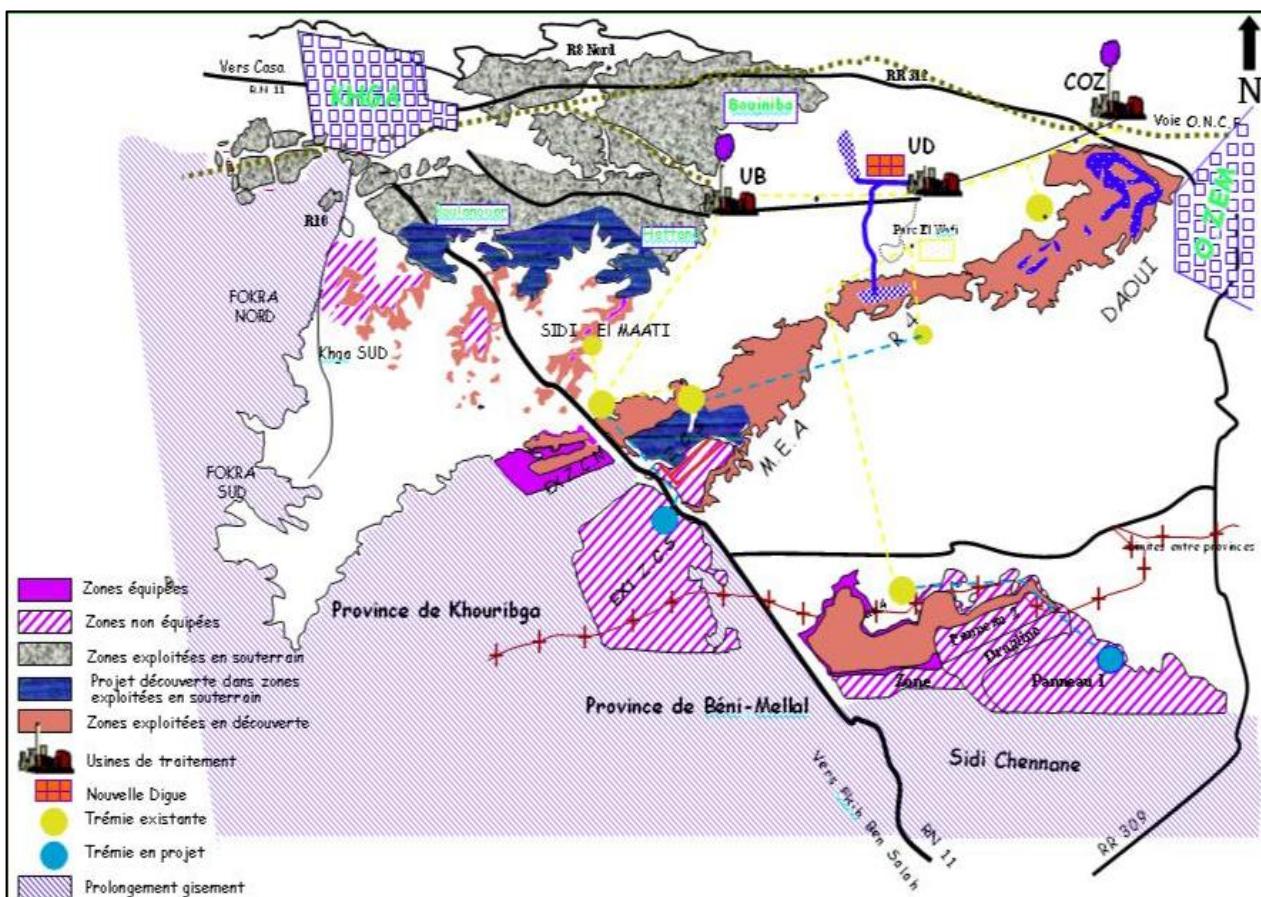


Figure 9: La situation géographique de MEA (inédit à O.C.P).

C- Cadre géologique :

Le phosphate des Ouled Abdoun constitue le terme final d'une couverture sédimentaire s'étalant de l'infracénomanien au Lutécien supérieur.

Le substratum mésétien, qui supporte cette série est formé de terrains paléozoïque plissés et faillés qui affleurent dans le Massif central au Nord et les Rhamna au Sud.

- ❖ Infracénomanien rouge est composé de conglomérats, de grès ou d'argile.
- ❖ Cénomano-turonien est formé essentiellement de marno-calcaire

❖ Sénonien (Maastrichtien exclu) est constitué principalement de marne et de marno-calcaire.

L'absence de fossiles stratigraphiques ne permet pas la distinction du coniacien, du santonien et du campanien, seul le Maastrichtien phosphaté est distingué.

La série phosphaté débute au Maastrichtien par des dépôts phosphatés relativement très marneux et se termine au Lutétien par une dalle calcaire.

D- Découpage de la série phosphaté :

La série phosphatée des Ouled Abdoun a fait l'objet de 3 découpages :

- Découpage chrono-stratigraphique :

C'est le découpage de la série phosphatée qui se base sur la succession des couches (strates) durant les temps géologiques, ce découpage se fait suivant une échelle chrono-stratigraphique divisée en unités chronologiques dont la plus petite est l'étage. La réalisation de ce découpage a été principalement fondée sur la paléontologie animale.

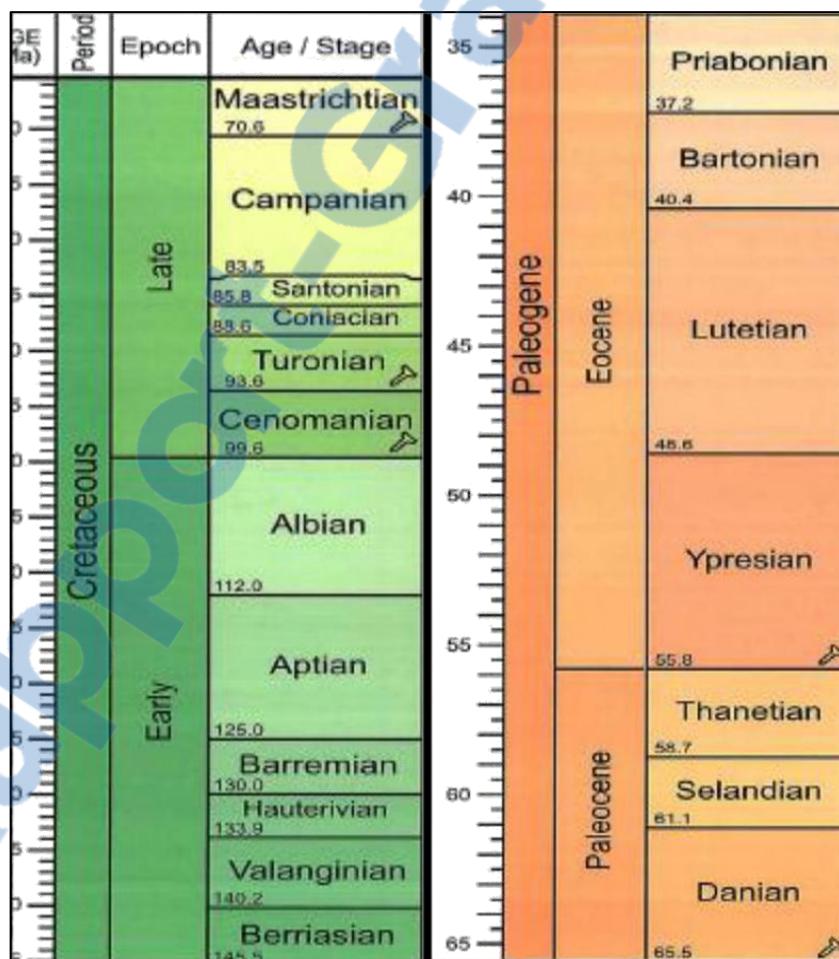


Figure 10 : L'échelle géologique de Crétacé-paléogène. (Résumés sur les étages géologiques, Académie de VERSAILLES)

Sur toute la série phosphatée, nous trouvons de bas en haut :

❖ **Maastrichtien :**

Il est formé d'une alternance de phosphate plus au moins marneux, reposant sur une dalle à de calcaire à bone-bed indiquant le début de la série phosphatée et coiffé par une dalle calcaire.

❖ **Danien :**

Il débute en général par un calcaire phosphaté à débris biogène et se termine par un calcaire à Cardita.

❖ **Thanésien :**

Il est constitué généralement par des phosphates meubles plus au moins marneux à bancs de calcaire phosphaté.

❖ **Yprésien :**

Il débute par un calcaire phosphaté coprolithique et est formé d'une succession de niveaux phosphatés intercalés avec des calcaires coprolithique, des argiles et des silex ou marnes siliceuses.

❖ **Lutétien :**

Il est représenté par un complexe de calcaire phosphaté bioclastique, calcaire marneux et marne. Il se continue par une puissante dalle carbonatée à thersité.

- **Découpage minier :**

Suivant l'appellation en vigueur de l'OCP des niveaux phosphatés, on distingue du bas en haut :

❖ **La couche 3 :**

Elle est subdivisée en 2 parties :

- Couche 3 inférieures: phosphate marneux grossier fossilifère.

Marnes légèrement phosphatés, grise blanchâtre avec un calcaire marneux fossilifère au toit (bone-bed).

- Couche 3 supérieures: phosphate marneux jaunâtre, calciteux consolidé.

- **Le niveau repère qui permet d'identifier cette couche est le calcaire à bone-bed situé au mur de la couche III.**

❖ **L'intercalaire C2/C3 :**

Cet intercalaire est formé de calcaire phosphaté reposant sur des marnes calciteuses grumileuses, et calcareuse jaunâtre au toit.

❖ **la couche 2 :**

La couche 2 est subdivisée en :

- Couche 2A : formée par un phosphate meuble marneux à consolidé au toit.

- Calcaire à cardita : formé par de calcaire phosphaté.
- Couche 2B : formée d'un phosphate grossier meuble.

- **Niveau repère : calcaire phosphaté coprolithique et des interlits de calcaire à cardita.**

- ❖ **L'intercalaire C1/C2 :**

Cet intercalaire est formé de calcaire phosphaté coprolithique au sommet marneux à la base, avec des phosphates sous forme des poches et éventuellement des rognons de silex au milieu.

- ❖ **la couche 1 :**

Elle est subdivisée en :

- Couche 1 inférieure : phosphate coprolithique meuble à grains grossiers à moyen, beige et rarement calcifié avec une ou deux lignes de blocs de silex.
- Couche 1 médiane : formée de phosphate fin marneux plus au moins calcifié grisâtre.
- Couche 1 supérieure : formée d'un phosphate fin marneux parfois calcifié au milieu, limitée en haut et en bas par deux rangées de rognons de silex.

- **Niveau repère : une dalle de calcaire à nodules de silex.**

- ❖ **L'intercalaire C0'/C1 :**

Il est formé par un calcaire marneux, et plastique à nodule de silex.

- ❖ **La couche 0' :**

Elle est formée par un phosphate plus au moins marneux, renferment des silex en néoformation vers le toit.

- **Niveau repère : la présence de silex de type mélinites au sien des marnes plastiques.**

- ❖ **L'intercalaire C0/C0' :**

Formé de deux parties de nature lithologique différente :

- La partie inférieure : formé de marnes plus au moins siliceuses avec des silex de type (ménilites) vers le toit,
- La partie supérieure : formée de calcaire phosphaté marneux.

- ❖ **La couche 0 :**

Elle est formée par un phosphate marneux calcifié

- **Niveau repère : l'alternance des marnes verdâtres, blanchâtres, rougeâtres, et des niveaux de silex (sandwiche).**

- ❖ **L'intercalaire A/CO :**

Constitué de bas en haut par :

Une alternance de marne tendre à compacte, siliceuse par place, calcaire en toit, et de un à plusieurs bancs de silex continus.

Un calcaire phosphaté coprolithique à gros silex phosphatés, à la base.

❖ **Le sillon A :**

Formé d'un niveau de phosphate à coprolithe meuble à la base, passant à un phosphate marneux à calcifié vers le toit. Il est souvent divisé vers son centre par une passée de marne légèrement phosphatée.

- **Niveau repère : ce sillon est marqué par des marnes tendres, suivi par des calcaires phosphatés coprolithique.**

❖ **L'intercalaire B/A :**

Constitué de bas vers le haut par :

Des marnes tendres calcaireuse ou siliceuse par endroit.

Un calcaire phosphaté coprolithique à silex phosphaté.

❖ **Le sillon B :**

Le sillon B est constitué de phosphate coprolithique gris clair meuble à grains moyens à grossier.

- **Niveau repère : le sillon B est surmonté par une alternance des niveaux hétérogènes des marnes tendres et des calcaires à thérésites.**

❖ **Le recouvrement toit SB :**

Constitué de bas en haut par :

Alternance des marnes, des marnes siliceuses, de calcaire marneux et des sillons supérieurs phosphatés.

Calcaire marneux à silex qui constitue la dalle intermédiaire.

Alternance des marnes, des marnes siliceuses, de calcaire marneux.

Une puissante dalle de calcaire coquillé « dalle à Thérésite »

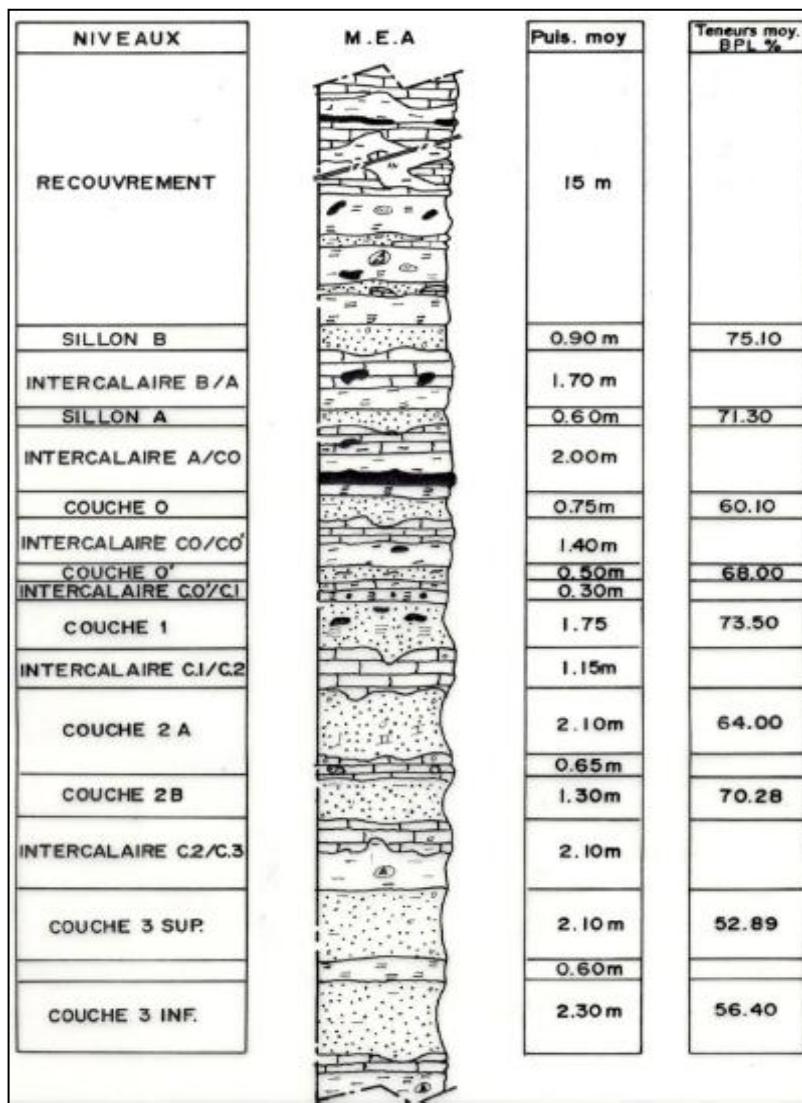


Figure 11 : Log stratigraphique synthétique de la série phosphatée de MEA (d'après Groupe OCP, rapport inédit)

- **Découpage séquentiel :**

C'est un découpage géologique qui se base sur les critères de la granulométrie en allant de plus grossiers vers le plus fin de bas vers le haut, en générale c'est une séquence transgressive.

La mégaséquence correspond à une évolution séquentielle majeure marquant une phase de régression (mégaséquence régressive) ou de transgression (mégaséquence transgressive).

Mégaséquence	A	B	C	D
Etage	Maastrichtien	Paléocène	Yprésien	Lutétien
Caractéristique	Concentration importante de débris biogène	Pauvre en débris biogène	Riche en coprolithes	Riche en débris coquilliers

Tableau 3 : Le découpage séquentiel.

Les coupes lithologiques moyennes par zone MEA :

Les figures ci-dessous montrent les différentes coupes des zones en exploitation de la mine MEA en fonction des couches, leur puissance (épaisseur en m) et leur pourcentage en BPL.

On note que chaque zone est subdivisée en sous-zones (S), ainsi que la puissance et la teneur varient selon cette subdivision.

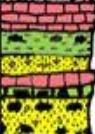
Coupe lithologique moyenne - Z.C.S – circuit 2016						
	S0-S2		S5-S8			
Niv.	Log.	P. (m)	BPL (%)	P. (m)	BPL (%)	
Rc		14,28		13,83		
SB		0,58	75,60	0,66	75,04	
B/A		1,60		1,60		
SA		0,49	68,88	0,45	68,30	
A/CO'		4,1		3,68		
Couche O'		0,74	66,56	0,79	66,50	
D à N		0,91	72,25	0,85	71,42	69,87
C1 Sup		0,16	67,94	0,19	65,92	
C1 Med		0,68	73,69	0,67	73,00	
C1 Inf.		1,10		0,89		
C1/C2		2,01	64,69	1,92	63,80	
C2A		0,81	71,50	0,98	70,70	
D à C		1,30		1,30		
C2B		1,33	53,41	1,33	53,41	
C2/C3		0,35	42,80	0,35	42,80	
C3 Sup		2,45	57,96	2,45	57,96	
C3s/C3i		55,21		55,21		
C3 Inf.						

Figure12 : Coupe lithologique synthétique ZCS
(D'après le bureau des plans OCP 2017)

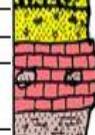
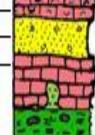
Coupe lithologique moyenne - E.Z.C.N - circuit 2016						
	LAHOU		DIYER			
Niv.	Log.	P. (m)	BPL (%)	P. (m)	BPL (%)	
Rc		24,73		23,38		
SB		0,78	73,18	0,80	74,11	
B/A		2,00		1,70		
SA		0,85	68,05	0,71	66,15	
A/CO'		4,97		4,79		
Couche O'		0,74	61,38	0,72	60,04	
D à N		0,97	70,97	0,95	64,86	61,12
C1 Sup		0,54	58,97	0,64	56,77	
C1 Med		0,89	72,66	1,21	72,82	72,82
C1 Inf.		1,15		1,39		
C1/C2		2,67	63,88	2,94	62,78	
C2A		1,14	69,15	0,90	69,05	
D à C		1,55				
C2B		1,41	51,38	1,30	50,36	
C2/C3		0,44	41,82	0,43	38,98	
C3 Sup		2,48	54,19	2,33	53,77	51,11
C3 sup/C3 inf.		52,02				
C3 Inf.						

Figure13 : Coupe lithologique synthétique EZCN
(D'après le bureau des plans OCP 2017)

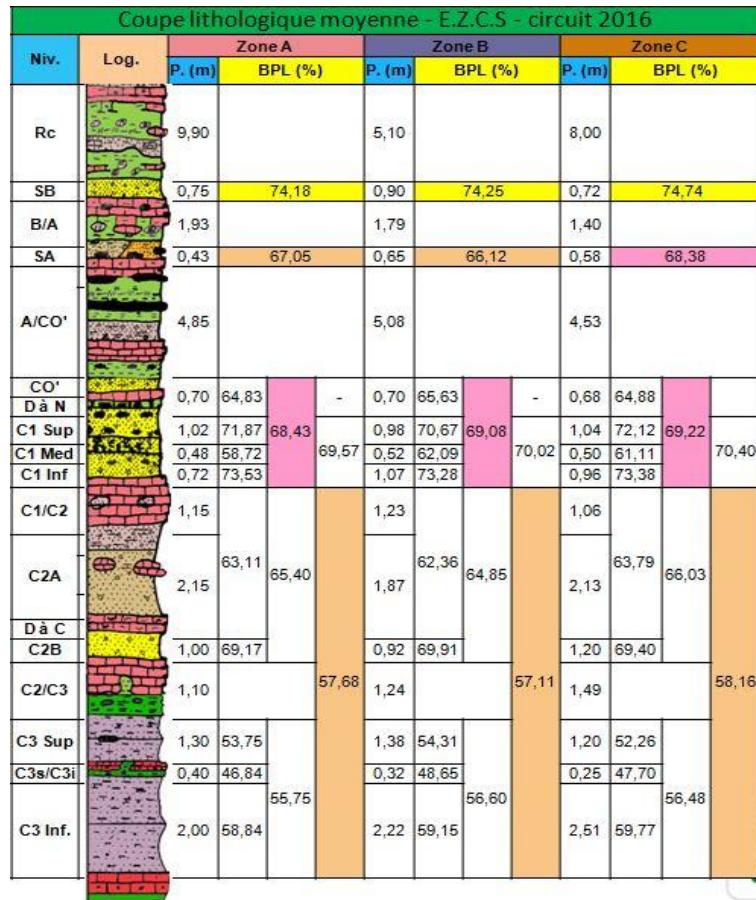


Figure14 : Coupe lithologique synthétique EZCS
(D'après le bureau des plans OCP 2017)

E- Les méthodes d'exploitation :

L'extraction d'une couche phosphatée se fait par tranchée de 40 m de largeur et d'une longueur du circuit bien déterminée (plus de 5 km).

Dans les découvertes, il existe deux méthodes d'exploitation qui sont la méthode dite sélective et la méthode globale.

- La méthode globale :

C'est une méthode qui consiste à prendre globalement les couches phosphatées et les intercalaires, dont l'utilisation dépend des exigences des clients qui sont en relation avec diverses qualités des niveaux phosphatés.

Cette méthode tend à améliorer le taux de récupération et le rendement des machines, et à réduire le nombre d'opération. En utilisant cette méthode, nous risquons de mélanger le stérile avec le minéral pendant le sautage ce qui va diminuer impérativement la teneur.

La méthode d'exploitation adoptée actuellement pour la quasi-totalité des niveaux phosphatés extraits est la méthode Sélective. Elle consiste à prendre chaque niveau phosphaté à part, sans qu'il

soit salé par le stérile ou par les qualités inférieures, et cela pour de préserver les qualités du phosphate.

- **La méthode selective :**

C'est une méthode d'exploitation qui consiste à exploiter les différents sillons et couches avec l'élimination des intercalaires. Cette méthode consiste à préserver les teneurs des couches riches ; mais elle a des inconvénients qui peuvent être résumées comme se suit :

- ❖ La difficulté d'organisation ;
- ❖ Le faible taux d'utilisation des machines ;
- ❖ Le faible rendement des machines.

F- La chaîne cinématique :

La chaîne cinématique d'extraction est l'ensemble des opérations successives nécessaires pour l'exploitation des phosphates à ciel ouvert. Les différentes étapes sont :

- **Aménagement :**

C'est l'ensemble des opérations (surfaçage de la zone, abattage d'arbres ...) qui consistent à faciliter le passage de la sondeuse lors du stade forage. Pour cette phase, les engins utilisés sont des bulldozers D9.

- **La foration :**

Définition :

La foration constitue la première opération minière de la chaîne cinématique d'extraction. Elle consiste à creuser des trous jusqu'au niveau repère au toit de la couche à exploiter.

Cette opération est effectuée par des sondeuses électriques sur chenilles (37R), diesel sur chenilles (SK) ou diesel sur pneus (T4BH).

Le diamètre des trous dépend de la nature des terrains. Dans les mines à ciel ouvert de Khouribga, la foration se fait avec un diamètre de 9 pouces.

Le choix de ce diamètre est justifié par l'avance surfacique importante qu'il offre, la réduction du coût de foration et l'amélioration du rendement de l'explosif.



Photo 1 : Sondeuse bucyrus 50R



photo 2 : Sondeuse bucyrus 45



Photo 3 : Sondeuse rotative reedrill SK 60 II - DIESEL

❖ **Principe de foration :**

Chaque sondeuse est équipée d'un support qui tient le matériel, d'un compresseur qui fournit de l'air comprimé et d'une ligne à outil composée des 3 éléments suivants :

- ❖ **Tige** : Elle sert pour la transmission de l'énergie, développée par les moteurs de rotation et de fonçage, vers le tricône. Elles assurent également le passage de l'air vers le fond du trou.
- ❖ **Drill collar** : est constitué d'une tige de faible longueur sur laquelle sont soudés 3 ou 4 fers plats (aléseurs). Son rôle essentiel consiste à protéger la tige contre l'usure prématûrée. Il permet également de créer un espace annulaire pour l'évacuation des débris de foration. Il a aussi le rôle de stabilisateur pour les grandes profondeurs.
- ❖ **Tricône** : Le tricône à molette de 9 pouces de diamètre est l'outil principal de foration. Il permet d'écraser la formation rocheuse et se compose d'un corps, de 3 molettes et de 3 diffuseurs de l'air comprimé.

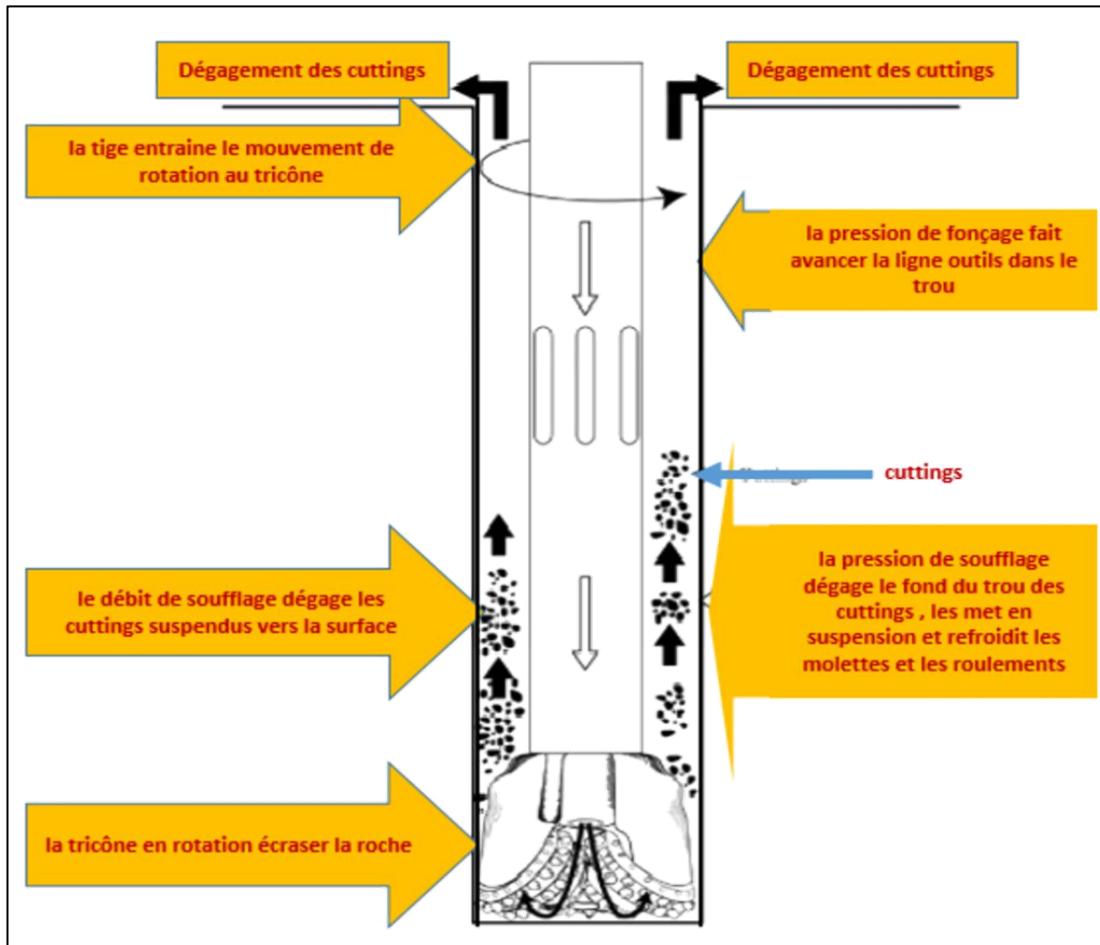


Figure 15 : Principe de la foration au tricône

✚ La maille de foration :

C'est la surface susceptible d'être sautée en tenant compte de la charge explosive qu'on va placer dans chaque trou. En général la maille de foration est la surface représentant

Le produit de la banquette et de l'espacement (la largeur \times la longueur), elle diffère d'une couche à l'autre suivant la nature du terrain, la machine ou l'engin de décapage.

Les différentes mailles utilisées sont :

Niveau foré	Maille utilisée
Terrain naturel/Sillon B	8x8 toutes les lignes
Intercalaire B/A	4x5 coté parement 7x7 le reste des lignes
Intercalaire A/CO' et A/C1	4x5 coté parement 9x9 ou 8x8 le reste des lignes
Intercalaire C1/C2	4x5 coté parement 7x7 le reste des lignes



Photo 4 : Un terrain foré



Photo 5 : Exemple d'un puit

- **Le sautage :**

Le sautage est l'opération qui consiste à mettre l'explosif dans les trous de foration et de procéder au tir, suivant un schéma de tir et un dosage bien définis afin de fragmenter la roche pour faciliter son enlèvement.



Photo 6 : le moment du sautage



photo 7 : Remplissage des puits par l'Ammonix

Deux méthodes de sautage sont utilisées : amorçage latérale et séquentielle électrique

	Amorçage latérale	Séquentielle électrique
Avantage	<ul style="list-style-type: none"> • Facilité de mise en œuvre. • Sécuritaire. 	<ul style="list-style-type: none"> • Très bon rendement de l'explosif • Diminution des projections et des vibrations
Inconvénients	<ul style="list-style-type: none"> • Rendement de l'explosif est faible • Déplacement plus faible de massif • Gros blocs au niveau du bourrage • Projections et vibration importantes • Effets acoustiques importants... 	<ul style="list-style-type: none"> • Difficulté de mise en œuvre • Risque de raté • Grandes consommation des détonateurs et des cartouches Tovex.

Tableau 4 : la comparaison entre l'amorçage latéral et séquentielle électrique

Dans cette phase le choix de la méthode ne dépend pas du côté économique, mais essentiellement du côté technique et sécuritaire. C'est pour cela qu'on met des Microretards de 25 ms, pour ne pas avoir une détonation au même temps. Cela permet donc d'avoir moins de vibrations et d'éviter les microséismes dans l'entourage de la mine.

Avant le sautage on fait le dosage qui est la quantité d'explosive nécessaire pour fragmenter 1 m³ de terrain, qui varie d'un terrain à l'autre.

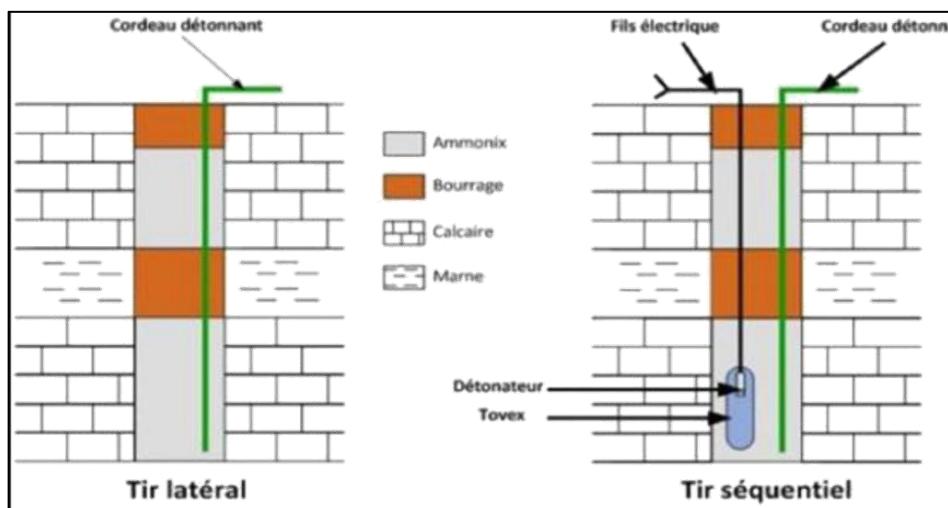


Figure 16 : types d'amorçage

Décapage :

Définition :

Le décapage consiste à enlever le recouvrement primaire, après son sautage, afin de découvrir le premier niveau phosphate exploitable. Cette opération peut se faire d'au moins de trois manières différentes :

- ❖ **poussage** du recouvrement par bulldozers (présence face libre).
- ❖ **cassement** par dragline (m8400 par exemple) du recouvrement dans la tranchée précédente (déjà exploitée).
- ❖ **chargement et transport** du recouvrement dans des camions par les pelles (manque espace).

Décapage par poussage :

Les bulldozers sont conçus à l'OCP pour le décapage, l'aménagement des terrains et le pré décapage.

Le décapage par bulls se fait dans les zones d'affleurements, de recouvrement inférieur à 12m.

Son rôle consiste à pousser le volume d'une tranchée de largeur déterminée dans la tranchée épuisée, ou à l'extérieur. Ils peuvent pousser soit à l'horizontal, soit en pente en fonction du volume à caser et du vide disponible.



Photo 8 : D9R pendant le décapage



Photo 9 : D11R pendant le décapage

N.B

- ✓ D9 sert à nettoyer après le D11 qui fait le décapage par poussage.
- ✓ D9 sert à gerber les niveaux minces de la série phosphatée.
- ✓ D11 travaille toujours dans les tranchées de 40m de largeur, elle peut travailler aussi dans les tranchées de 60m de largeur, mais le rendement de la machine se diminue.

➡ Décapage par casement (Dragline) :

C'est un décapage par draglines (dans le cas d'un recouvrement important) : casement des terrains de recouvrement de la tranchée adjacente déjà défruitede.

Ce type de décapage s'effectue à l'aide des draglines (195M, 9W, M7900, M8400). L'outil principal du travail est le godet qui est dirigé par les câbles de drags. Leur cycle est comme suit : lancement du godet → Drag (remplissage du godet) → le reversement.



Photo 10 : Engin 195 M



Photo 11 : Machine 9W



Photo 12 : Engin M7900



Photo 13 : Engin M8400

✚ Décapage par chargement et transport

C'est l'opération qui consiste à transporté le stérile vers une décharge préparée à l'aide des camions (170t et 110t) Si le vide est insuffisant dans la tranchée adjacente.



Photo 14 : Transport du stérile par un camion 170T

Engin	Caractéristiques	Pour un bon rendement
Draglines	<ul style="list-style-type: none"> - Ont la faculté de cassé les déblais. - enlèvent le primaire et le casent dans le vide. - équipées de deux bulls : l'un dresse le parement et l'autre nettoie le toit du phosphate. 	<ul style="list-style-type: none"> - minimiser les déplacements à vide. - diminuer le cycle qui dépend de ; l'usure du godet, la qualité du sautage. - augmenter le taux de remplissage du godet.
Bulldozers	<ul style="list-style-type: none"> - dans les zones d'affleurement, de recouvrements <12m, de fort pendage. - pousser vers la tranché déjà défruited soit à l'horizontal, soit en pente en fonction du volume à caser et du vide disponible. 	<ul style="list-style-type: none"> - les déplais doivent être étalés horizontalement pour aménager les pistes. - on doit décaper toute la surface. - on doit faire un nettoyage de la couche phosphatée.

Tableau 5 : Comparaison entre les draglines et les bulldozers

- **Le défruitage :**

Une fois que l'opération de décapage ou l'enlèvement de stériles est terminée, le défruitage de la couche minéralisée se fait par le chargement et le transport du minerai vers les trémies d'épierrage et de criblage.

Il y a trois types d'engins pour le chargement du minerai :

- ❖ **Les pelles hydraulique** : elles travaillent en bute (elles se mettent devant le niveau à charger).
- ❖ **Les draglines** : elles se mettent sur le niveau à charger.
- ❖ **Chargeuses sur pneus** : Ce sont des engins diesel destinés essentiellement au défruitage des niveaux minces après gerbage (formation de tas) par bulldozers.



Photo15 : Chargeuses sur pneus



Photo 16 : Les pelles électrique



Photo 17 : Les draglines

- **Transport du phosphate :**

Dans les mines à ciel ouvert, le transport du minerai est généralement assuré par des camions ou des convoyeurs.

Dans les zones d'exploitation des phosphates à ciel ouvert, le transport du phosphate du chantier vers les trémies d'épierrage et du criblage se fait par des camions de capacité 110T (LECTRA HAUL), 170T (LECTRA HAUL, WABCO) et 190T (KOMATSU).



Photo 18 : Camion KOMATSU.

N.B

✓ **Cycle de camion :** Le cycle de camion est le temps développé pour débloquer un voyage. Le cycle varie en fonction de plusieurs facteurs :

$$Cc = Ta + Tr + Tm + Tc + Td$$

- **Ta** : Temps d'aller ;
- **Tr** : Temps de retour.
- **Tm** : Temps de manœuvre ;
- **Tc** : Temps de chargement devant la machine.
- **Td** : Temps de déchargement devant la trémie.

- **L'épierrage et mise en stock :**

 **Epierrage :**

Le phosphate est versé dans deux trémies qui alimentent deux cribles de maille 90*90 mm destinés à l'élimination des gros pierres. Ces dernières sont évacuées vers deux mises à terril après fragmentation dans des concasseurs.



Photo 19 : Déversement dans T1 et T2



photo 20 : Bâtiment d'épierrage

⊕ **Mise en stock :**

Le stockage du phosphate se fait par qualité source, il est assuré par une installation appelée Stockeuse.



Photo 21 : Stockeuse

<< Chapitre 3 : Optimisation de la récupération de phosphate >>

I- Introduction :

La gestion de la quantité du phosphate en vue de répondre aux exigences du marché nécessite une identification et une compréhension des sortes et des causes des pertes en phosphate afin d'apporter des améliorations pour une meilleure récupération du mineraï phosphaté.

Le présent travail réalisé dans les zones exploitées du bassin phosphaté des Ouled Abdoun nous a permis de recenser et de préciser les différents facteurs engendrant des pertes quantitatives en phosphate. Il s'agit du volume de mineraï perdu suite à une mauvaise récupération liée aux différentes phases d'exploitation.

II- Les types et les causes des pertes en phosphate :

1- Perte pendant la foration :

- **Perte volumique :**
 - ❖ Dépassement de la profondeur à forer :

La foration est une étape essentielle dans la chaîne cinématique. Elle doit être parfaitement réalisée car les étapes qui suivent en dépendent.

D'après les observations faites sur le terrain, il paraît que lors de la réalisation des trous de foration, il se peut qu'il ait dépassement du niveau repère prescrit par le prospecteur. Par conséquent, le niveau minéralisé est atteint. Le sautage touche alors profondément la couche phosphatée, entraînant ainsi la destruction de sa structure qui devient ondulé.

Autrement dit, par inconscience des agents d'explosifs qui n'ont pas fait le pré-borage, le phosphate devient visé par l'explosive et il peut avoir un mélange locale du stérile et de phosphate au niveau du trou d'explosive.

Le dépassement du niveau repère pourrait avoir comme cause:

- l'inconscience du sondeur.
- La male connaissance du niveau.
- Le manque d'expérience et consignes mal comprises ou pas bien expliquées.

N.B

- ✓ Cette phase influence indirectement sur les pertes en phosphate, parce qu'elle rend difficile le processus de décapage.
- ✓ La dalle lorsqu'elle est surélevée elle reflète la maille de foration c'est-à-dire il y avait un dépassement de niveau et une dispersion aussi bien de mur que du phosphate.

- ✓ Le dépassement de niveau au moment de foration plus qu'une mauvaise correction de niveaux phosphaté conduit au soufflage du phosphate.

2- Pertes pendant le décapage :

- **Pertes surfaciques :**

- ❖ **Les pertes dues au nettoyage de la couche phosphatée :**

Le nettoyage de la couche phosphatée se fait à l'aide des bull (D11) ayant une pelle plus grande défavorable pour le bon nettoyage et la maîtrise de la pellicule de marne.



Photo 22 : Nettoyage de la couche phosphatée par Bull D11.

Commentaire :

- ✓ La photo 1 illustre les pertes surfaciques au niveau du sillon B de l'EZCS (MLIKAT) suite à l'utilisation d'un bull (D11) qui prend une partie des phosphates qu'on désire nettoyer.

- ❖ **Pertes dues au mauvais dressage du parement :**

Parfois, un mauvais sautage laisse des blocs durs et des banquettes à la limite du parement. Ces irrégularités instables seront difficiles à décaper pendant son dressage, d'où les pertes phosphatées au-dessous de celles-ci.

Lorsqu'il ya des irrégularités au niveau du parement il se peut avoir des éboulements sur le phosphate et par conséquent celui-ci sera piégé du côté parement (irrécupérable ou difficile à récupéré).

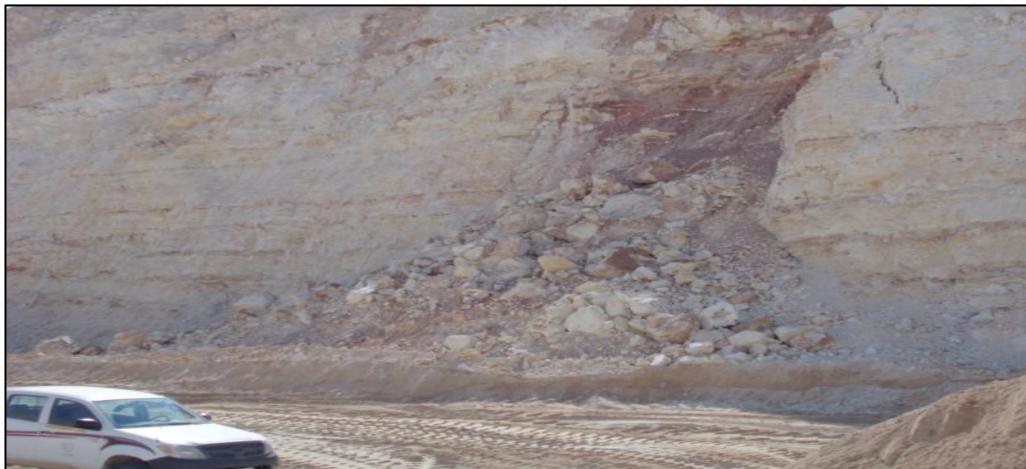


Photo 23 : Exemple d'un mauvais dressage du parement

Commentaires :

- ✓ Dans ce cas là le phosphate est irrécupérable car il est déjà nettoyé et par conséquent, c'est difficile de dressé le parement.
- ✓ Il y aura une contamination de la qualité du phosphate par la partie chutée.

▪ **Pertes volumiques :**

❖ **Les pertes dues au dépassement du niveau à décaprer :**

En phase de décapage, l'enlèvement du stérile (intercalaire) peut concerter le niveau phosphaté, cela est dû à plusieurs facteurs à savoir:

- Le manque d'information ou manque d'expérience du conducteur.
- L'inconscience du conducteur machine.

❖ **Les pertes dues à la berme :**

La berme est l'espace entre la limite du phosphate et le pied du déblai surélevé.

Pour une bonne récupération du phosphate lors de chaque décapage il est nécessaire de réaliser la berme correspondante pour chaque niveau :

12m → recouvrement au toit de sillon B

08m → l'intercalaire B/A

06m à 05m → l'intercalaire A/0

01m à 02m → l'intercalaire C1/C2



Photo 24 : Position d'une berme dans L'EZCS pendant le stade de décapage.

L'absence ou le non-respect de la berme cause des pertes sous cavaliers au niveau des couches phosphatées inférieures.

⊕ **Cas 1 : Absence de la berme ;**

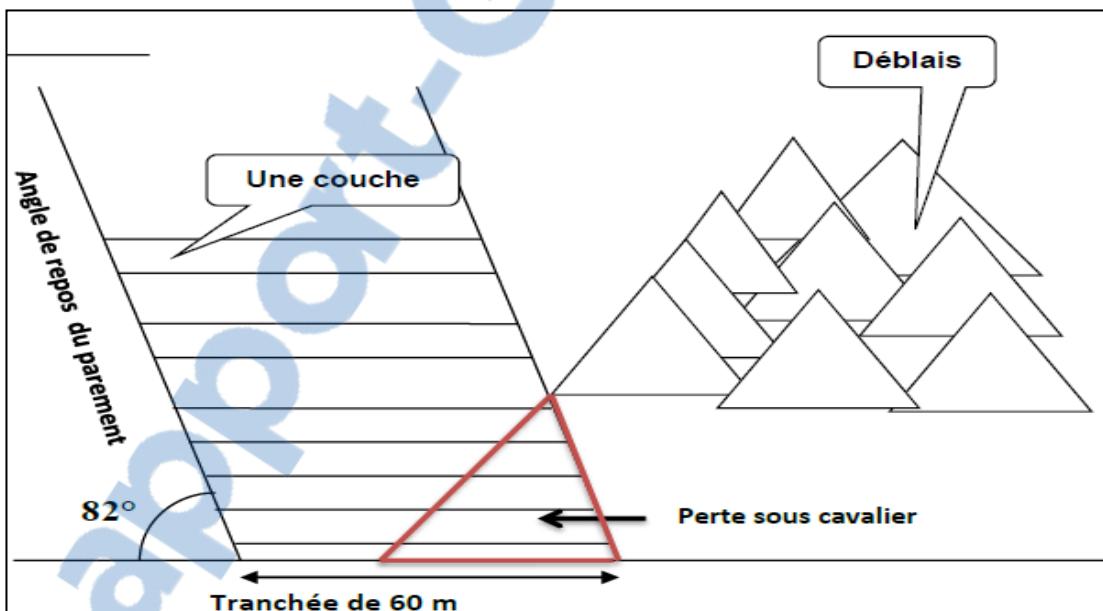


Figure 17: Schéma d'une tranchée sans berme

Commentaires :

- ✓ Le parement et le déblai présentent des talus avec un angle ouvert.
- ✓ La tranchée présente une forme de trapèze renversé.
- ✓ La largeur de la tranchée devienne étroite au niveau de la couche 2.

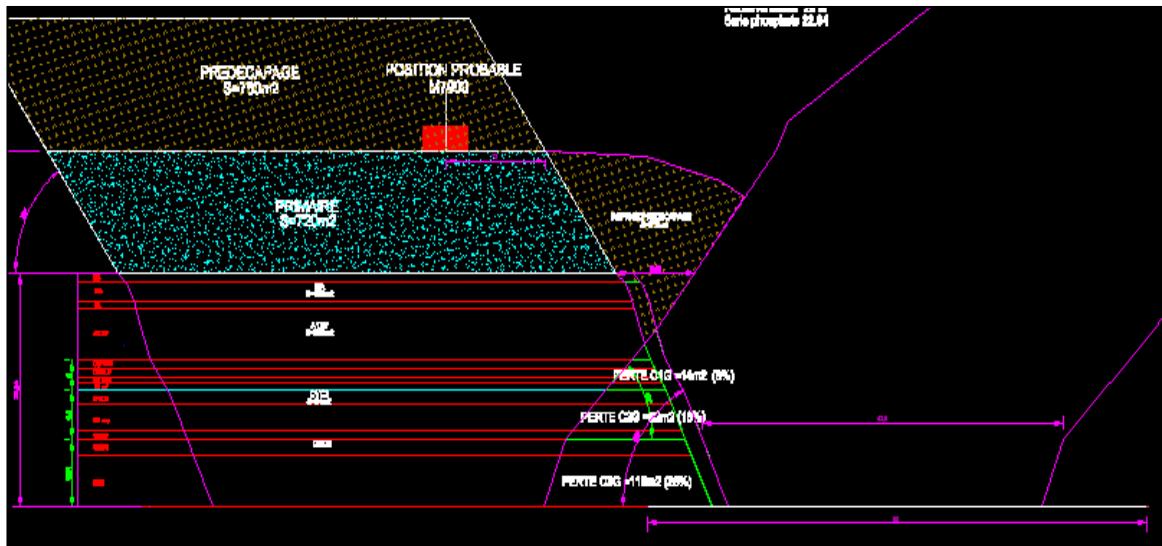


Figure 18 : Profil montrant une tranchée sans berme.

Commentaires :

- ✓ Le profil réalisé montre l'allure du talus du parement et celui du déblai.
- ✓ L'intersection des deux talus illustre la surface qui correspond aux pertes sous cavalier au niveau de la couche 2.
- ✓ la surface $S = 78 \text{ m}^2$ non récupérée correspond aux pertes sous cavalier au niveau des couches inférieures.

✚ Cas 2 : Mauvaise berme ;

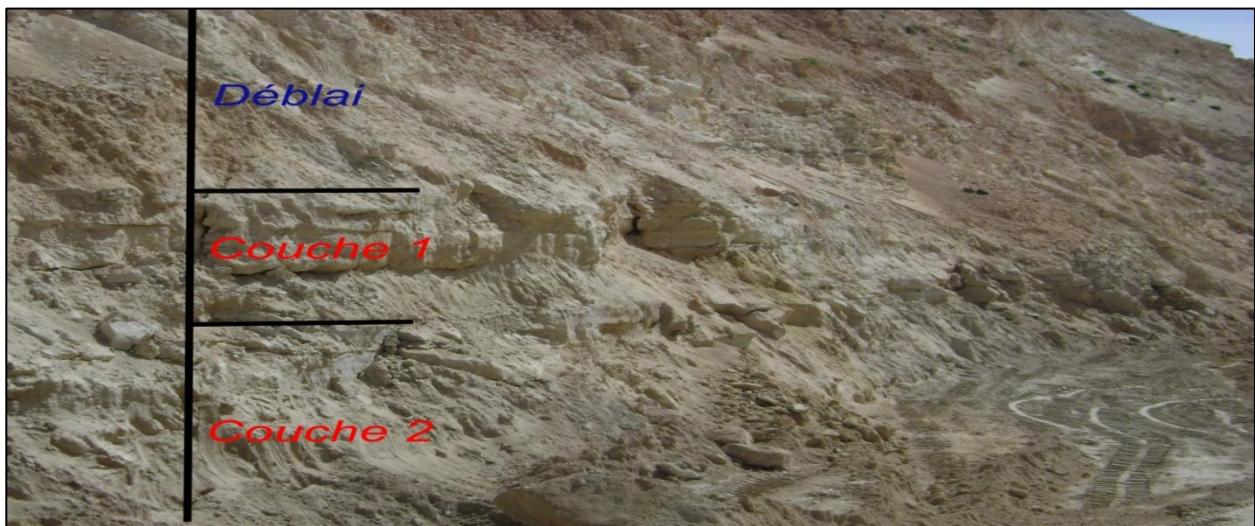


Photo 25 : Exemple 1 d'une mauvaise berme.

Commentaire :

- ✓ Pertes énormes sous cavalier au niveau de la couche 1 et la couche 2.

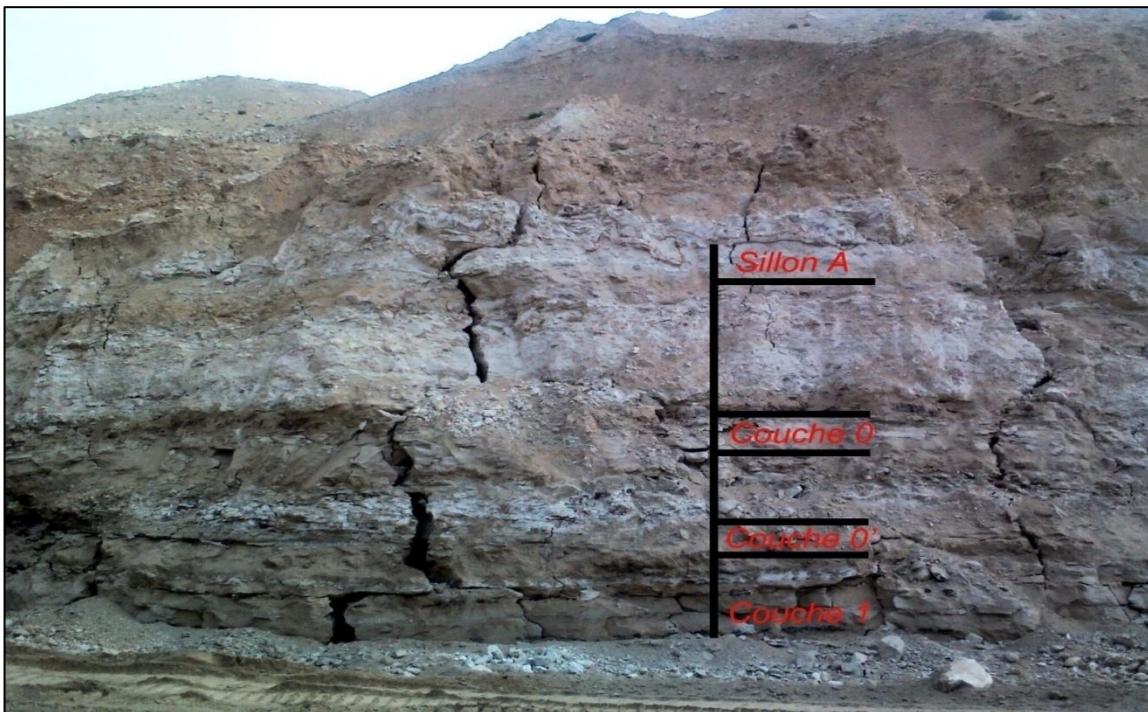


Photo 26 : Exemple 2 d'une mauvaise berme.

Commentaires :

- ✓ Bloc de la série phosphatée fissuré et poussé à cause d'une surcharge de déblai.
- ✓ Pertes sous cavalier depuis le SA.

3- Pertes pendant le défruitage :

- **Pertes volumiques :**

- ❖ **Mauvaise contournement des dérangements :**

Un dérangement est toute perturbation de la succession habituelle des litho-faciès de la série phosphatée qui rend la délimitation des différentes entités impossible.

Les dérangements ont en général une forme subcirculaire, sub-conique ou quelconque. Ils sont constitués de matériaux formés d'éléments de la série (marnes, calcaires, phosphate et silex).

En cas d'un mauvais contournement des dérangements au moment de défruitage les pertes en phosphate seront accentuées.

- ❖ **Le chargement contre déblai :**





Photo 27 : Exemple d'un chargement contre déblai

Commentaire :

- ✓ Techniquement au moment de défruitage lorsque le godi est placé contre déblai le phosphate déborde sur le stérile.

❖ **Absence de la limite entre le phosphate et le stérile :**



Photo 28 : Réalisation d'une tranchée avec une fausse berme

Commentaire :

- ✓ L'absence de la limite entre le phosphate et le déblai cause des pertes sous cavalier au niveau des couches phosphatées inférieurs.

N.B

Lors de notre suivi de cette étape on a pu voir d'autres causes de perte en phosphate comme ;

- ✓ La mauvaise récupération des limites du côté parement.
- ✓ Une fine couche de phosphate reste sur le toit des dalles stériles suite, soit d'une mauvaise récupération ou d'une irrégularité naturelle du terrain.

4- Stockage du phosphate sur terrain naturel :

Vue l'indisponibilité des trémies et la saturation de celles-ci le phosphate est procédé à un stockage sur terrain naturel, cela présente un avantage notamment sur l'augmentation de la production. Néanmoins, s'il n'y a pas un respect des normes de préservation de la qualité et la quantité des phosphates (forme de stock, plateforme aménagée) des pertes énormes seront rencontrés.

III - Le rôle de géologue dans la récupération totale de phosphate :

Le géologue fait un suivi quotidien des chantiers :

1- Foration :

- ✓ Contrôler la profondeur des trous forés.
- ✓ Contrôler le niveau par l'analyse des cutines.
- ✓ Contrôler la maille de foration.
- ✓ Dans le cas de la présence des dérangements, il demande de forer des trous intermédiaires; pour délimiter le dérangement et augmenter la force des explosifs.

2- Sautage :

- ✓ En cas de dépassement de niveau le prospecteur doit réclamer cette situation pour corriger la profondeur au niveau du sautage.
- ✓ Signaler les anomalies géologiques (dérangements, failles.)

3- Décapage :

- ✓ Délimitation du niveau cible.
- ✓ Faire des saignées pour montrer le niveau.
- ✓ S'assurer de la réalisation de la berme.
- ✓ Insister sur la réalisation du gâteau.
- ✓ Contrôler le dressage du parement pour éviter le salissement suite aux éboulements sur le phosphate nettoyé.
- ✓ Assister au nettoyage des marnes par un D9 pour minimiser les pertes surfaciques.

- ✓ Sensibiliser les conducteurs et les chefs de poste sur le niveau.

4- Défruitage :

- ✓ Localisation, délimitation et contournement des dérangements.
- ✓ Récupération et dressage de la partie limite.
- ✓ Dressage du coté parement.
- ✓ Eviter le chargement contre déblai.
- ✓ Insister sur le gerbage.
- ✓ Insister sur la récupération de la partie inférieure (affectation d'un paydozer)

5- Mise en stock :

- ✓ Veillez sur la réalisation d'une bonne plateforme.
- ✓ Délimitation d'évolution du stock.

IV- Proposition d'un plan d'action :

1- Pendant la foration :

Pour éviter le dépassement du niveau à forer, il faut :

- ✓ Respecter la coupe lithologique réalisée par les prospecteurs.
- ✓ Former les conducteurs machines (les sondeurs) sur le niveau.
- ✓ Transmettre clairement les consignes à travers une communication soit latérale ou verticale.

N.B :

- Le respect de la coupe lithologique à un effet positif à la fois sur la foration et sur la qualité du sautage.

2- Pendant le décapage :

- ✓ Au moment du dressage du parement et du nettoyage du phosphate, nous devons utiliser un bull D9 au lieu d'utiliser un bull D11, afin de maintenir une meilleure récupération du gisement.
- ✓ Eviter le nettoyage des marnes aux moments des intempéries (pluies...)
- ✓ Le nettoyage des couches phosphatées doit s'effectuer le jour et non pas la nuit.
- ✓ Il faut veiller sur la réalisation de la berme.

❖ En cas de décapage par casement :

Il faut veiller sur la réalisation du casement stérile en deux positions.

- Position 1 : Enlèvement de la moitié du côté parement et casement dans la limite de la tranchée.
- Position 2 : Mettre la moitié restante de la tranchée dans la deuxième position et faire la reprise du déblai équivalant d'intercalaire casé pour assurer la réalisation d'une bonne berme.



Photo 29 : Réalisation d'une berme par casement

❖ **cas spécial :**

- Dans le cas d'un haut recouvrement où le vide est comblé par le primaire poussé on procède à un casement en troisième position.
- Cette opération consiste à enlevé le stérile de la tranchée N-1 sur une distance de 30 m et par la suite vient le casement en deux positions sur la tranchée N.



Photo 30 : Exemple d'une dragline qui fait la troisième position

❖ En cas de décapage par transport

- Consiste à transporter la partie stérile équivalant de l'intercalaire transporté en respectant les normes de la réalisation d'une bonne berme.



Photo 31 : Chargement par transport

N.B

Dans le cas d'un haut recouvrement, la réalisation de la berme reste difficile vue d'une part, l'insuffisance du vide dans lequel on pousse le stérile pré-décaper et d'autre part l'incapacité de la machine Marion 7900 à caser des déblais dont la distance entre machine-déblais dépasse 54m (limite de sa flèche).

Donc parmi les solutions à ce problème on cite :

- Le remplacement de la machine Marion 7900 par une autre avec une flèche supérieure à celle de la 7900.
- L'utilisation d'une machine dotée d'un convoyeur mobile de grande longueur pour qu'il puisse caser directement en dehors.

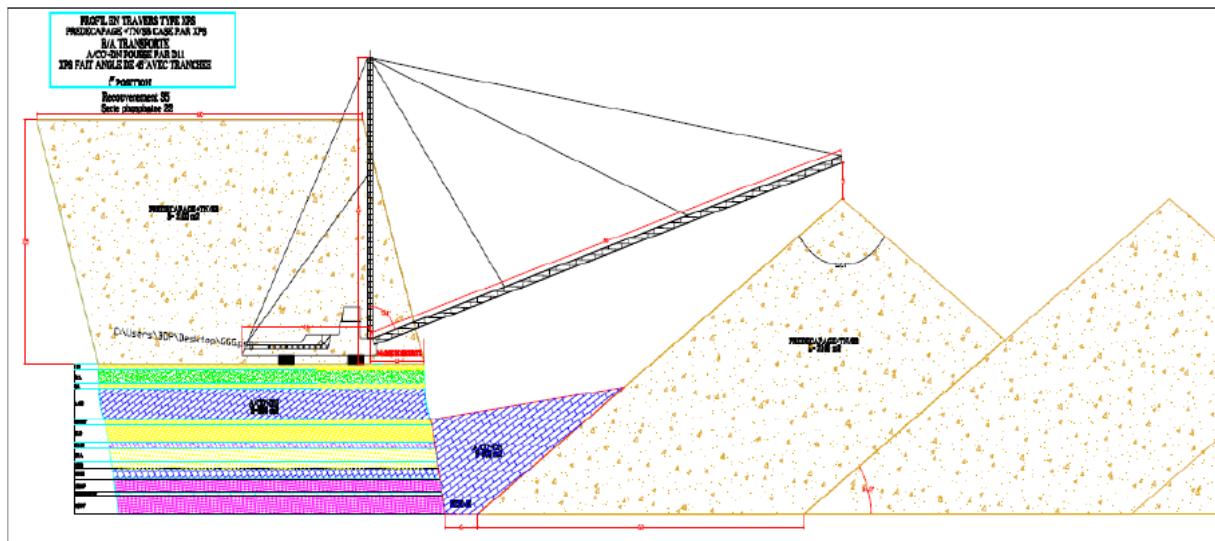


Figure 19 : Projet d'une machine remplaçant la 7900 avec une flèche de 90m permettant une meilleure récupération du gisement.

3- Pendant le défruitage :

- ✓ Eviter le chargement contre déblai par :
 - ❖ La sensibilisation d'équipage de défruitage qu'ils doivent placer le godi en face du coté berme et non contre déblai.
- ✓ Assurer la récupération des bords du coté berme par affectation d'un engin qui assure la bonne récupération.
- ✓ Délimitation des dérangements.



Photo 32 : Délimitation des dérangements à l'avance par karkour.

- ✓ Contournement et dressage de la partie laisser contre dérangement.
- ✓ Insister sur la récupération des parties laissées en contact avec les structures tectoniques (Affaissements, failles...)



Photo 33 : Exemple des affaissements paraboles au niveau de la R7

- ✓ Affectation d'un paydozer pour assurer le nettoyage de la partie murale.



Photo 34: Nettoyage de la partie basale assuré par un paydozer

4- Pendant le stockage sur terrain naturel :

- ✓ Il faut veiller sur la réalisation d'une plateforme bien aménagée et repérer par les géomètres
- ✓ Il faut un contrôle journalier de l'avancement du stock pour éviter le dépassement d'air disponible pour le stockage.

V- Evaluation économique des actions engagées dans cette étude :

Pour estimer le degré de l'impact économique des pertes sur le prix de revient de l'entreprise, nous avons eu recours à faire une comparaison entre deux profils types réalisés à l'aide du logiciel du dessin assisté par ordinateur (DAO) Autocad.

❖ Cas d'une bonne berme :

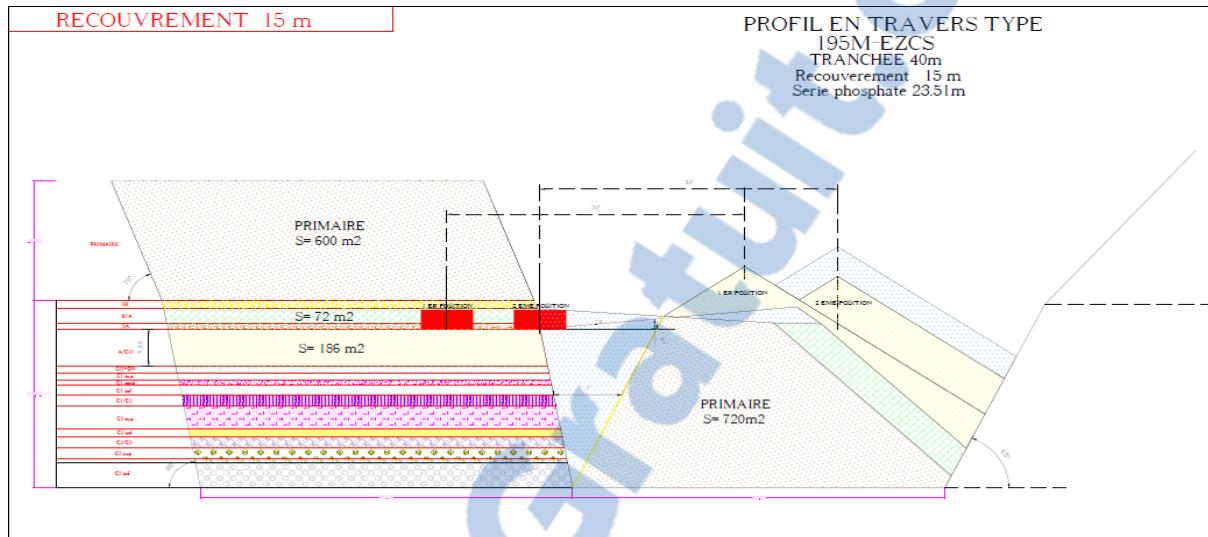


Figure 20 : Profil montrant la position d'une berme idéale.

Commentaire :

- ✓ Une tranchée de 40m de largeur nécessite une berme $\geq 12\text{m}$ au toit SB pour que le vide soit suffisant à l'ajout des niveaux inférieurs.

Couches phosphatées	Puissances (m)	Surfaces prévues (m ²)	Volumes prévues (m ³)
SB	0.90	36	36000
SA	0.70	28	28000
C0' + DN	0.80	32	32000
C1G	2.5	100	100000
C2A	2.95	118	118000
C2B	1.5	60	60000
C3Sup	1.60	64	64000
C3Inf	2.5	100	100000

Tableau 6 : Volumes et surfaces des couches phosphatées prévues à récupérer au niveau de la tranchée.

N.B

- ✓ La longueur et la largeur de la tranchée sont successivement 1000m et 40m.

Pour convertir les valeurs des volumes perdus exprimés en m³ aux tonnes, le groupe OCP identifie la démarche suivante :

Chaque qualité est représentée par un coefficient exprimé en t/m³ ;

HT	MT	BT	TBT
1.13	1.25	0.83	0.55

Le tonnage du volume prévue = Le coefficient de la qualité qu'il renferme x Le volume prévue en m³

Dans le cas d'une couche qui renferme plusieurs qualités la méthode de calcul de son coefficient est celle des moyennes pondérées.

Exemple :

Prenant l'exemple de la couche 1 globale :

	Niveau	Qualité	Puissance (m)	Coefficient
Couche 1 globale	Supérieur	HT	1.04	1.13
	Médiane	BT	0.5	0.83
	Inférieure	HT	0.96	1.13

$$\rightarrow C_m = \frac{\sum C_i \times P_i}{\sum P_i}$$

Avec :

C_i : Coefficient correspondant à chaque qualité

P_i : Puissance qui convient à chaque qualité.

C_m : Coefficient moyen.

$$C_m \text{ de C1G} = \frac{(1.13 \times 1.04) + (0.83 \times 0.5) + (1.13 \times 0.96)}{1.04 + 0.5 + 0.96} = 1.07$$

Couches phosphatées	Volumes prévues (m ³)	Coefficient (t/m ³)	Tonnage (t)	Coût (DH)
SB	36000	1.13	40680	2671048.8
SA	28000	1.25	35000	2298100
C0' + DN	32000	0.83	26560	1743929.6
C1G	100000	1.07	107000	7025620
C2A	118000	0.83	97940	6430740.4
C2B	60000	1.25	75000	4924500
C3Sup	64000	0.55	35200	2311232
C3Inf	100000	0.55	55000	3611300

Tableau 4 : le coût d'extraction prévu

N.B

- ✓ Le coût d'une tonne de phosphate depuis la foration jusqu'à son stock est 65.66 DH.

❖ Cas d'une fausse berme :

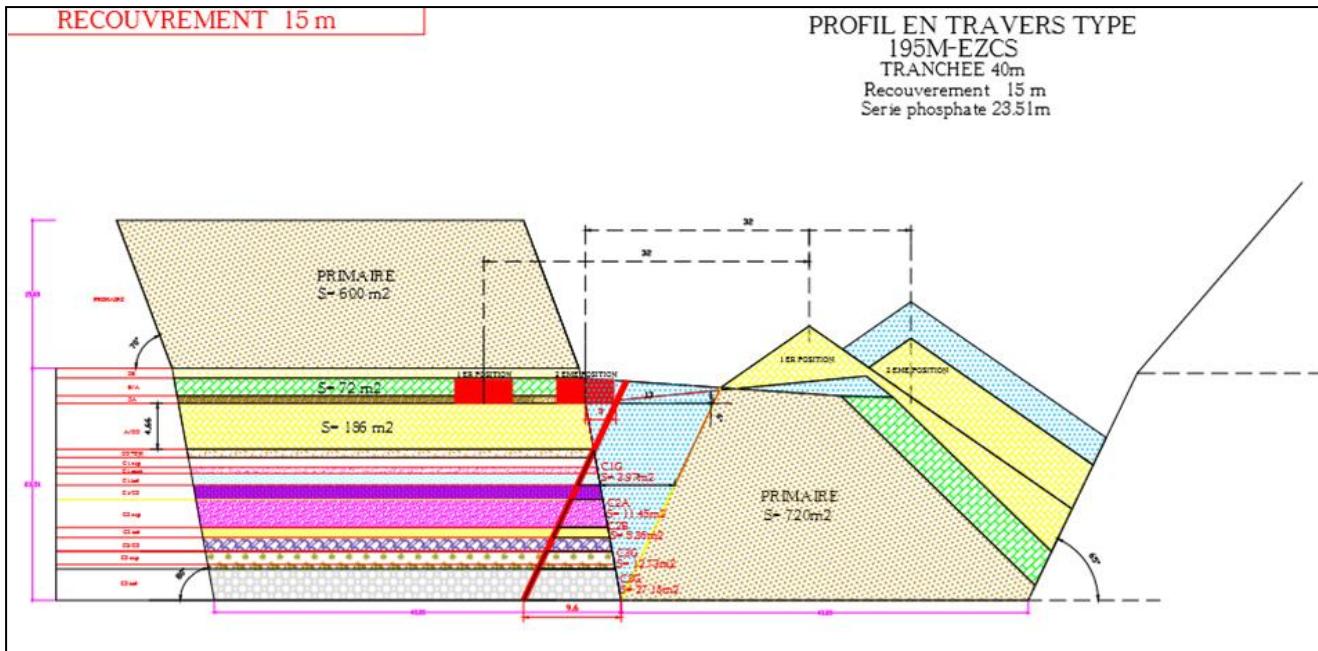


Figure 21 : Pertes sous cavalier au niveau des couches phosphatées inférieurs

Commentaires :

- ✓ Le profil réalisé montre l'allure du talus du parement et celui du déblai. L'intersection des deux talus illustre la surface $S = 45.69$ non récupérée correspond aux pertes sous cavalier au niveau des couches phosphatées inférieures.

Couches phosphatées	Surface prévue (m ²)	Surface perdue (m ²)	Pourcentage des pertes (%)
C1G	100	3.97	3.97
C2A	118	11.45	9.70
C2B	60	5.36	8.93
C3Sup	64	12.73	19.89
C3Inf	100	27.18	27.18

Tableau 8 : Pourcentage des pertes sous cavalier au niveau des couches phosphatées inférieures.

Couches phosphatées	Volume prévu (m ³)	Volume perdu (m ³)	Coefficient (t/m ³)	Tonnage (t)	Coût (DH)
C1G	100000	397	1.07	424.79	27891.7114
C2A	118000	1145	0.83	950.35	62399.981
C2B	60000	536	1.25	670	43992.2
C3Sup	64000	1273	0.55	700.15	45971.849
C3Inf	100000	2718	0.55	1494.9	98155.134

Tableau 9 : Le Coût d'extraction perdue

CONCLUSION

Le paramètre traité pour estimer l'impact économique de ces pertes en phosphates sur le prix de revient de l'entreprise est celui de la berme (perte sous cavalier).

- ❖ Dans le cas d'une bonne berme aucune perte n'est rencontrée.
- ❖ Dans le cas d'une fausse berme on note une perte de l'ordre de **4240.19 tonnes**.

De ce fait, nous citons quelques recommandations pour faire face à ce problème :

- Le respect de la coupe lithologique.
- Le respect de la berme.
- La formation des conducteurs machines.
- Le bon dressage du parement.
- Le nettoyage des marnes par D9.
- Les recommandations ici avancées pourraient aider à éviter ce problème de pertes, réalisant ainsi un gain de l'ordre de **278410.8754 DH**.

Annexe

<< Chapitre 3 : La prospection et le rôle du prospecteur >>

I- La reconnaissance de gisement :

La reconnaissance des gisements tabulaires, tels que les phosphates se fait aisément par puits et sondages verticaux qui traversent tous les niveaux cibles. Ces différents ouvrages sont réalisés selon une maille donnée (hexagonale pour le gisement de Ouled Abdoun et carrée pour les trois autres bassins).

La reconnaissance des gisements phosphatés passe par les étapes suivantes :

❖ Etape 1 :

- 1) Récolte des données géologiques à partir des tranchées naturelles et des puits locaux.
- 2) Etablissement d'une carte géologique pour avoir une idée générale sur la répartition latérale des étages géologiques, pour mieux connaître et cerner le champ d'étude.

❖ Etape 2 :

- 1) Exploration des zones vierges à l'aide des puits locaux en établissant des coupes géologiques.
- 2) Réalisation d'un échantillonnage préliminaire (prise des échantillons, envoi des échantillons et réception des résultats), afin d'établir une caractérisation chimique restreinte (BPL, RP, CO₂) des niveaux phosphatés.
- 3) Cartographie des affleurements de la série phosphate.

❖ Etape 3 :

- 1) Réalisation des compagnes de fonçage des puits, ce travail est contrôlé par le géologue qui veille sur la réalisation des puits selon les normes adoptées : margelle et profondeur...
- 2) Reconnaissance systématique à une maille lâche (2 – 8 Km) ;
 - Etablissement des coupes des puits.
 - Dessin des coupes sur calque.
 - Interprétation des coupes des puits réalisés, en délimitant tous les niveaux phosphates et leurs intercalaires.
 - Envoi des échantillons au laboratoire et réception des résultats.
 - Caractérisation chimique restreinte (BPL, RP, CO₂) à partir des résultats reçus.
 - Détermination des affleurements des niveaux phosphatés à partir des nouvelles données.
 - Identification des structures et des pendages de la série phosphatée pour savoir l'allure et la structure de cette dernière.

- Estimation des réserves phosphatées.

3) Etude géologique à une maille large (1Km) selon les mêmes étapes décrites dans la phase de reconnaissance précédente, les résultats de cette étude sont enregistrés dans un rapport géologique qui contient, entre autre, tous les documents et les commentaires élaborés durant l'étude :

- Situation et limites du domaine étudié ;
- Niveaux géologiques identifiés ;
- Etude statistique de la série phosphatée (Puissance, teneur) ;
- Faciès rencontrés ;
- Structure et recouvrement des niveaux de la série phosphatée ;
- Histogramme, graphiques, cartes d'iso-valeurs ;
- Commentaire et recommandation.



Photo 1 : Exemple d'un puit de reconnaissance

❖ **Etape 4 :**

- 1) Reconnaissance à une maille ultime (250 -500m) afin d'arrêter le maximum de données géologiques, selon les mêmes étapes décrites dans la première phase de reconnaissance.
- 2) Découpage détaillé du domaine d'étude en sous zones ;
- 3) Etude géologique détaillée :

II- La prospection :

1- Présentation :

Les opérations de prospection peuvent commencer au cours des travaux de fonçage dans le cas d'une nouvelle compagnie.

Le responsable d'une compagnie ou d'une étude (le cas d'une reconnaissance de puits locaux ou d'une étude d'anciennes compagnies) demande au chef des prospecteurs d'envoyer des équipes de prospection, le chef de bureau élabore des ordres de missions. Chaque équipe est composée de prospecteurs et d'ouvriers et d'un responsable de mission qui se charge aussi du véhicule.

Les missions de ces équipes consistent à faire la coupe de puits, à décrire les tranchées, les carottes (dans le cas des sondages), pour l'élaboration des minutes et pour l'échantillonnage. La minute est un document où le prospecteur enregistre les côtes du toit et du mur des niveaux, les descriptions lithologiques et les numéros des échantillons prélevés de ces niveaux, ainsi que différentes remarques (pendages, dérangements, fossile). Ces missions peuvent être aussi le but d'une ré-description des ouvrages ou de nouveaux prélèvements d'échantillons.

Pour la détermination des faciès le prospecteur se base sur plusieurs critères :

- selon le degré d'induration : faciès meuble, faciès induré, consolidé ou silicifié
- selon la nature des éléments figurés : granulaires, bioclastiques.
- selon la couleur : clair, noir, rouge...

2- Méthode de reconnaissance :

A partir des puits, des sondages et des tranchées on peut avoir des informations pour la reconnaissance et la définition du gisement.

❖ Puits :

Ce sont des ouvrages creusés à une maille bien déterminée et régulière jusqu'à atteindre une profondeur bien définie par le prospecteur lui-même. Ce dernier doit aussi se servir des puits locaux déjà creusés auparavant.

❖ Sondages :

Ces ouvrages sont creusés dans les exceptions suivantes :

- Si le premier phosphaté est profond d'une centaine de mètres (série très profonde).
- Lorsque la reconnaissance par puits s'avère difficile à exécuter surtout dans les zones noyées.

❖ Tranchées :

Il existe des tranchées naturelles ou réelles afin d'avoir plus d'informations sur la zone à prospector.

III - Le rôle de prospecteur :

1- Dans les phases d'exploitation :

A- Suivi de foration :

Le travail de prospecteur au moment de foration se présente dans le contrôle de la profondeur forée on se basant sur l'observation des cuttings et sur la profondeur déduite de la coupe du parement et par la suite il réalise une coupe dont elle délimite la profondeur et la puissance des niveaux durs (les dalles) et les niveaux tendre.

Dans le cas des dérangements il doit le signaler pour le serrage de la maille de foration.



Photo 16 : Les cuttings d'une série normale



Photo 27 : Les cuttings d'une série dérangée

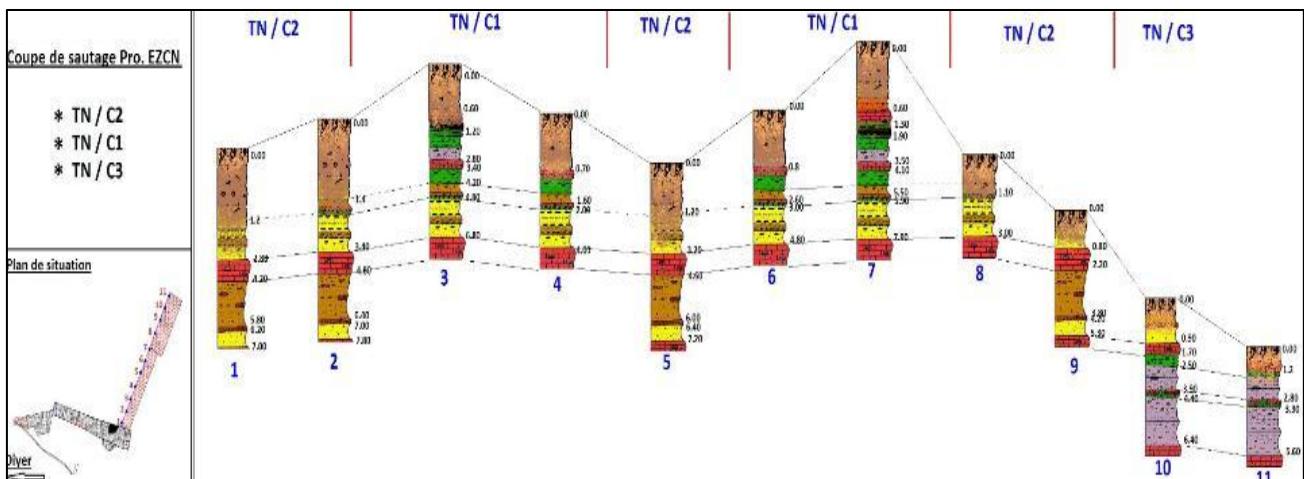


Figure 16 : Exemples de profil lithologique réalisé pour la foration et le sautage (d'après bureau de plan OCP)

B- Suivi de sautage :

Le prospecteur se serve de la première coupe réaliser pendant la foration pour permettre aux responsables de sautage de placer les explosifs en face des dalles et les bourrages en face des niveaux tendres.

COUPE DE SAUTAGE							
ZONE : ZCS							
TRANCHEE : SUD (S3-S5)							
	1	2	3	4	5	6	7
SA/C0	0,60	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
	0,80	0,70	0,80	0,80	0,70	0,80	0,80
	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
C0	0,70	0,70	0,80	0,80	0,80	0,70	0,80
	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
C0/C0'	0,80	0,80	0,80	0,70	0,80	0,80	0,70
	0,80	0,80	0,80	0,70	0,80	0,80	0,70
C0'	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
D à N	0,50	0,50	0,40	0,50	0,50	0,40	0,50
C1 SUP	-	-	-	-	-	-	-
C1 MED	-	-	-	-	-	-	-
C1 INF	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL	5,20	5,20	5,30	5,30	5,30	5,20	5,30

Figure 17 : Exemple coupe de l'intercalaire A/C0'

C- Suivi de décapage :

Pendant cette étape le prospecteur suit le décapage et l'enlèvement des intercalaires ceux-ci par le contrôle et l'identification des niveaux repères et aussi suivre de près le :

❖ Nettoyage du :

- Marnes pour la préparation :
 - Sillon B.
 - Sillon A.
 - Couche 0'.
- Phosphate calcifié pour la préparation de :
 - Couche 2.

❖ Réalisation des bermes

Dans le but d'une bonne récupération du gisement, pour chaque partie décapé, il faut réaliser la bermme correspondante.

En réalité, ce n'est qu'une excavation superficielle aménagée souvent par les bulls et dont la profondeur ne correspond qu'à la hauteur du faisceau phosphaté : c'est une fausse berme.

Pour réaliser cette fausse berme, il faut pousser les déblais à l'extérieur en respectant les distances de chaque niveau à décaper avec une hauteur de la puissance de la couche découverte.

Dans le but d'une bonne récupération de gisement pour chaque niveau à déplacer il faut réaliser la fausse berme correspondante :

- ❖ 12 m pour le recouvrement au toit de sillon B.
- ❖ 8 m pour l'intercalaire B/A.
- ❖ 6 à 5 pour l'intercalaire C0/C0'.
- ❖ 1 à 2m pour l'intercalaire C1/C2.

D- Suivi de défuitage :

Dans cette phase le prospecteur veille à l'exécution d'une bonne berme et au nettoyage du mur.

Au sein de cette opération le prospecteur est mené de faire des saignés le long de la surface décaper, selon une maille précise, souvent 50m, pour faire l'échantillonnage. Aussi qu'il est appelé à déterminer les qualités sources à partir des résultats d'analyses des échantillons.

E- Mise en stock :

- ❖ Suivi des résultats des teneurs du phosphate stocké (sur TN ; Air de stockage trémie).
- ❖ Déterminer le taux de salissement.

2- Dans l'échantillonnage :

L'**échantillonnage** c'est une opération visant à prélever et à récupérer des échantillons spécifiques (représentatifs) de chaque niveau phosphaté.

Le matériel utilisé se compose d'un marteau, un godet et des petits sacs pour y remplir par les échantillons.

L'intérêt de l'échantillonnage est de connaître la teneur de chacun des niveaux phosphatés. On distingue 3 types d'échantillonnages :

- ❖ Echantillonnage d'une couche déjà déjà défruitée sur **un parement** d'une tranchée;
- ❖ Prélèvement **des saignées** creusées par bulle avant le défruitage du niveau à exploiter;
- ❖ Echantillonnage sur stock (par grappillage).

Pratiquement, pour prendre un bon échantillon sur un parement, il faut suivre les opérations suivantes :

- ✓ Nettoyage du mur du niveau phosphaté à échantillonner.
- ✓ Grattage sur toute sa puissance avant échantillonnée.
- ✓ Mesure de la puissance à échantillonner.
- ✓ Prélèvement de l'échantillon sur la totalité de la puissance du niveau.
- ✓ Quartage de l'échantillon prélevé.



Photo 18 : Echantillonnage Sur saignée



Photo 19 : Echantillonnage sur parement



Photo 20 : Echantillonnage sur Stock

On met les échantillons dans des petits sacs qui portent des informations sur l'échantillon qui sont les suivantes :

- ✓ Le nom de la sortie et de la piste où on a échantillonné;
- ✓ Le nom et l'épaisseur de la couche à échantillonner;
- ✓ Les coordonnés X, Y et Z.



Photo 21 : Les sacs des échantillons

LISTES DES TABLEAUX

	Page
Tableau 1 : principaux événements du groupe OCP.....	3
Tableau 2 : classification des phosphates selon leurs teneurs en BPL.....	7
Tableau 3 : Le découpage séquentiel.....	18
Tableau 4 : la comparaison entre l'amorçage latéral et séquentielle électrique.....	24
Tableau 5 : Comparaison entre les draglines et les bulldozers.....	27
Tableau 6 : Volumes et surfaces des couches phosphatées prévues à récupérer au niveau de la tranchée.	44
Tableau 7 : le coût prévu.....	46
Tableau 8 : Pourcentage des pertes sous cavalier au niveau des couches phosphatées inférieures.....	47
Tableau 9 : Le Coût d'extraction perdue.....	47

LISTES DES FIGURES

	Page
Figure 1 : Répartition géographique des principaux gisements phosphatés marocains.....	1
Figure 2 : Organigramme du Groupe OCP.sa.....	5
Figure 3 : structure chimique d'une d'atome du phosphate lié à un radical.....	7
Figure 4 : Modèle en 3D d'un ion tétraèdre groupement de phosphate.....	7
figure 5 : Théorie de Kazakov.....	9
Figure 6 : carte de la situation géographique du gisement ouled abdoun.....	10
Figure 7 : schéma représentant un dérangement phosphaté à MEA.....	11
Figure 8 : Coupe synthétique du bassin des Oulad Abdoun.....	12
Figure 9 : La situation géographique de MEA.....	13
Figure 10 : L'échelle géologique de Crétacé-paléogène.....	14
Figure 11 : Log stratigraphique synthétique de la série phosphatée de MEA	18
Figure12 : Coupe lithologique synthétique ZCS.....	19
Figure 13 : Coupe lithologique synthétique EZCN.....	19
Figure 14 : Coupe lithologique synthétique EZCS.....	20
Figure 15 : Principe de la foration au tricône.....	23
Figure 16 : types d'amorçage.....	25
Figure 17 : Schéma d'une tranchée sans berme.....	34
Figure 18 : Profil montrant une tranchée sans berme.....	35
Figure 19 : Projet d'une machine remplaçant la 7900 avec une flèche de 90m permettant une meilleure récupération du gisement.....	42
Figure 20 : Profil montrant la position d'une berme idéale.....	44
Figure 21 : Pertes sous cavalier au niveau des couches phosphatées inférieurs.....	46

LISTES DES PHOTOS

	Page
Photo 1 : Sondeuse bucyrus 50R.....	21
Photo 2 : Sondeuse bucyrus 45.....	21
Photo 3 : Sondeuse rotative reedrill SK 60 II – DIESEL.....	22
Photo 4 : Un terrain foré.....	24
Photo 5 : Exemple d'un puit.....	24
Photo 6 : le moment du sautage	24
Photo 7 : Remplissage des puits par l'Ammonix.....	24
Photo 8 : D9R pendant le décapage.....	26
Photo 9 : D11R pendant le décapage.....	26
Photo 10 : Engin 195 M.....	26
Photo 11 : Machine 9W.....	26
Photo 12 : Engin M7900.....	27
Photo 13 : Engin M8400.....	27
Photo 14 : Transport du stérile par un camion 170T.....	27
Photo 15 : Chargeuses sur pneus.....	28
Photo 16 : Les pelles électrique.....	28
Photo 17 : Les draglines.....	28
Photo 18 : Camion KOMATSU.....	29
Photo 19 : Déversement dans T1 et T2.....	30
Photo 20 : Bâtiment d'épierrage.....	30
Photo 21 : Stockeuse.....	30
Photo 22 : Nettoyage de la couche phosphatée par Bull D11.....	32
Photo 23 : Exemple d'un mauvais dressage du parement.....	33
Photo 24 : Position d'une berme dans L'EZCS pendant le stade de décapage.....	34
Photo 25 : Exemple 1 d'une mauvaise berme.....	35
Photo 26: Exemple 2 d'une mauvaise berme.....	36
Photo 27 : Exemple d'un chargement contre déblai.....	37
Photo 28 : Réalisation d'une tranchée avec une fausse berme.....	37
Photo 29 : Réalisation d'une berme par casement.....	40
Photo 30 : Exemple d'une dragline qui fait la troisième position.....	40
Photo 31 : Chargement par transport.....	41
Photo 32 : Délimitation des dérangements à l'avance par karkour.....	42
Photo 33 : Exemple des affaissements paraboles au niveau de la R7.....	43
Photo 34 : Nettoyage de la partie basale assuré par un paydozer.....	43

Bibliographie

- CHARROUD M. (1990). – Evolution géodynamique de la partie Sud-Ouest du Moyen-Atlas durant le passage Jurassique – Crétacé, le Crétacé et le Paléogène : un exemple d'évolution intraplaque. Thèse 3^{ème} cycle, Rabat, 234 p.
- HINAJE S. (2004). Tectonique cassante et paléochamps de contraintes dans le Moyen Atlas et le Haut Atlas central (Midelt-Errachidia) depuis le Trias jusqu'à l'actuel. Thèse Doc. Etat, Univ. Rabat,
- FEDAN B. (1988). – Evolution géodynamique d'un bassin intraplaque sur décrochements : (Moyen-Atlas, Maroc) durant le Méso- Cénozoïque. Thèse Doct. d'Etat. Univ. Mohammed V, Rabat, 338 p.
- Rapport Annuel de l'OCP 2008-2013.
- Les anciens rapports du stage Par service MEA.
- Bureau des plans Méthode et planning Groupe Office Chérifien des Phosphates, division MEA, service 321.

Webo-graphie

- [https://gisements-phosphates- maroc.wikispaces.com/Les+phosphates+Marocains](https://gisements-phosphates-maroc.wikispaces.com/Les+phosphates+Marocains)
- Site web / www.ocpgroupe.com
- Site web / www.wekkipedia.com