



Université Cadi Ayyad
Faculté des sciences et techniques
Département des Sciences de la Terre
Marrakech

Office Chérifien des phosphates
Service INK/CE/E-332. Sidi Chennane
Khouribga

RAPPORT DE STAGE DE FIN D'ETUDES
Licences sciences et techniques
Géologie Appliquée aux Ressources Minières

LST – GARM

**Délimitation de la zone dérangée dans les dépôts phosphatés de la
partie sud-est du Panneau 1 de Sidi Chennane, bassin des Oulad
Abdoun (Khouribga, Maroc)**

Réalisé par:

Bajbouji Marouan & Benrafai Yassine

Encadrés par :

Pr. Ait Addi A. (FST- Marrakech)

Dr. EL Kasbaoui Y. (OCP)

Soutenu, le 17 juin 2015, devant le Jury composé de :

Pr. Ait Addi A.

Pr. Chafiki D.

Dr. EL Kasbaoui Y.

ANNEE UNIVERSITAIRE : 2015-2016

DEDICACE

Nous dédions avec affection et respect ce modeste rapport de stage à :

Nos familles, nos chers parents, nos amis et enseignants, ainsi que les responsables du service INK/CE/E-332.

Remerciement

Ce travail n'aurait jamais pu être réalisé sans le soutien d'un grand nombre de personnes dont la patience, la générosité, la bonne humeur et l'intérêt manifesté à l'égard de notre travail qui nous a permis de progresser.

Nous tenons à présenter nos remerciements les plus sincères à la direction de l'office chérifien du phosphate qui nous a offert l'opportunité d'effectuer ce stage qui a passé dans les meilleures conditions qu'elles soient. Mes remerciements vont à Mr. Zda Fouad chef du service d'exploitation à Sidi Chennane.

Un grand merci à EL Kasbaoui Yassine. Notre Parain, pour ses conseils judicieux, son soutien permanent et les directives qu'il nous a prodiguées en tout moment. C'est par son encadrement appréciable et son attention que nous avons pu réussir ce travail.

Un grand merci à notre encadrant Pr: Ait Addi A. pour ses conseils judicieux.

Sans oublier d'adresser nos chaleureux remerciements à toutes les personnes que nous avons eu la chance de rencontrer durant cette période de stage pour leur accueil et convivialité et plus précisément Mr Majgan Abdelhamid et Mr Bouhmidi Sofiane.

Enfin, nos vifs remerciements vont à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réussite de ce travail.

| Les abréviations | Signification |
|------------------|--|
| 195M1 | Dragline MARION 195M1 |
| BPL | Bône phosphate of lime |
| BTN | Basse teneur normal |
| BTR | Basse teneur riche |
| BTT | Qualité basse teneur traitable |
| C1/C2 | Intercalaire couche1/couche2 |
| CI | Couche II (les chiffres (0.I.II.III) indiquent le numéro de la couche au sens du découpage minier) |
| D11 | Bulldozer D11 |
| DN | Dalle à nodules |
| HTM | Haute teneure moyenne |
| HTN | Haute teneure normal |
| M DH | Million dirhams |
| MED | Médiane |
| MT | Moyenne teneur |
| PMK | Exploitations minières de Khouribga |
| OCP | Office chérifien des phosphates |
| SA | Sillon A |
| SHT | Super haute teneur |
| TBT | Très basse teneur |
| THT | Très haute teneur |
| P1 | Panneau 1 |
| T2 | Trémie 2 |
| C1-Inf. | Couche 1 Inferieur |
| S-BTR | Stock Basse Teneur Riche |
| C1-T | Couche 1 Totale |

AVANT-PROPOS

Suivant le règlement du système de la formation professionnelle chaque stagiaire doit passer un stage avant d'achever sa formation, pour améliorer ses informations et enrichir ces idées concernant ses études.

Le stage a des objectifs qui sont les suivants :

- Mettre le stagiaire en contact avec le monde de travail
- Élargir l'espace de connaissance et d'échange mutuel.
- Marquer l'importance de la pratique dans le domaine professionnel.
- Permettre au stagiaire de contacter des personnes plus qualifiées et expérimentés dans les deux domaines : théoriques et pratiques.
- En plus le stage est une étape incontournable dans un cursus de formation.
- Généralement, le stage complète la formation théorique et permet au stagiaire de vivre dans un milieu de travail où se trouve l'esprit d'équipe.

1. Introduction

Au Maroc, les phosphates sont les premières ressources minières, possédant les plus importants gisements des phosphates dans le monde, soit plus des trois quarts des réserves mondiales (Lenoble et al, 1952 ; Moutaouakil, 1990). Ces phosphates sont caractérisés par leurs situations géographiques, leurs qualités marchandes, leurs diversités et le plus important par leurs teneurs élevées en P₂O₅ ; le phosphate marchand du Maroc sans enrichissement a une teneur de 30 % et qui se calcule comme suit BPL (Bone Phosphate of Lime) = 2,18 * % P₂O₅. Ils accordent au Maroc une place particulière dans le marché international ; premier exportateur des phosphates avec 31,5 % en 2011 à 33,2 % en 2012 et troisième producteur. Sa production annuelle est de 28,4 millions de tonnes, avec 18 millions de tonnes en 2012 à la mine de Khouribga avec une évaluation du potentiel en ressources de 56 milliards de tonnes (Rapport OCP, 2012).

2. Historique

L'extraction du phosphate à Khouribga a commencé en février 1921 par l'office chérifien des phosphates, créé le 7 Août 1920.

Au début, l'exploitation se faisait en souterrain et ne concernait qu'un niveau phosphaté : la couche 1.

- En 1952, l'exploitation en découverte a démarré à Sidi Daoui, elle s'est étendue en 1965 à Merah El Ahrach, et en 1994 à Sidi Chennane. A partir de 1977, avec la maîtrise des opérations minières relatives aux niveaux minces les niveaux phosphatés sillons B et sillon A sont systématiquement récupérés sélectivement dans tout le gisement exploité en découverte, le nombre d'étage est alors passé à 7 et le nombre de qualités à 2, la haute teneur et la basse teneur.

- En 1986, avec l'entrée du complexe Jorf Lasfer en régime de croisière, une troisième qualité source, la moyenne teneur a été créée grâce à la mise en œuvre de la sélectivité verticale de la couche, en couche IIA et couche IIB, ceci à MEA et au chantier recette IV de Sidi Daoui.

- En 1992, généralisation de la sélectivité verticale et horizontale à tous les niveaux sources, et production de huit qualités sources : SHT, THT, HTN, HTM, MT, BT, TBT.

- En 1994, fermeture de la dernière recette, en occurrence la recette 10, exploitant le phosphate en souterrain de la couche 1.

- En 1994, démarrage de l'exploitation du gisement de Sidi Chennane.

- En 1999, récupération des niveaux supérieurs (SB, SA et CO') et de la

PERSONNEL DU GROUPE OCP

L'O.C.P emploie des effectifs très importants relevant de divers domaines de Géologie, Chimie, Mine, Gestion. Etc. Ce personnel est régi par le statut du mineur du 1er janvier 1973 et il est classé en trois catégories :

- Les **Hors-Cadre** : HC ingénieurs et assimilés.
- Les **TAMCA**: Techniciens, Agents de Maîtrise et Cadres Administratifs.
- Les **OE** : Ouvriers et Employés.

Les TAMCA et les OE sont eux-mêmes classés en catégories :

- Les TAMCA :
 - Petite maîtrise : X3, X4
 - Grande maîtrise : X5, X6
- Les O.E :
 - Petite catégorie : C3, C4
 - Grande catégorie: C5, C6, C7

Tout agent a un matricule qui permet de connaître son grade à lequel il appartient et sert pour la gestion des salaires.

4. Mission du groupe OCP.

La mission du groupe OCP est résumée dans les deux points suivants :

1. Extraire les phosphates bruts, les traiter pour les rendre marchands et les commercialiser.
2. Valoriser une partie de la production phosphatée dans les usines chimiques, soit sous forme d'acide phosphorique, ou sous forme d'engrais.

Ceci se fait en suivant les étapes que nous allons détailler dans ce qui suit :

L'extraction : elle se réalisait avant dans des gisements en souterrain, mais cette technique s'est avérée très coûteuse. Elle a été abandonnée et l'exploitation à migrer vers une extraction à ciel ouvert, qui est devenu désormais une nouvelle stratégie adopté par l'OCP.

Le traitement : il consiste principalement à laver, sécher et calciner le phosphate sec d'un brut pour éliminer les impuretés et l'humidité pour aboutir à un phosphate sec d'une qualité marchande valable.

La valorisation : elle vise la transformation du phosphate brut en acide phosphorique. La production du groupe en matière d'acide phosphorique(P_2O_5) et d'engrais, est exporter principalement vers l'inde (507 MT) l'Iran (402 MT) la France (370 MT) le Pakistan, la Turquie (157 MT) et la Libye (143 MT).

La commercialisation du phosphate et de ses dérivés se fait aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur du Maroc. Il y'a une évolution continue des exportations du phosphate par les embarquements de Casablanca, Safi et Jorf-Lasfer depuis 1982.

5. Aspect Juridique

Le dahir du 27 janvier de 1920 a attribué à l'état Marocain à la participation aux recherches minières et l'exploitation du phosphate dans tout le royaume. Le dahir du 7 Août de 1970 décréta la fondation de l'office chérifien des phosphates comme filiale publique qui sera gérée dans des conditions légales, techniques et psychologiques identique à un établissement industriel et commercial, et c'est à partir de 1975 qu'il s'est organisé en groupe OCP.

Le groupe OCP opère dans le domaine de l'industrie des phosphates et de ses produits dérivés. Le directeur général et le conseil d'administration sont nommés par Dahir. Le groupe O.C.P est une entreprise semi-publique, la nature de son activité est à la fois commerciale et industrielle. Elle bénéficie de l'autonomie d'une entreprise privée. L'état n'intervient en aucun cas dans la gestion financière de l'O.C.P, son Directeur Général est nommé par le Dahir Royal qui est contrôlé par un conseil d'administration présidé par le premier ministre.

1. Généralités sur les phosphates

1.1. Définition des phosphates

Les phosphates sont des roches exogènes contenant une quantité plus ou moins élevée en P_2O_5 . Selon la classification minéralogique internationale de 1974, il y en a deux familles de phosphate (El Haddi, 2014) : La première liée à l'apatite dite phosphatite, qui se classe selon la présence et la taille des éléments figurés. La deuxième famille des roches est dite phosphorites qui se classent suivant le type de minéral, la texture, la structure, la nature de l'exogène et surtout par sa richesse en P_2O_5 qui doit être supérieur à 18 %.

1.2. Phosphatogenèse

L'étude de la Phosphatogenèse, quel que soit le gisement considéré, pose essentiellement deux problèmes :

Quelle est l'origine première du phosphore renfermé dans le gisement de phosphate ? Cette origine étant supposée connue, par quels processus et dans quelles conditions le gisement s'est-il formé ?

Trois théories ont été déterminées pour expliquer l'origine des phosphates à chaux :

- Théorie Biolitique :

Il se limite à l'intervention des organismes (assimilation du phosphore dissout dans les eaux de mers) lorsque les conditions deviennent insupportables (salinité, refroidissement ...) les organismes sont fossilisés et cimentés par la calcite ou rarement la silice. (Rapport OCP, 2012).

- Théorie Abiolitique:

Renvoie la formation des phosphates au lessivage de l'apatite (minerais des roches éruptives dont la formule chimique $Ca_5(PO_4)(OH, F, Cl)$).

- Théorie de Kazakov 1939:

En se basant sur des données océanographiques, Kazakov (1939) constate que la teneur en P_2O_5 de l'eau de mer croît avec la profondeur à partir du bas de la zone d'oxydation. Son maximum est atteint vers la profondeur de 500 m avec un pourcentage important du gaz carbonique (PH diminue). 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 (Bakun, 1990; Fig. 3).

Selon Kazakov (1939) le dépôt du phosphate s'opère à des profondeurs comprises entre 200 et 500 m. Cette théorie apparaît la plus logique pour expliquer l'origine des phosphates.

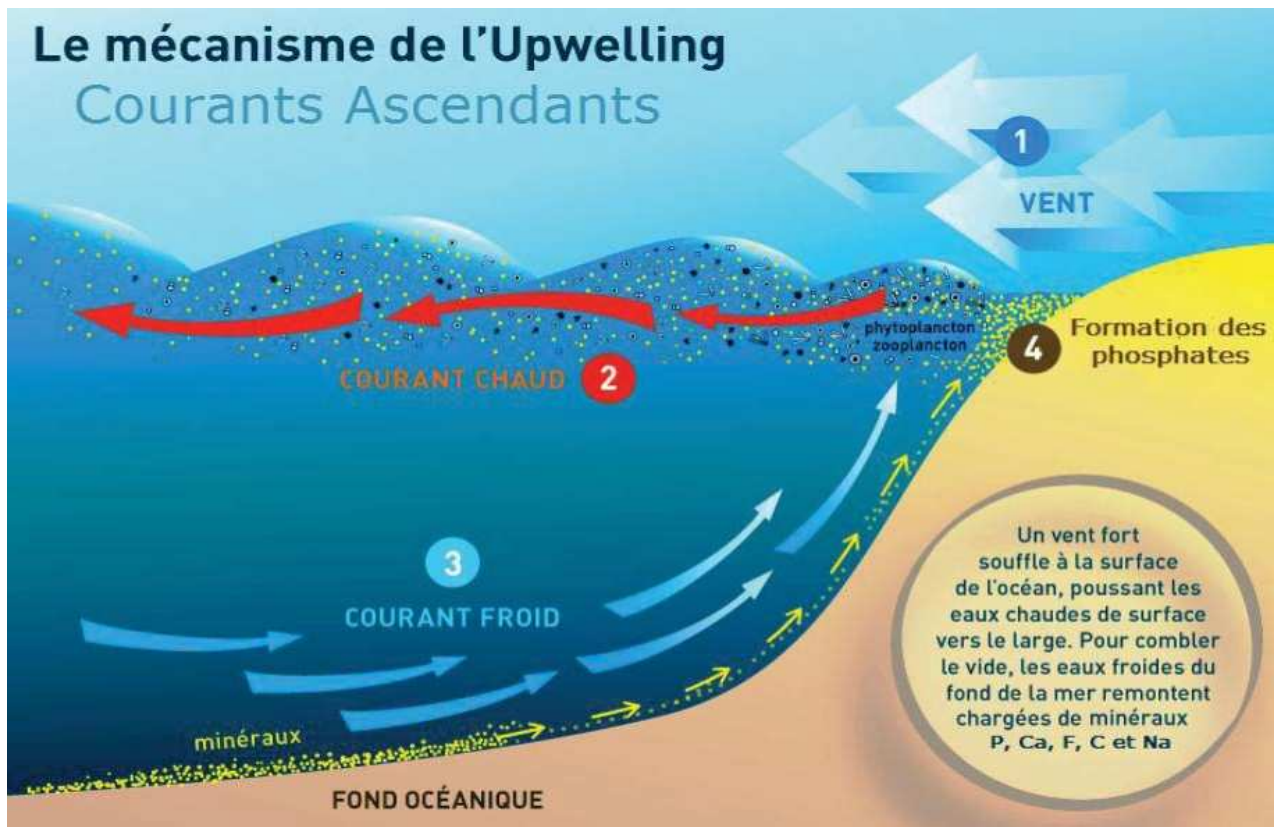


Fig. 3: Mécanisme des courants ascendants Upwelling (D'après Bakun, 1990)

1.3. Teneur du phosphate en P_2O_5

Le phosphate est systématiquement analysé dans toute prise d'échantillon de prospection. Ses teneurs en P_2O_5 sont déterminées sous forme de BPL (Bonne Phosphate Of Lime). $BPL = \% Ca_3(PO_4)_2$ avec l'équivalence : $P_2O_5 = 2.185BPL$. Le maximum de teneur enregistrée est de 86.66% BPL dans la mine G de Boucraâ, (rapport OCP, 2012).

2. Bassins phosphatés marocains

Les phosphates marocains se répartissent en plusieurs bassins d'importance inégale (Gharbi et Mchichi, 1996) Ci-dessous nous donnons une description sommaire des quatre principaux bassins (Fig. 4).

2.1. Bassin des Gantour.

Il est situé entre les massifs des Rhamna au Nord et les Jbilet au Sud. A l'Ouest il est limité par les collines jurassiques de Mouissat et se prolonge à l'Est jusqu'aux rives de l'Ouest Tessaout. Le bassin des Ganntour renferme deux centres miniers (El Haddi, 2014) : le premier à l'Yousoufia qui se trouve à l'extrémité occidentale du bassin et le deuxième à Benguérir au centre de celui-ci. La série phosphatée de ce bassin s'étend du Crétacé sup. (Maastrichtien) à l'Eocène (Lutétien sup.) (Gharbi et Mchichi, 1996).

2.2. Bassin de Meskala

Il se situé à environ 150 km au Sud de l'Yousoufia, au pied de l'Atlas, le gisement était l'objet d'une intense campagne de recherche il y a quelques années. Tectoniquement morcelée en sous bassins (Imi n'Tanout et Chichaoua), la série phosphatée ressemble fortement à celle des Gantour et la couche phosphatée danienne a été atteinte dans un sondage près d'Imi n'Tanout à 500 m de profondeur avec à peu près 300 m d'alluvions sur la série (Belfkira, 1980) : Il est limité par la plaine alluviale de Mejjatte, à l'Ouest par les affleurements permotriassiques de l'Ouest Tidsi qui le sépare de la plaine côtière d'Essaouira et au Sud par le Haut Atlas occidental. La puissance totale de la série phosphatée, d'âge Maastrichtien-Lutécien, est d'environ 130 m en moyenne (Gharbi et Mchichi, 1996).

2.3. Bassin d'Oued Eddahab

Il se situé au Sahara marocaine à 100 km au Sud-est de la ville de Laâyoune et à 1200 km de Casablanca. Compris entre le Précambrien et le Paléozoïque de la dorsale de Rguibat et l'Océan Atlantique (Rios, 1972) : Il s'étend du Nord au Sud-ouest jusqu'aux environs de Nouadibou. Les dépôts phosphatés de ce bassin beaucoup plus au Nord que les affleurements actuels et l'érosion réduisent ses extensions. Ces dépôts phosphatés s'étend du Maastrichtien sup. à l'Eocène inférieure.

Cette série dont la puissance varie de 13 à 45 m, est formée de 3 niveaux principaux de phosphate (40 à 77% BPL) seul la couche 1 est exploitée à ciel ouvert (Gharbi et Mchichi, 1996).

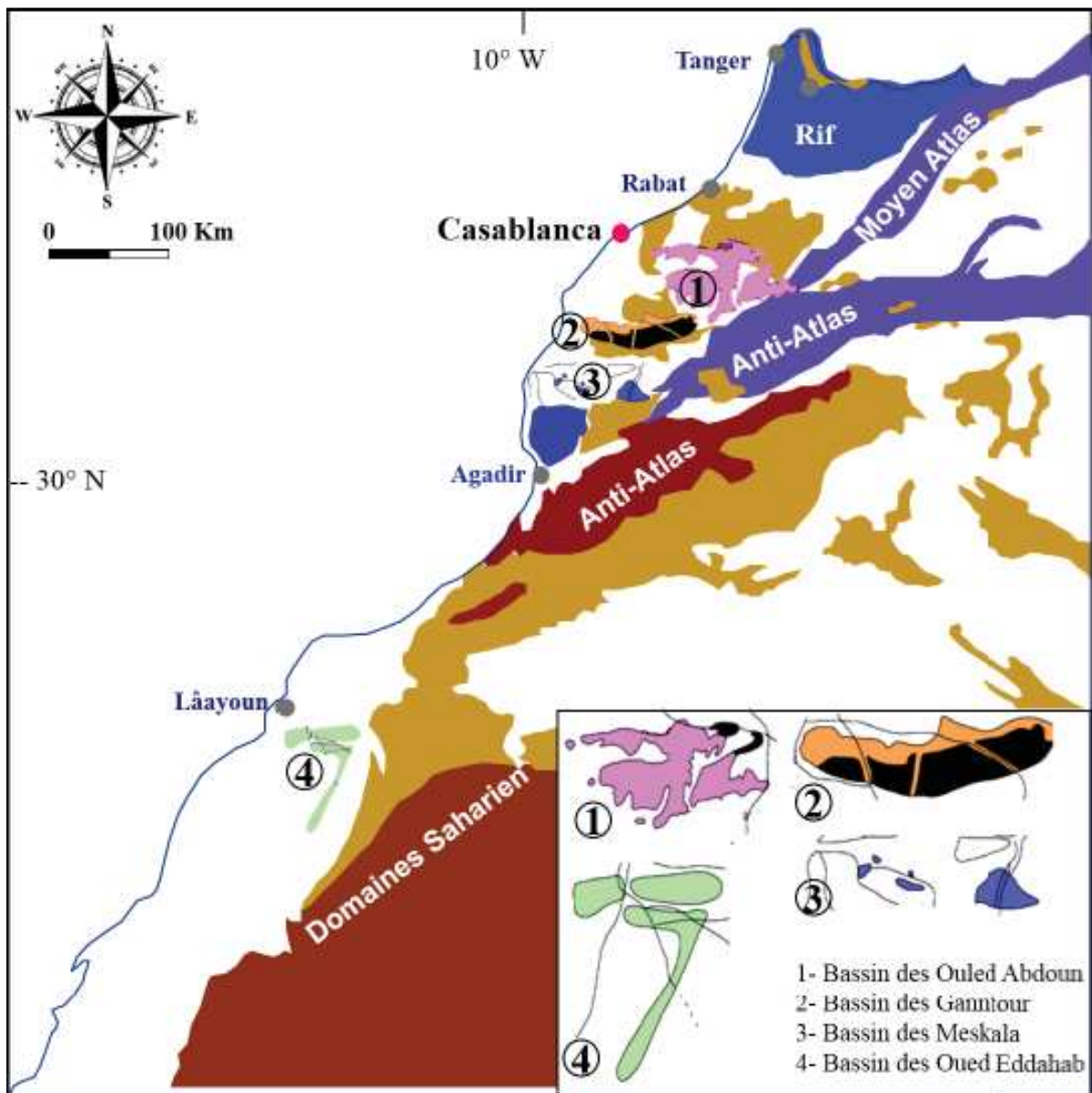


Fig. 4: Schéma structural du Maroc et localisation des bassins phosphatés marocains. (D'après Piqué *et al*, 2001) modifiée

2.4. Bassin d'Oulad Abdoun

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

Le bassin d'Oulad Abdoun s'étend sur une superficie de 4000 Km² environ, occupe la majeure partie du plateau des Ouardirha ou plateau des phosphates. Il est limité au Nord par les affleurements où l'on rencontre les villes d'Oued-Zem, et Khouribga et au sud-est par la bordure du Haut-Atlas de Béni Mellal. Chennane Ces dépôts phosphatés s'étend du Maastrichtien sup. à l'Eocène inférieure. La puissance total de la série phosphatée passe d'une quarantaine de m au nord de Khouribga à plus de 140 m au sud du bassin (Gharbi et Mchichi, 1996).

L'exploitation des phosphates se fait actuellement dans trois mines à ciel ouvert : Sidi Daoui en cours d'épuisement, Marah El Arech, et Sidi Chennane.

➤ *Les différentes zones du bassin d'Oulad Abdoun :*

Le bassin d'Oulad Abdoun qui occupe un vaste étendu du plateau de phosphate, est limite au nord à l'ouest par les affleurements de la base de la série de Beni Amir et à l'est par le haut atlas de Beni Mellal. Il s'étend au sud-est de la ville de Settat sur environ 80 Km de l'ouest à l'est et de 60 Km du nord au sud, vers l'est il se poursuit par de bassin de Tadla qui est structurellement considéré comme le prolongement du bassin d'Oulad Abdoun.

Le gisement des Oulad Abdoun est reparti en plusieurs zones différenciées les une des autres par des variations assez importantes (Fig. 5), ces zones sont :

- Zone de Khouribga.
- Zone de Sidi Daoui.
- Zone de Sidi Chenane.
- Zone de Mrizg.
- Zone de Merah El Ahrach.
- Zone de Sidi Hajjaj.
- Zone de Ouled Fares.
- Zone de Ouled Semaine.
- Zone d'Halassa.

La présente étude porte sur le gisement de Sidi Chennane appartenant au Bassin d'Oulad Abdoun.

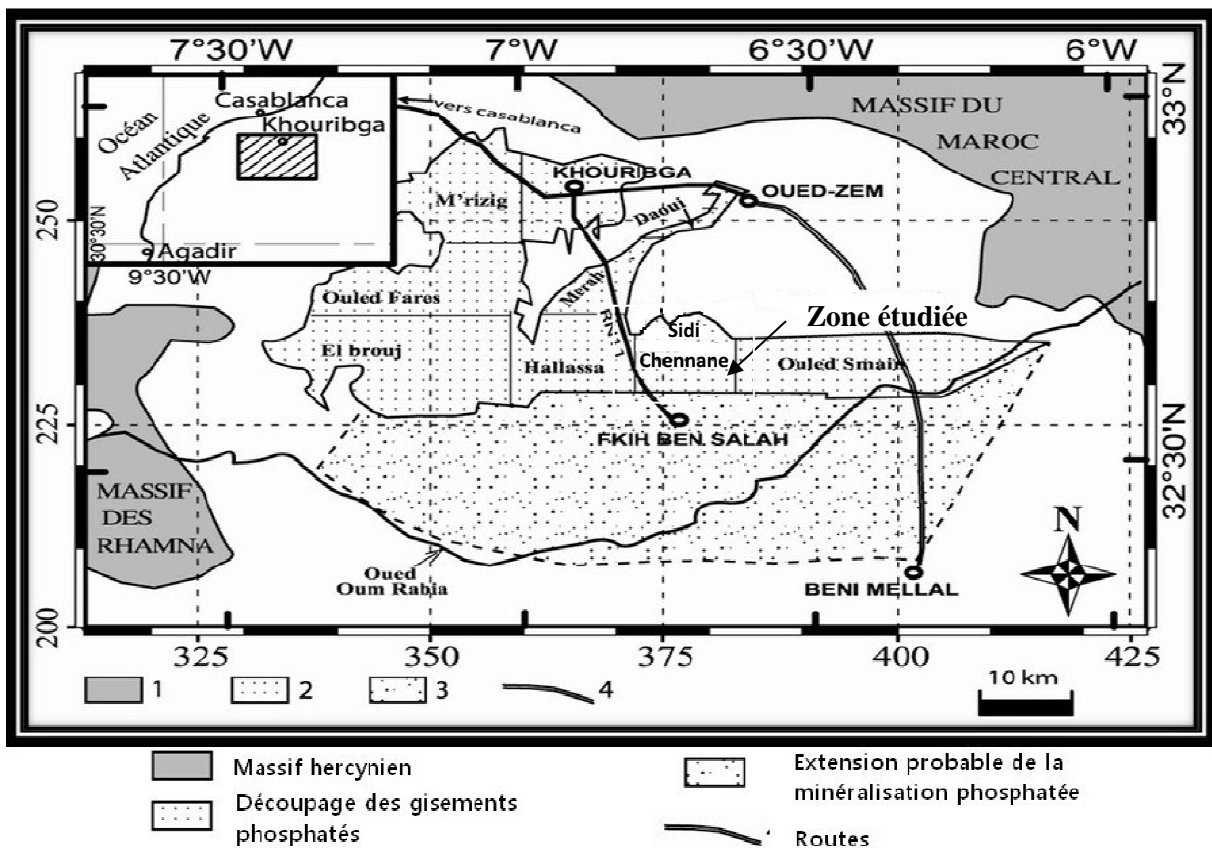


Fig. 5: les différents gisements du bassin d'Oulad Abdoun (Kchikach et al, 2002).

3. Le secteur de Sidi Chennane

3.1. Contexte géographique

Le gisement de Sidi Chennane est localisé à 35 km au Sud-est de Khouribga, 25 km au Sud-ouest d'Oued Zem et 20 km au Nord de Fkih ben Saleh. Il est délimité à l'Ouest par le méridien Lambert 372 500 au Sud par le parallèle Lambert 228 000, à l'Est par la route principale RP22 et au Nord par les affleurements de la base de la série phosphatée.

Le domaine de Sidi Chennane Nord a été découpé en 4 panneaux (Fig. 12) : les panneaux 1, 2, 4 à faible recouvrement et le panneau dragline caractérisée par ses hauts recouvrements qui peuvent dépasser les 30 m par endroit.

Le gisement de Sidi Chennane est exploité pour maintenir la capacité actuelle de la production de la zone de Khouribga.

3.2. Contexte géologique

Le gisement de Sidi Chennane fait partie des parcelles du bassin phosphaté des Oulad Abdoun. Le gisement de phosphate, de type sédimentaire présente plusieurs couches phosphatées. Ces couches alternent avec des niveaux de marnes et de calcaires (Fig. 6).

Le gisement en question a été retenu pour prendre la relève à la place du gisement dit du grand Daoui. Au sein du gisement, des discontinuités appelées perturbations ou dérangements affectent la série phosphatée.

- Coupe lithologique de Sidi Chennane

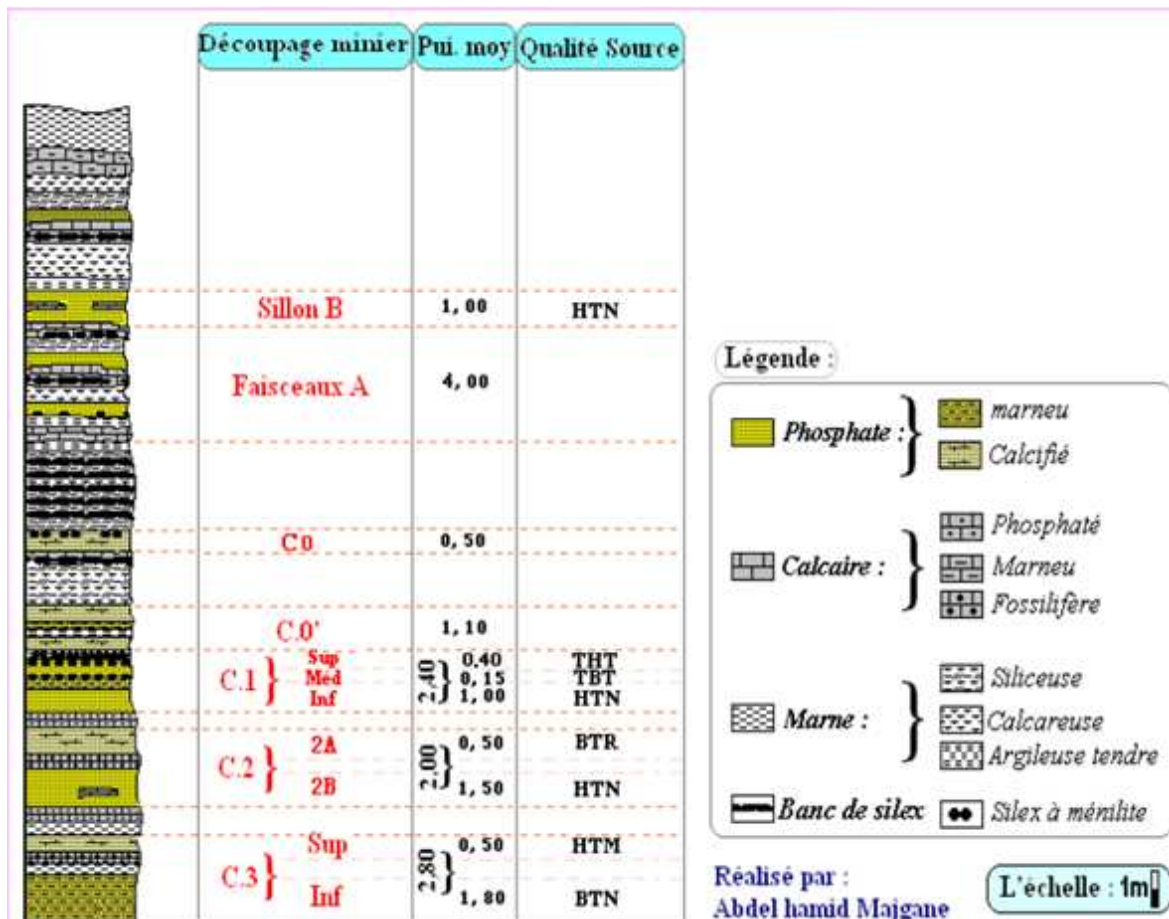


Fig. 6 : Coupe synthétique de Sidi Chennane (D'après Majgane, 2012)

➤ Description de la série phosphatée : (de bas vers le haut)

- la couche 3 :

Elle se subdivise en deux parties : la couche 3 inférieure constituée d'un phosphate grossier, meuble plus au marneux, l'intercalaire C3 inf /C3 sup qui est formé de calcaire phosphaté fossilifère et la Couche 3 supérieures formée d'un niveau de phosphate à grains grossiers à moyens, parfois calcareux à débris osseux à la base, légèrement marneux au sommet.

- l'intercalaire C2/C3 :

Il est formé de bas en haut par un niveau de marnes très peu phosphatées ou siliceuses, des bancs de calcaire marneux à la base et phosphaté au sommet. Ce calcaire est généralement à toit raviné, il arrive même qu'il soit totalement absent, mettant ainsi directement le phosphate de la C2 sur les marnes de la C3.

- la couche 2 :

Elle est subdivisée en deux parties essentielles couche 2 inférieure constituée de phosphate à grains grossiers à moyens avec des débris osseux notamment à sa base. Elle repose le plus souvent sur du calcaire phosphaté, Couche 2 supérieure formée de phosphate calcifié qui repose souvent sur le toit de la couche 2 inférieure. Elle repose sur une banquette de calcaire phosphaté.

- l'intercalaire C1/C2 :

Il est formé par un calcaire phosphaté à coprolithe légèrement marneux à la base. Ce calcaire peut renfermer quelque bloc de silex ou des cavités du phosphate.

- la couche 1 :

Elle est subdivisée en trois niveaux qui sont de bas en haut :

- la couche 1 inférieure : formée par un phosphate coprolithique à grains grossiers à moyens. Elle renferme une à deux rangées de rognons de silex, et elle est fréquemment marneuse en son toit.

- La couche 1 médiane : formée par des phosphates plus au moins marneux et pouvant évoluer au sommet à une marne calcaire légèrement phosphatée.

- La couche 1 supérieure : formée par un phosphate légèrement calcifié ou marneux par endroits avec un banc de silex continu au toit.

- l'intercalaire C0'/C1 :

Il est constitué de bas en haut par des marnes tendres à plastiques avec des nodules de silex des calcaires phosphatés légèrement marneux.

- la couche 0' :

Elle est séparée en deux parties par un niveau de calcaire marneux. La partie supérieure est constituée de calcaire phosphaté ou de phosphate calcifié et la partie inférieure est constituée de phosphate marneux et elle est parfois calcifiée.

- l'intercalaire C0/C0' :

Il est constitué par des marnes qui sont parfois siliceuses et pouvant renfermer des poches de phosphate et d'un niveau de calcaire phosphaté sur lequel se repose les phosphates de la couche 0.

- la couche 0 :

Elle est formée par des phosphates meubles parfois marneux ou calcifiés. Il arrive qu'elle se subdivise en deux niveaux séparés par une mince passée de marnes légèrement phosphatées ou par des calcaires marneux.

- l'intercalaire A/C0 :

Il est formé par plusieurs niveaux dont les principaux sont de bas en haut :

-un niveau de marnes légèrement phosphatées qui peuvent être argileuses plastiques ou calcaireuses indurées. Ce niveau est surmonté par un banc plus au moins régulier de silex et un niveau assez régulier de phosphate, suivi par des marnes siliceuses avec deux à trois passées de silex.

Une passée de calcaire phosphaté renfermant de gros silex.

- **Faisceaux A :**

C'est un niveau formé par du phosphate meuble renfermant par endroits une mince passée de marne siliceuse à silex.

- **l'intercalaire B/A :**

Il est constitué de bas en haut par une alternance des niveaux de phosphates plus au moins puissants et de marnes avec des bancs de calcaire ou de silex et un niveau de calcaire phosphaté renfermant des blocs de silex formant ainsi le mur du sillon B.

- **le sillon B :**

Il est formé par des grains de phosphates grossiers à moyens et pouvant renfermer des blocs de silex dans sa partie inférieure. Il est fréquemment subdivisé en deux parties par une banquette de calcaire phosphaté ou marneuse.

- **le recouvrement toit SB**

Il est constitué de bas en haut par une alternance de marnes, de marnes siliceuses, de calcaires marneux et des sillons de phosphate parasites, une alternance des marnes, des marnes siliceuses, des calcaires marneux et calcaire coquillé (à thersité), dont la puissance varie suivant la topographie de terrain.

3.3. Méthodes et phases d'exploitation à sidi Chennane

a. Les méthodes d'exploitation :

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

- *Méthode sélective :*

C'est une méthode d'exploitation qui consiste à prendre séparément les couches de phosphates et les intercalaires, dans cette méthode la foration et le sautage concernent seulement les intercalaires, elle permet de préserver les teneurs des couches riches mais avec quelques inconvénients qui se résument en :

- L'augmentation de nombre des opérations minières
- La difficulté d'organisation du chantier
- Le faible taux d'utilisation des machines
- Le faible rendement des machines

- *Méthode globale :*

C'est une méthode qui consiste à prendre globalement les couches phosphatées et les intercalaire, dans cette méthode, la foration et le sautage concernent tout le faisceau phosphaté et l'intercalaire. Cette méthode tend à améliorer le taux de récupération et le rendement des machines, et à réduire le nombre d'opération. Cette méthode risque de mélanger le stérile avec le minerai pendant le sautage ce qui va diminuer impérativement la teneur.

b. La Chaîne cinématique d'exploitation :

- Foration

Elle consiste à forer des trous de diamètres 9'' = 228 mm (Fig. 7: b), ce choix permet d'avoir une énergie importante dégagée par l'explosif. Ces derniers serviront des loges pour les charges explosives, et leur profondeur dépend de celle du niveau phosphaté.

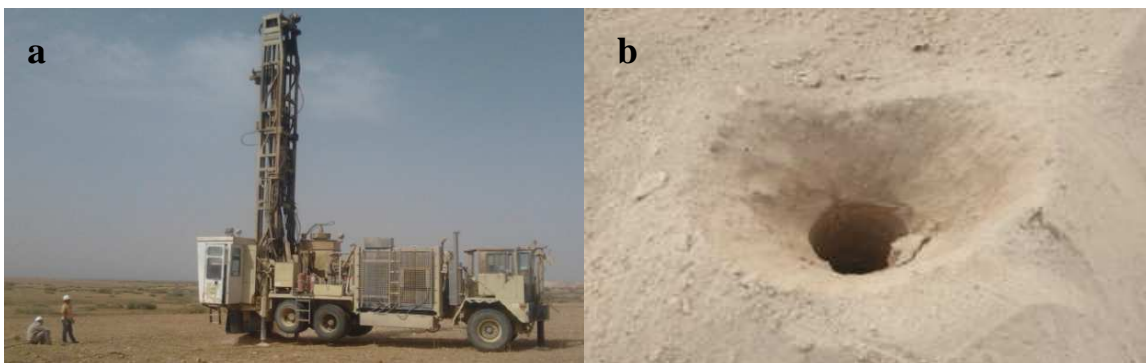


Fig.7 : a- photo d'une sondeuse qui effectue l'opération de Foration, b- photo d'un trou de Forage.

Maille de Foration:

La distance entre deux trous consécutifs dépend de plusieurs paramètres à savoir:

- La dureté de la roche.
- La puissance de l'explosif.
- La granulométrie désirée.
- La nature du terrain.
- Le type d'engin qui va faire l'aménagement (dragline ou bulles).
- La capacité du godet.

- Sautage

Cette opération consiste à mettre l'explosif dans les trous de Foration et procéder au tir (Fig. 8).

L'explosif utilisé dans les mines à ciel ouvert de Khouribga est l'Amonix composé de nitrate d'ammonium 94% et de fuel 6%.le choix de telle explosif est justifier par le fait qu'il est :

- ✓ Sécuritaire : insensible au choc ($10 \text{ kg} / \text{cm}^2$)
- ✓ Economique : 4 DH / kg.
- ✓ Facile à mettre en œuvre.



Fig. 8: photos montrant le remplissage de la perforation par la matière explosive.

- Décapage

Le décapage sert à enlever les morts terrains pour découvrir les couches phosphatées (Fig. 9). On distingue plusieurs modes de décapage suivant la hauteur des recouvrements :

- ✓ Décapage par dragline pour les hauts recouvrements
- ✓ Décapage par bulldozers pour les bas recouvrements.
- ✓ Chargement et transport : en cas d'impossibilité de casement.



**Fig. 9 : a- Décapage par poussage, b- Décapage par casement
c- Décapage par transport**

- Défruitage

Il s'agit de prendre le fruit qui n'est que le phosphate (Fig. 10).

Les couches minces sont aménagées par les bulles puis chargées par des chargeuses, tandis que les couches épaisses chargées par les draglines.



Fig. 10: photos montrant l'opération de défruitage.

- Transport

Le transport vers les trémies d'épierreage et criblage est assuré par des camions de capacité de 110 t et de 170 t.

L'affectation des camions aux machines obéit au principe qu'aucune machine (pelle ou dragline) ne soit en arrêt sauf en cas de panne en plus des paramètres suivants :

- ✓ Rendement des machines et camions (heures continues de travail pour les machines et le nombre de voyage pour les camions).
- ✓ Cycle des machines et camions.
- ✓ Distance de transport.

- ✓ Niveau à charger (couche mince ou épaisse).
- ✓ Capacité de trémie d'épierrage – criblage.
 - Epierrage et mise en stock

Cette opération close le cycle de la chaîne cinématique. Elle consiste à un simple traitement du BPL qu'on peut le résumer dans les étapes suivantes (Fig. 11):

- ✓ Dépôts du phosphate dans les trémies.
- ✓ Passage par l'extracteur métallique.
- ✓ Epierrage sur le crible de maille 90*90 mm².
- ✓ Le passant convoyé au stock.

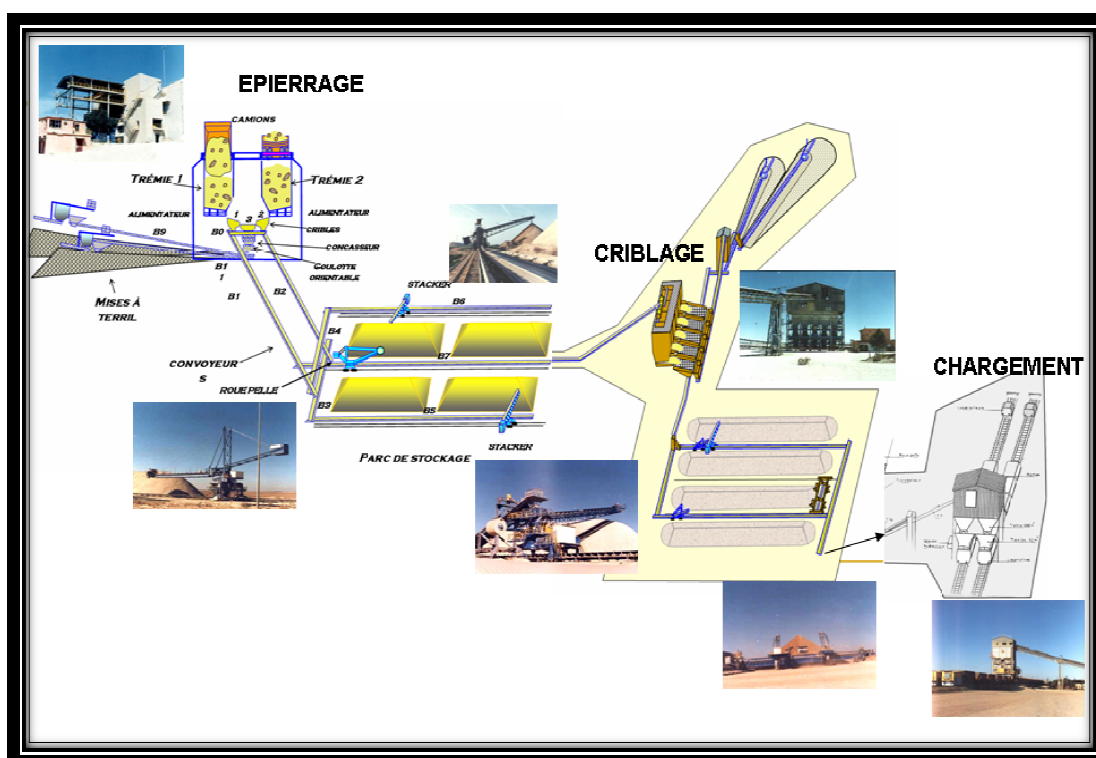


Fig. 11: L'opération épierrage, criblage, et la mise en stock.

3.4. Les objectifs de cette approche.

- la Correction de la surface dérangée déterminée par l'étude géologique.
- détermination des Recouvrements au toit de la couche 1.
- Calcule des réserves en phosphate ajoutés dans la zone étudiée.
- proposition du Scénarios du sens d'évolution de l'exploitation dans la zone étudiée.

1. Introduction

Le gisement de Sidi Chennane est caractérisé par l'abondance des dérangements qui sont des perturbations de la série phosphatée ainsi que des failles et de plis qui indiquent l'importance de l'activité tectonique du fait de son rapprochement de la chaîne de l'Atlas. Il représente ainsi la zone la plus affectée par les accidents dans le bassin d'Oulad Abdoun (Kchikach et al. 2002).

L'étude géologique du Panneau 1 Sidi Chennane a montré des zones dérangées étendues dans la partie Sud-est du panneau 1. Des tranchées d'exploitation ont confirmé la calcification de la série phosphatée et l'abondance des dérangements par endroit, ce qui a mené les responsables de la mine à éviter entièrement la zone dérangée déterminée dans l'étude géologique.

L'importance des réserves potentielles dans la zone citée a poussé les responsables de revoir à nouveau la fiabilité des résultats donnés par l'étude géologique. Pour cela on a procédé aux sondages avec une maille plus serrée.

Ce travail vise la collecte des données de l'ensemble des sondages effectués dans la zone et ainsi l'établissement d'une nouvelle délimitation de la surface dérangée. On proposera par la suite des sens d'évolution de l'exploitation dans la zone étudiée.

2. Les dérangements du panneau 1

Le Panneau 1 est situé à l'extrême Est du gisement de Sidi Chennane à environ 40 km à vol d'oiseau au Sud Est de la ville de Khouribga (Fig.12).

Le Panneau 1 est limité:

- Au Nord par les affleurements de la série phosphatée.
- A l'Est par la route R309 reliant les villes de Fquih Ben Salah et Oued Zem.
- Au sud par le parallèle Lambert n°226500.
- A l'Ouest par la zone Dragline et le Panneau 2.

Les travaux d'exploitation ont démarré dans ce Panneau en 2006 du côté des affleurements Nord Ouest et ont intéressé les Couches 3, 2, 1, 0', 0 et le Sillon A.

La surface totale de ce Panneau est de 2895ha.

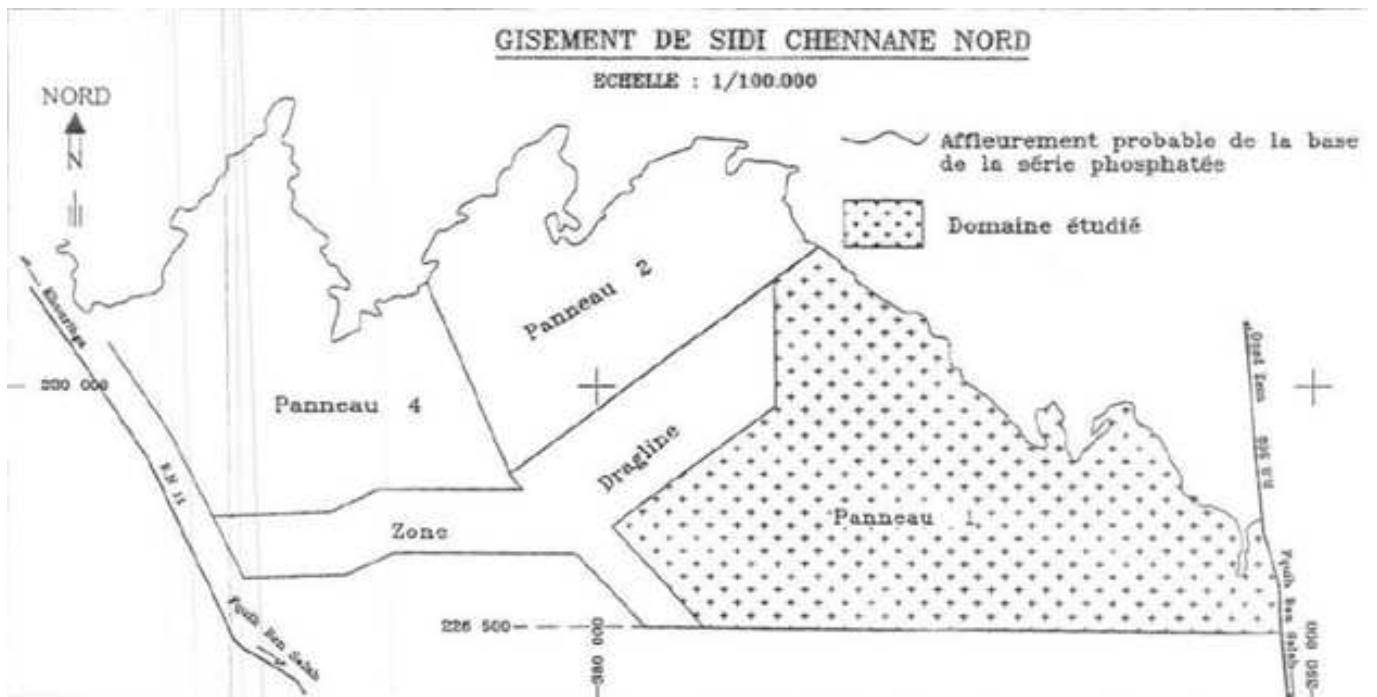


Fig. 12: Subdivision du Gisement de Sidi Chennane (Rapport OCP, 2012).

Dans le panneau 1 les travaux de reconnaissance géologique ont mis en évidence des phénomènes qui perturbent la régularité de la série phosphatée et qu'on désigne sous le nom de «dérangements». Le gisement de Sidi Chennane est caractérisé aussi par l'abondance de failles et de plis qui indiquent l'importance de l'activité tectonique du fait de son rapprochement de la chaîne de l'Atlas. (El Assel et al. 2013).

- *Dérangement :*

On appelle « dérangement » toute perturbation de la succession habituelle des lithofaciès de la série phosphatée qui rend la délimitation des différentes entités impossible. L'exploitation qualifiée de « dérangement », toute structure stérile, généralement très dure, qui perturbe l'évolution de la chaîne cinématique. (El Assel et al. 2013).

- *Forme des dérangements :*

Les dérangements, rencontrés à Sidi Chennane ont en général une forme subcirculaire, subconique ou quelconque. Ils sont constitués de matériaux formés d'éléments de la série (marnes, calcaires, phosphate et silex). Ils présentent, en général, une couleur jaunâtre à blanchâtre. (El Assel et al. 2013).

- La classification des dérangements :

Cette classification est basée (Kchikach et al.1990) sur les aspects suivants:

- L'ampleur des « dérangements », selon qu'ils affectent totalement ou partiellement la série phosphatée.
- Nature des matériaux qui le constituent.
- La dureté des matériaux constituants.
- L'existence ou non de la stratification à l'intérieur des dérangements.

a. Dérangement de type I:

Ce sont tous les dérangements qui affectent toute la série phosphatée. Il s'agit d'un mélange de calcaire, de marne, argile, silex et phosphate avec prédominance très nette de calcaire riche en silex ce qui rend sa dureté très importante (Fig. 13).

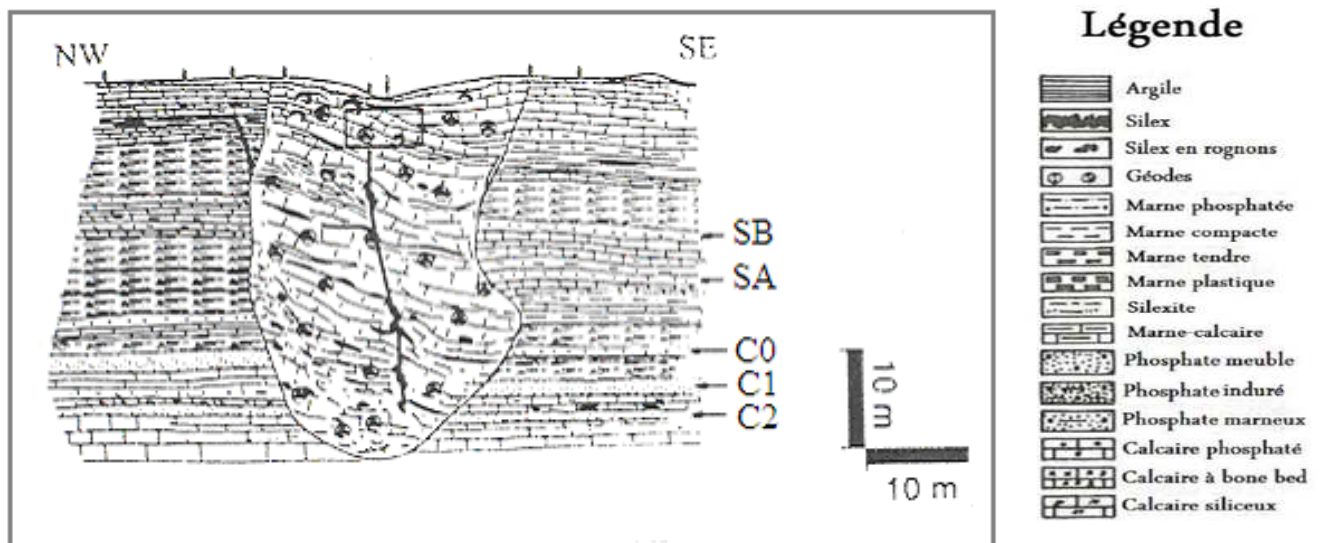


Fig. 13 : dérangement de type I (Kchikach et al. 2002).

b. Dérangement de type II:

Il s'agit d'une série entièrement dérangée mais sans dominance d'aucun des litho-faciès. Dans ce type de dérangement, on trouve des calcaires phosphatés à gros nodules de silex, des marnes, des argiles et des phosphates. Il est caractérisé par une dureté plus faible que le type précédent (Fig. 14).

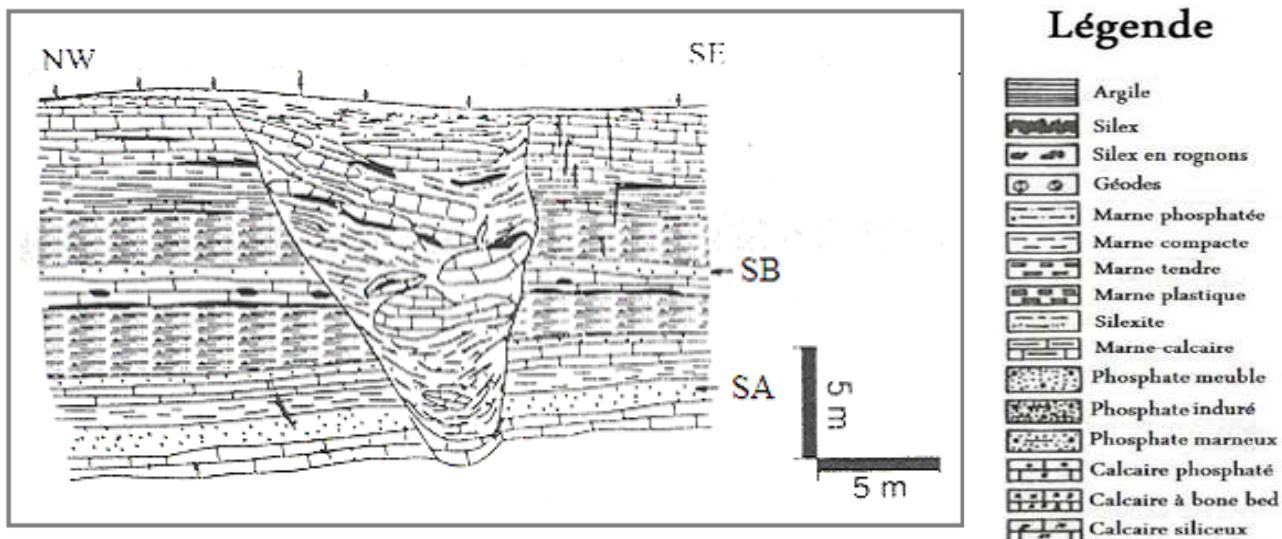


Fig. 14: dérangement de type II (Kchikach et al. 2002).

c. Dérangement de type III:

Il n'affecte que partiellement la série phosphatée, la partie stérile Lutétienne et le sillon B sont le plus souvent menacés. Ils sont formés d'un mélange de blocs calcaires, de marne siliceuse, d'argile rougeâtre, de blocs de silex et quelques passées de phosphate (Fig. 15).

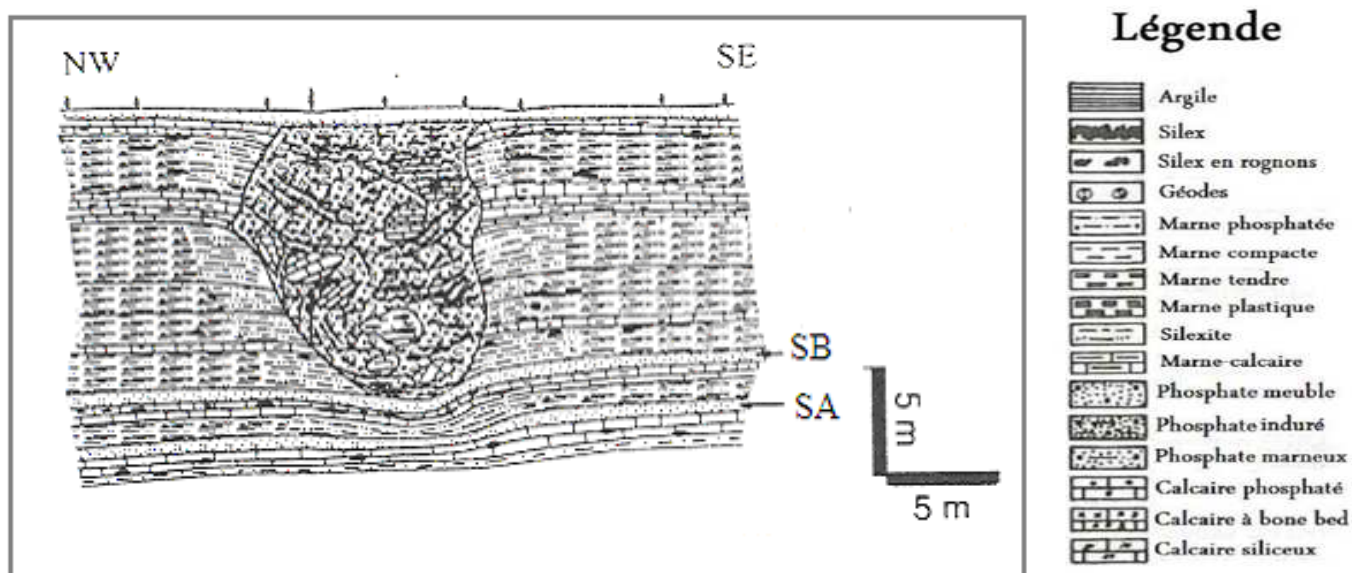


Fig. 15: dérangement de type III (Kchikach et al. 2002).

- L'origine des dérangements :

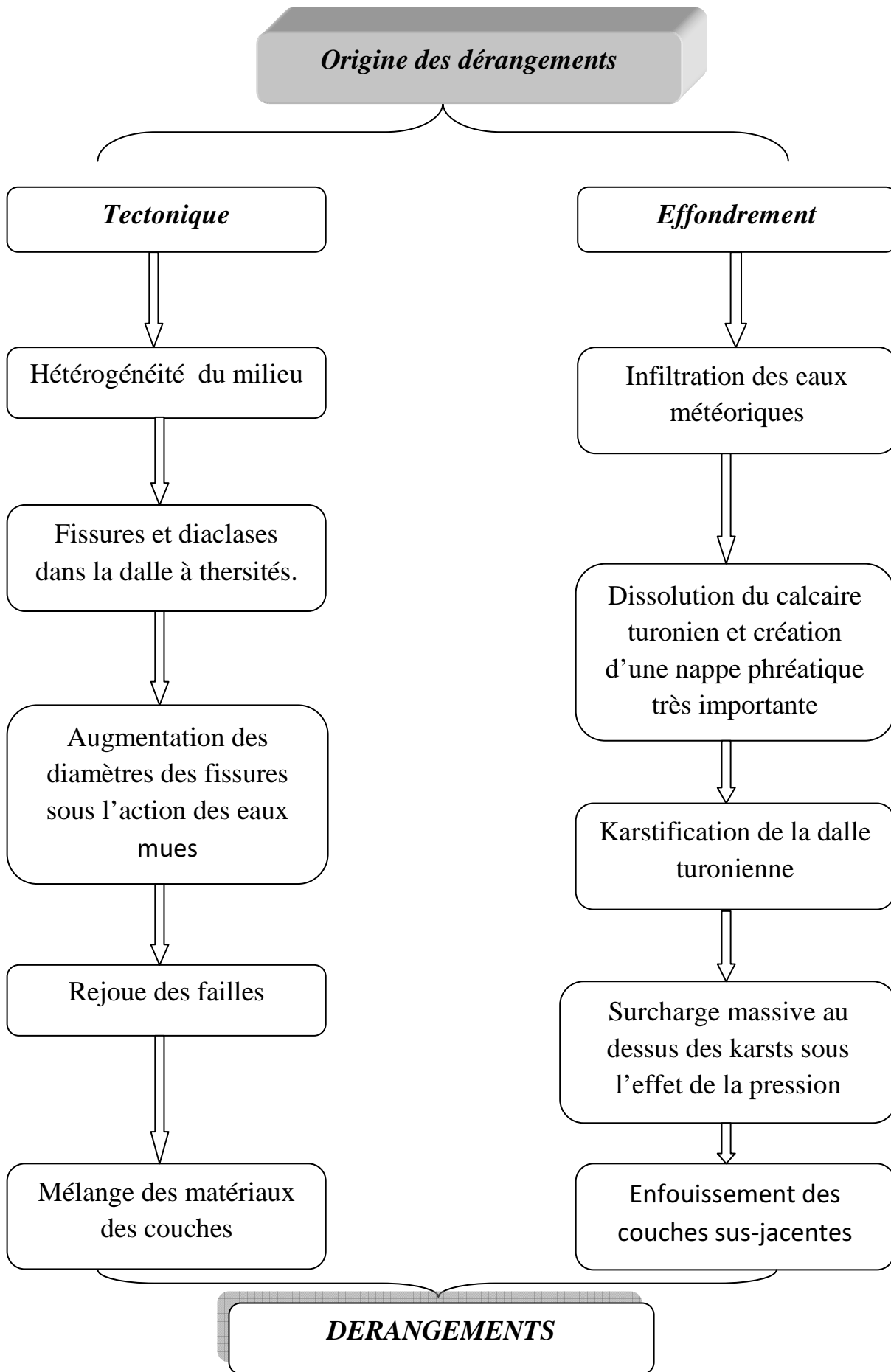


Fig. 16: Les origines des dérangements (Rapport OCP. 2012).

- L'impact des dérangements :

La présence de ces corps stériles (Fig. 17) dans la série phosphatée est à l'origine de deux problèmes principaux qui sont d'ordre économiques et techniques :

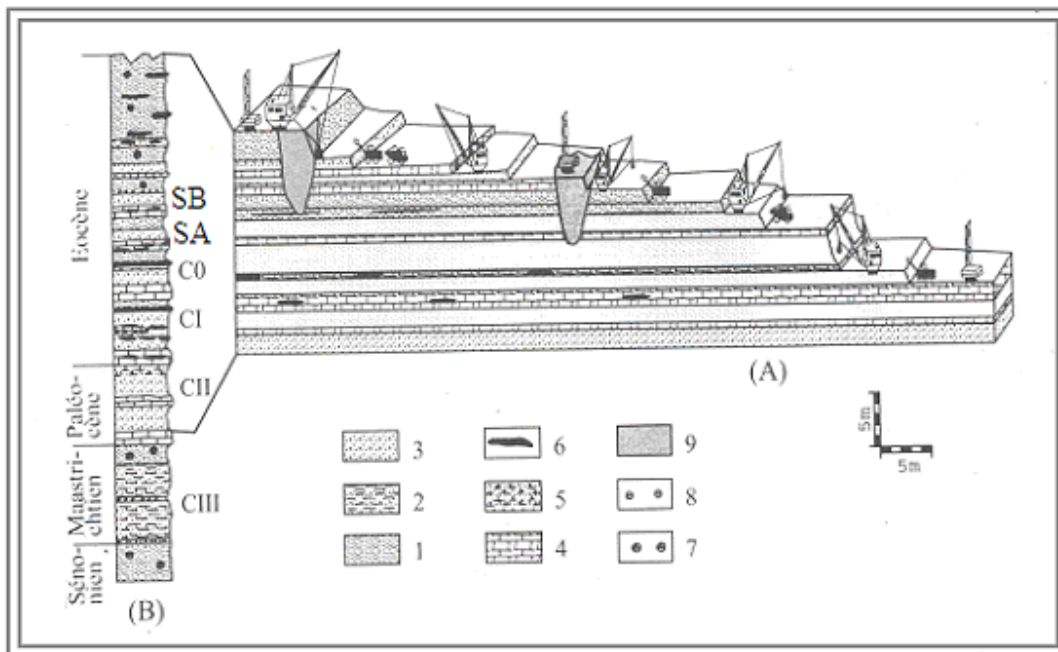


Fig. 17: A- Coupe montrant la perturbation de l'exploitation par la présence de corps stériles (Document OCP, 2012). B-, Log stratigraphique de la série phosphatée de Sidi Chennane. 1, marnes; 2, marnes phosphatées ; 3, couche phosphatée ; 4, calcaires ; 5, calcaire phosphaté ; 6, banc discontinu de silex; 7, concentration de calcite ; 8, nodule de silex; CIII, CII, C1, C0, CA, CB : couches phosphatées exploitées ; 9, corps stérile.

➤ Lors du calcul des réserves, qui est un paramètre déterminant pour réussir

L'étude de faisabilité de n'importe quel projet minier et étant donné que les dérangements ne sont pas directement cartographiables à partir de la surface, on ne peut pas cerner la part que ces corps stériles représentent dans le volume global du gisement et par conséquent on ne peut pas déterminer avec précision les réserves certaines du gisement.

➤ Au cours de l'exploitation, chaque fois qu'on se heurte à un « dérangement » il

Faut serrer la maille de foration pour le «sautage», charger d'avantage les trous en explosif et mettre un maximum de temps pour traiter et décaper ces corps stériles. Ceci constitue une consommation excessive en explosif, une usure des outils de foration étant donné que les « dérangements » sont généralement compacts et durs, et une perte de temps.

3. Les approches utilisées pour la délimitation

3.1. Approche de l'étude géologique

➤ Données de la prospection

La prospection géologique admise à l'échelle du gisement des Oulad Abdoun est basée surtout sur les informations collectées à partir des puits de reconnaissance.

Les données exploitées dans cette étude sont issues de 234 puits dont 32 puits limitrophes hors zone situés au Sud et à l'Ouest du Panneau 1. Ces données ont été recueillies anciennement entre 1964 et 1987 et tout récemment en 2005.

➤ Zone d'influence d'un puits dérangé

La méthode utilisée pour tracer la zone d'influence consiste à lier tout d'abord le puits dérangé avec les puits les plus proches qui l'entourent. Cette étape s'intitule la triangulation et précède l'étape où l'on lie chaque nœud avec la mi-distance entre un puits normale et le puits dérangé (Fig. 18).

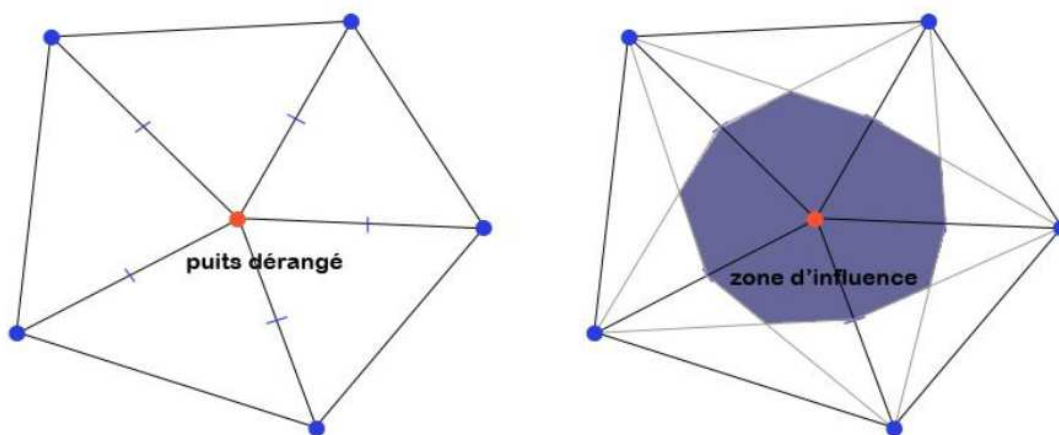


Fig. 18: La zone d'influence d'un puits dérangé

➤ Exemple des coupes des puits de reconnaissance (Fig. 19):

- Puits dérangé : 6672
- Puits avec série normale : 4919

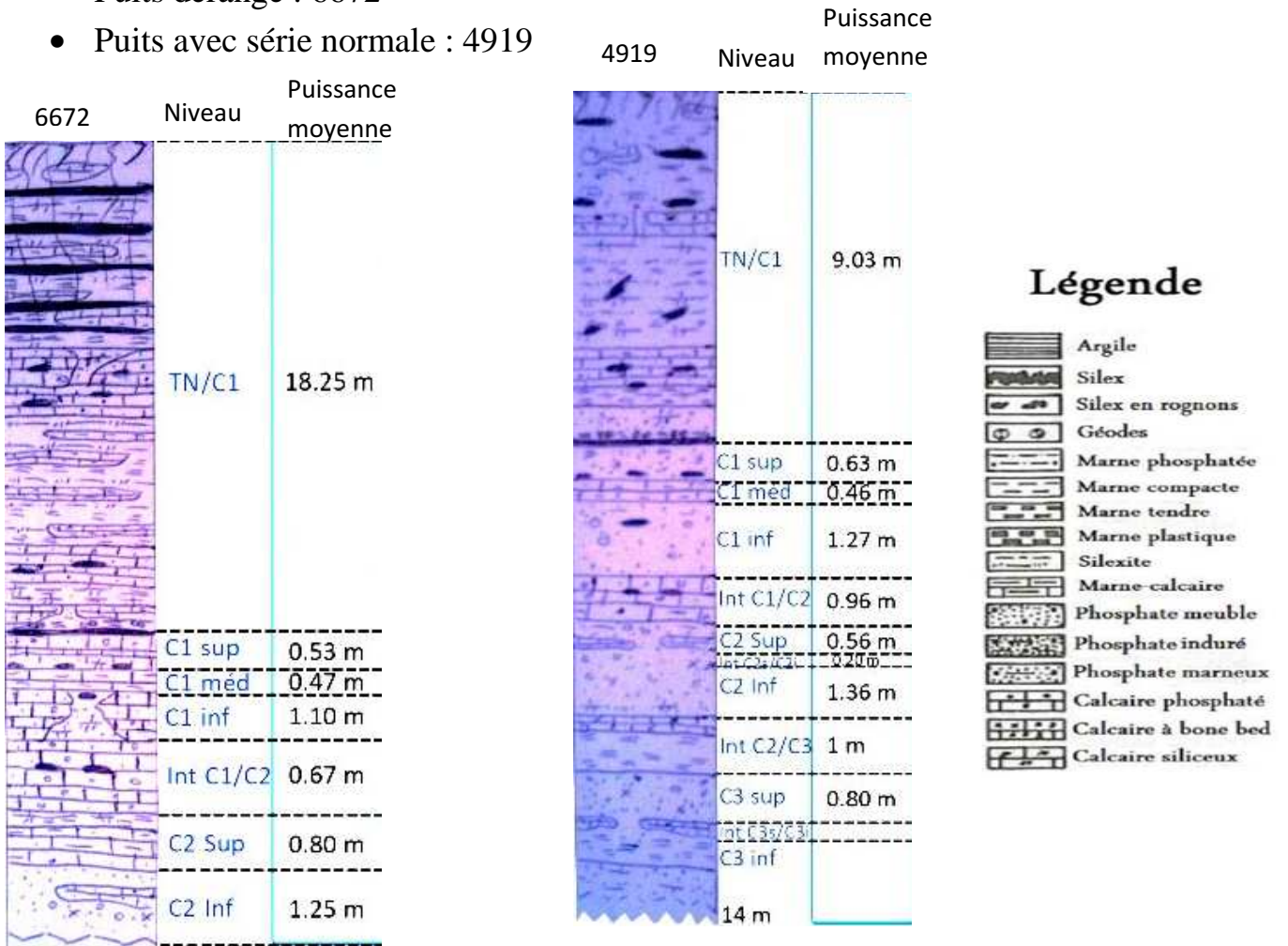


Fig. 19 : Coupes des puits 6672 et 4919.

Résultat de l'étude dans la partie Sud Est du panneau 1 (Fig. 20):

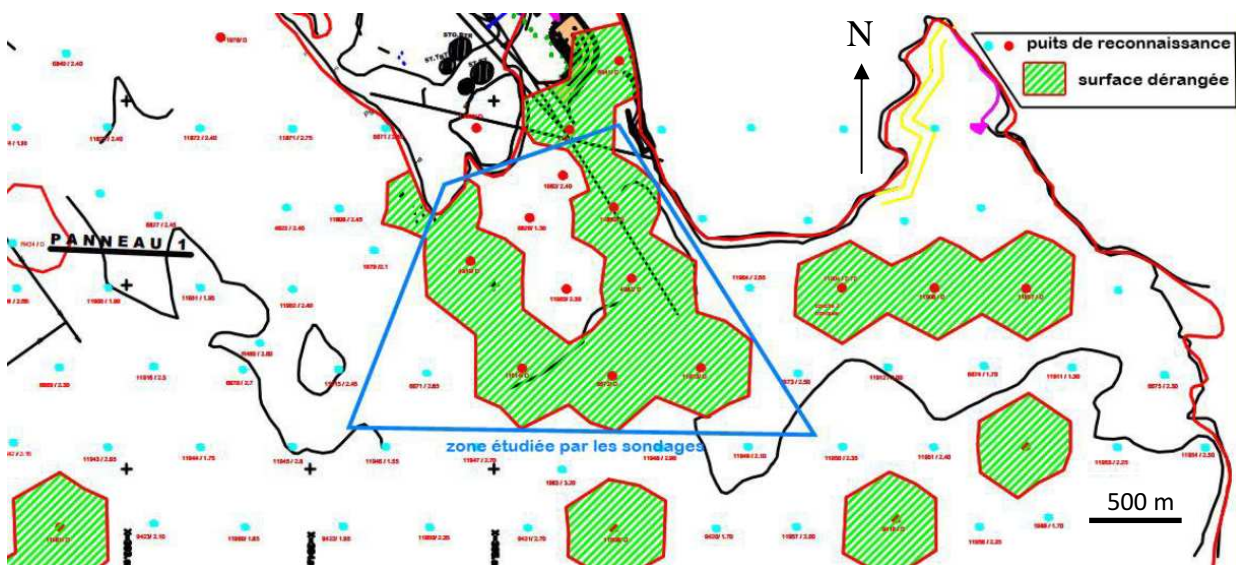


Fig. 20: Surface dérangée dans le panneau 1 déterminée à l'aide des puits de reconnaissance.

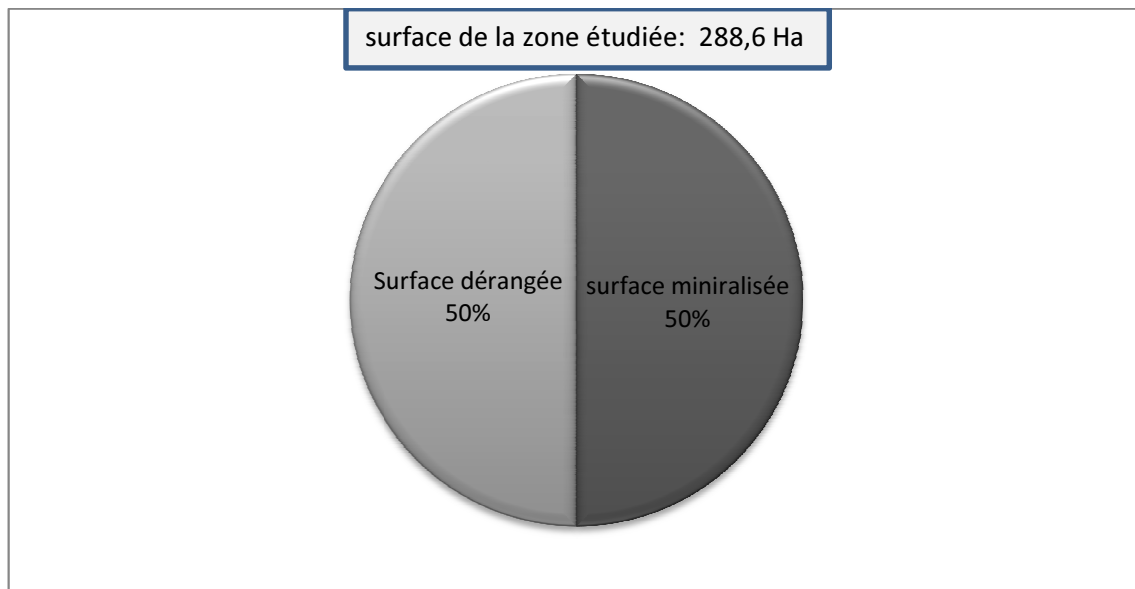


Fig. 21: pourcentages de la surface dérangée et celle minéralisée

3.2. Approche de l'étude par sondage

3.2.1. Machine et Maille des sondages

Dans l'ancienne étude à savoir l'étude géologique du panneau 1 effectuée en 2005, Les puits de reconnaissance ont été distants de 500m ce qui a donné des résultats exagérés concernant la surface dérangée. De ce fait, une étude par sondages à été lancé avec une maille de 40 à 50m pour mieux cerner les dérangements et la calcification autour de chaque puits dérangé.

Machine utilisée :

La machine de Foration utilisée dans cette étude est la sondeuse T4BH, c'est une sondeuse diesel sur pneu (Fig. 22) se déplaçant ainsi facilement sur le terrain par rapport à une sondeuse sur chenilles. La technique de Foration utilisée est basée sur la désagrégation de la roche obtenue par la rotation d'un outil sur lequel on exerce une certaine pression avec présence de l'air pour :

- refroidir l'outil
- la remontée des cuttings



Fig. 22:photo d'une Sondeuse T4BH sur pneu.

Difficulté et précision de la méthode :

Les sondages destructifs de la machine T4BH sont difficiles à exploiter. En effet, lorsque la tige de la sondeuse ne s'enfonce plus parfois à cause des débris accumulés, l'agent de Foration est obligé à faire remonter la tige et la descendre de nouveau ce qui provoque un certain mélange des cuttings que l'on reçoit en surface. Ce mélange rend le dessin de la coupe lithologique du sondage impossible et l'opérateur ne remarque plus l'existence ou pas d'un niveau phosphaté.

La détermination des puissances des couches traversées se fait par l'observation d'une graduation sur le support de la tige. On remarque donc l'enfoncement de la tige en même temps que la remontée des cuttings (Fig. 23).



Fig. 23: Cuttings d'un sondage.

3.2.2. Croquis de positionnement des sondages effectués

Les sondages effectués sont distants d'environ 50 m autour des puits dérangés : 4919, 11914, 6672, 11880 et 4982 (Fig. 24).

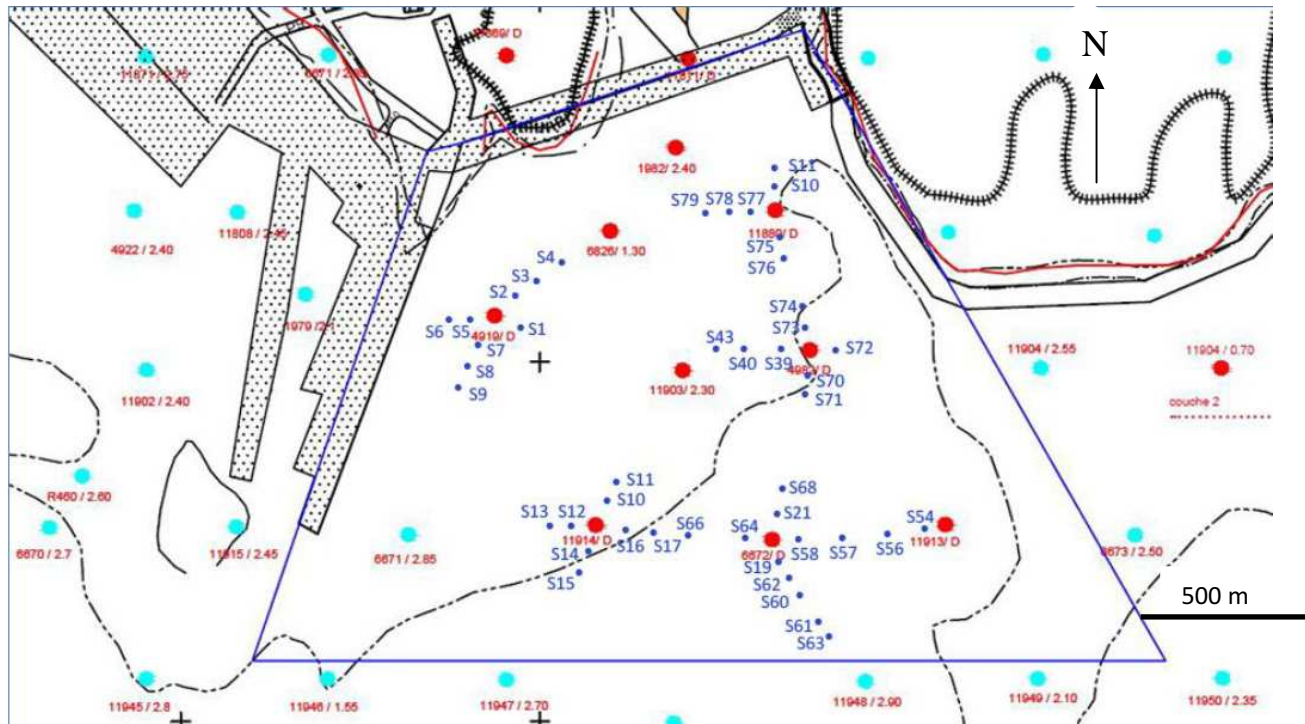


Fig. 24: positionnement des sondages effectués

3.2.3. Résultats des sondages

| Puits | Sondage | position du sondage | état du sondage | Conclusion |
|-------|---------|---------------------|-----------------|---|
| 4919 | S1 | 50m Est | Dérangé | Le dérangement est limité dans un cercle de rayon 50m. |
| | S2 | 50m Nord | Dérangé | |
| | S3 | 100m Nord | Normal | |
| | S4 | 150m Nord | Normal | |
| | S5 | 50m Ouest | Dérangé | |
| | S6 | 100m Ouest | Normal | |
| | S7 | 50m Sud | Dérangé | |
| | S8 | 100m Sud | Normal | |
| | S9 | 150m Sud | Normal | |
| 11914 | S10 | 50m Nord | Dérangé | Le dérangement est limité dans un cercle de rayon 50m. |
| | S11 | 100m Nord | Normal | |
| | S12 | 50m Sud | Dérangé | |
| | S13 | 100m Ouest | Normal | |
| | S14 | 50m Sud | Dérangé | |
| | S15 | 100m Sud | Normal | |
| | S16 | 50m sud | Dérangé | |
| 4982 | S39 | 50m sud | Calcifié | La calcification est limitée à l'Ouest à 50m alors qu'elle est confirmée dans toute la partie Est. |
| | S40 | 100m Ouest | Normal | |
| | S70 | 50m Sud | Calcifié | |
| | S71 | 100m Sud | Normal | |
| | S72 | 50m Est | Calcifié | |
| | S73 | 50m Nord | Calcifié | |
| | S74 | 100m Nord | Calcifié | |
| 6672 | S66 | 150m Ouest | Normal | Le dérangement est limité dans un cercle de rayon 50m. Le recouvrement au toit de la couche 1 est important (20m). |
| | S64 | 50m Ouest | Calcifié | |
| | S19 | 50m Sud | Dérangé | |
| | S62 | 100m Sud | Normal | |
| | S58 | 50m Est | Calcifié | |
| | S21 | 50m Nord | Dérangé | |
| | S68 | 100m Nord | Normal | |
| 11880 | S75 | 50m Sud | Dérangé | La calcification est limitée à l'Ouest à 150m alors qu'elle est confirmée dans toute la partie Est. |
| | S76 | 100m Sud | Calcifié | |
| | S80 | 50m Nord | Dérangé | |
| | S77 | 50m Ouest | Calcifié | |
| | S78 | 100m Ouest | Calcifié | |
| | S79 | 150m Ouest | Dérangé | |
| | S81 | 100m Nord | Calcifié | |

Tableau. 1: Résultats des Sondages

5. Synthèse des résultats

5.1. Coupes moyennes autour des puits dérangés

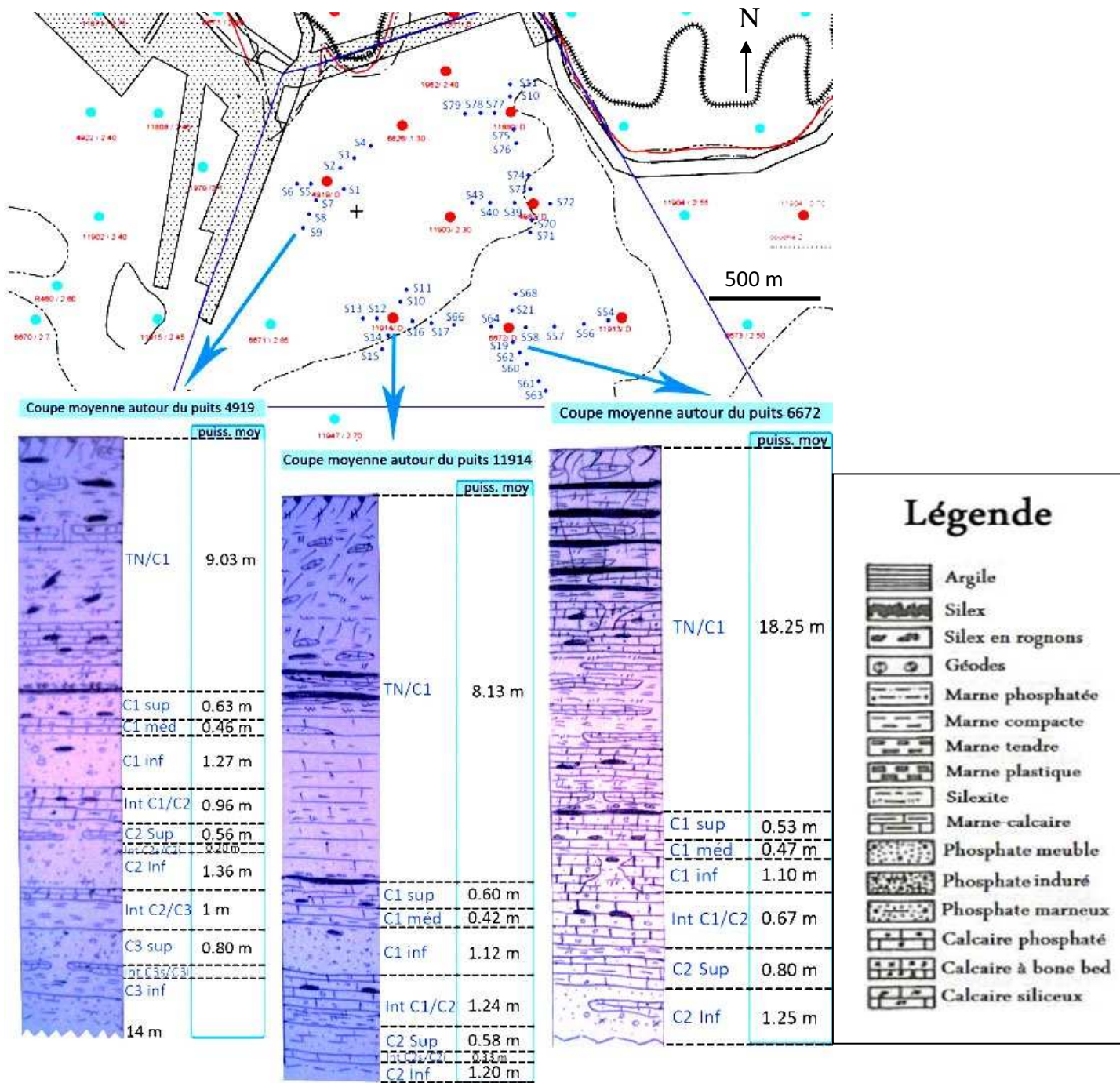


Fig. 27: Coupes moyennes autour des puits dérangés 4919, 11914, et 6672.

En utilisant les résultats des sondages autour des puits, on a pu établir des coupes moyennes autour des puits suivants : 4919, 11914, 11880 et 6672.

5.2. Recouvrement au toit de la couche 1

Le premier niveau phosphaté exploité dans cette zone est la couche 1, d'où l'intérêt d'étudier les recouvrements au toit de cette couche (Fig. 28).

| puits | 6671 | 11903 | 6826 | 1982 | 11904 | 11947 | 11948 | 11949 |
|-----------------------------|------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| recouvrement au toit C1 (m) | 9,4 | 5,3 | 6,75 | 8,70 | 6,30 | 19,6 | 25,7 | 10,70 |

Tableau. 2: Recouvrement au toit de la couche 1

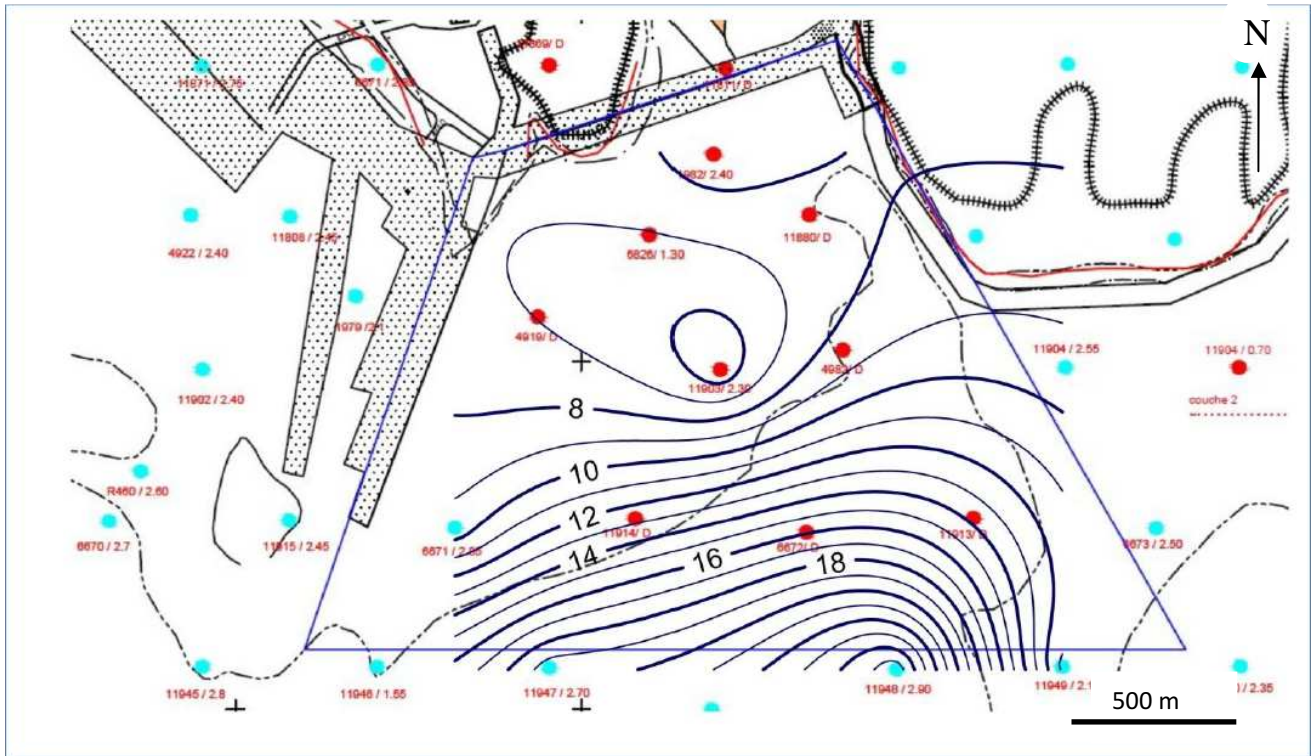


Fig. 28: Carte des recouvrements au toit de C1 établie avec SURFER

En ajoutant les résultats obtenus par les sondages aux résultats fournis par les puits, On a pu établir une carte plus affine des recouvrements au toit de la C1 (Fig. 29).

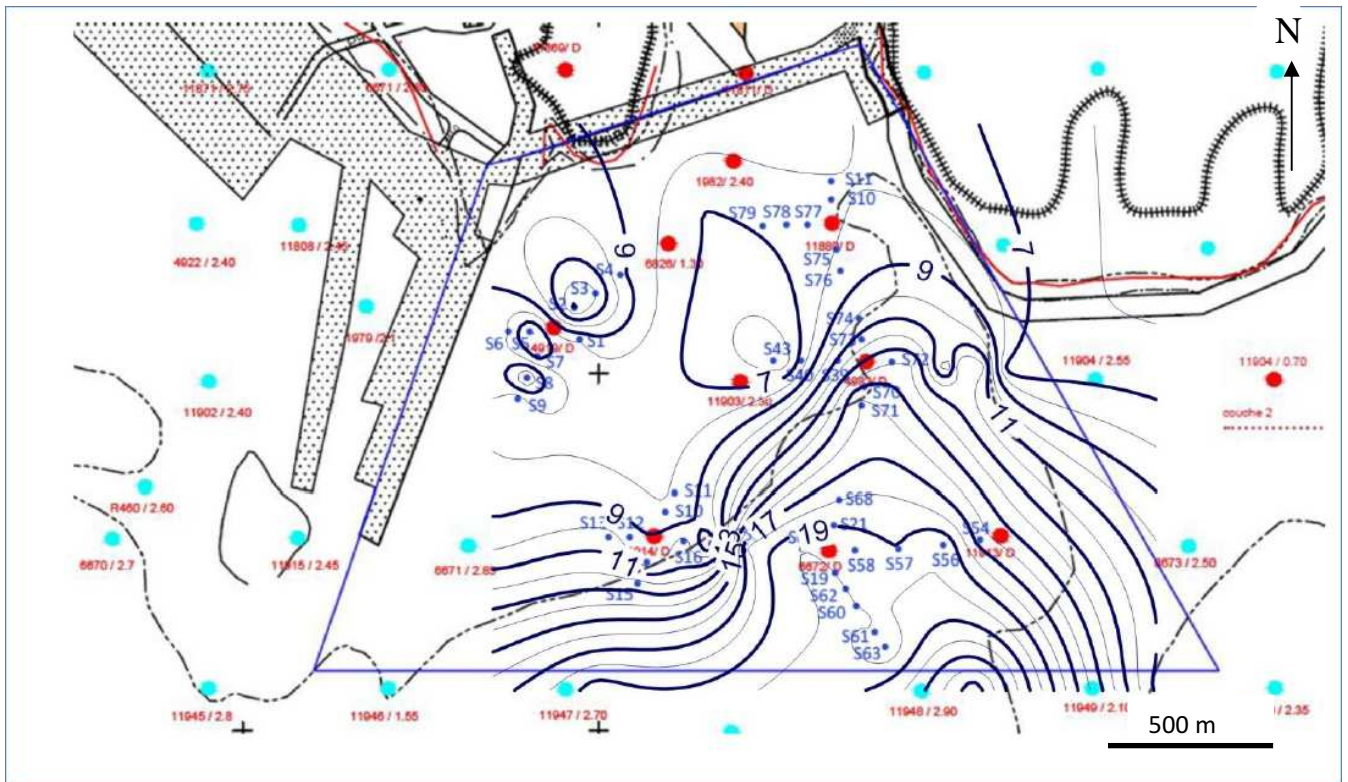


Fig. 29: Carte des recouvrements au toit de C1 (données des puits et sondages) établie avec SURFER

5.3. Calcule des réserves en phosphate ajoutés dans la zone étudiée

➤ Gain en surface minéralisée

| | étude géologique | étude par sondages |
|---------------------------------|------------------|--------------------|
| Surface Globale de la zone (ha) | 288,6 | 288,6 |
| Surface dérangée (ha) | 145,7 | 68,06 |
| Surface minéralisée (ha) | 142,9 | 220,54 |
| pourcentage en S minéralisée | 50% | 76% |

Tableau. 3: Gain en surface minéralisée après Sondage

Commentaire: gain très important en surface minéralisée de 26% (77.64 ha dans une surface de 288.6 ha) largement supérieurs à celles estimées par les approches classiques (géologie fondamentale ...) (Tableau. 3).

➤ Calcul des réserves dans la zone étudié

- *Donnée utilisées :*

| Puits | | 6671 | 11903 | 6826 | 1982 | 11904 | 11947 | 11948 | 11949 | Moyenne |
|----------|------------|------|--------|-----------|------|-------|-------|-------|-------|---------|
| couche 0 | | 0,4 | érodée | calcifiée | Abs | Abs | Abs | Abs | Abs | 0,4 |
| couche 1 | Supérieure | 0,9 | 0,6 | 0,85 | 0,4 | Abs | 0,5 | 0,7 | 0,5 | 0,64 |
| | Médiane | 0,7 | 0,9 | 0,3 | 0,9 | Abs | 0,15 | 0,9 | 0,3 | 0,59 |
| | Inférieure | 1,5 | 2 | 1,4 | 0,9 | Abs | 0,4 | 1,2 | 2,10 | 1,36 |
| Couche2 | Supérieure | 0,55 | érodée | érodée | 0,9 | 0,5 | 1,2 | 0,5 | 0,55 | 0,70 |
| | Inférieure | 2,3 | 2,3 | 1,6 | 2,4 | 1,8 | 1,5 | 1,15 | 1,45 | 1,81 |
| couche 3 | Supérieure | 1 | 1,4 | 1 | 0,5 | 0,65 | 1 | 1,35 | 1,05 | 0,99 |
| | Inférieure | 3,8 | 1,35 | 0,8 | 2,1 | 2 | 4,8 | 3,7 | 3,45 | 2,75 |

Tableau. 4: Calcule de la puissance moyenne des couches

- *Réserves par niveau dans la zone étudiée :*

Volume du phosphate = puissance moyenne x superficie de la zone x taux de récupération (0.9)

| puits | | Puissance moyenne | Surface minéralisée (ha) | volume (10 ³ m ³) |
|----------|------------|-------------------|--------------------------|--|
| couche 0 | | 0,4 | 142,9 | 514,44 |
| couche 1 | Supérieure | 0,64 | | 817,59 |
| | Médiane | 0,59 | | 762,47 |
| | Inférieure | 1,36 | | 1745,42 |
| couche 2 | Supérieure | 0,7 | | 900,27 |
| | Inférieure | 1,81 | | 2331,06 |
| couche 3 | Supérieure | 0,99 | | 1278,06 |
| | Inférieure | 2,75 | | 3536,78 |

Tableau. 5: réserves initiaux

| puits | | Puissance moyenne | Surface minéralisée (ha) | volume (10^3 m^3) |
|----------|------------|-------------------|--------------------------|-------------------------------|
| couche 0 | | 0,4 | 220,54 | 793,94 |
| couche 1 | Supérieure | 0,64 | | 1261,80 |
| | Médiane | 0,59 | | 1176,74 |
| | Inférieure | 1,36 | | 2693,74 |
| couche 2 | Supérieure | 0,70 | | 1389,40 |
| | Inférieure | 1,81 | | 3597,56 |
| couche 3 | Supérieure | 0,99 | | 1972,45 |
| | Inférieure | 2,75 | | 5458,37 |

Tableau. 6: réserves après correction de la surface dérangée

| puits | | Puissance moyenne | Surface minéralisée (ha) | volume (10^3 m^3) |
|----------|------------|-------------------|--------------------------|-------------------------------|
| couche 1 | Supérieure | 0,58 | 220,54 | 1157,84 |
| | Médiane | 0,45 | | 886,89 |
| | Inférieure | 1,16 | | 2306,85 |
| couche 2 | Supérieure | 0,65 | | 1280,23 |
| | Inférieure | 1,27 | | 2520,77 |
| Couche 3 | Supérieure | 0,75 | | 1488,65 |
| | Inférieure | 2,00 | | 3969,72 |

Tableau. 7: réserves après correction en utilisant les puissances fournies par les sondages (D'après le bureau des plans)

Commentaire: gain très important dans le volume dû à la correction de la surface minéralisée après l'étude par sondage. Qui peuvent correspondre à un volume total de $3969 \times 10^3 \text{ m}^3$ en phosphate.

5.4 Scénarios du sens d'évolution de l'exploitation dans la zone :

- Le découpage minier cible :

Le sens d'évolution de l'exploitation normale doit vérifier 2 conditions pour optimiser le prix de revient. Ces deux conditions sont :

- Les tranchées d'exploitation doivent être proches de la trémie 2 pour minimiser le coût du transport (Fig. 30).
- L'exploitation doit suivre le sens normal : des affleurements vers le cœur du gisement (du Nord vers le Sud dans cette zone) (Fig. 30).

Cette évolution normale n'est plus possible à cause des dérangements apparus dans la zone. Les responsables de la mine ont eu recours à l'étude géologique effectuée pour éviter la zone dérangée entièrement comme le montre la figure suivante :

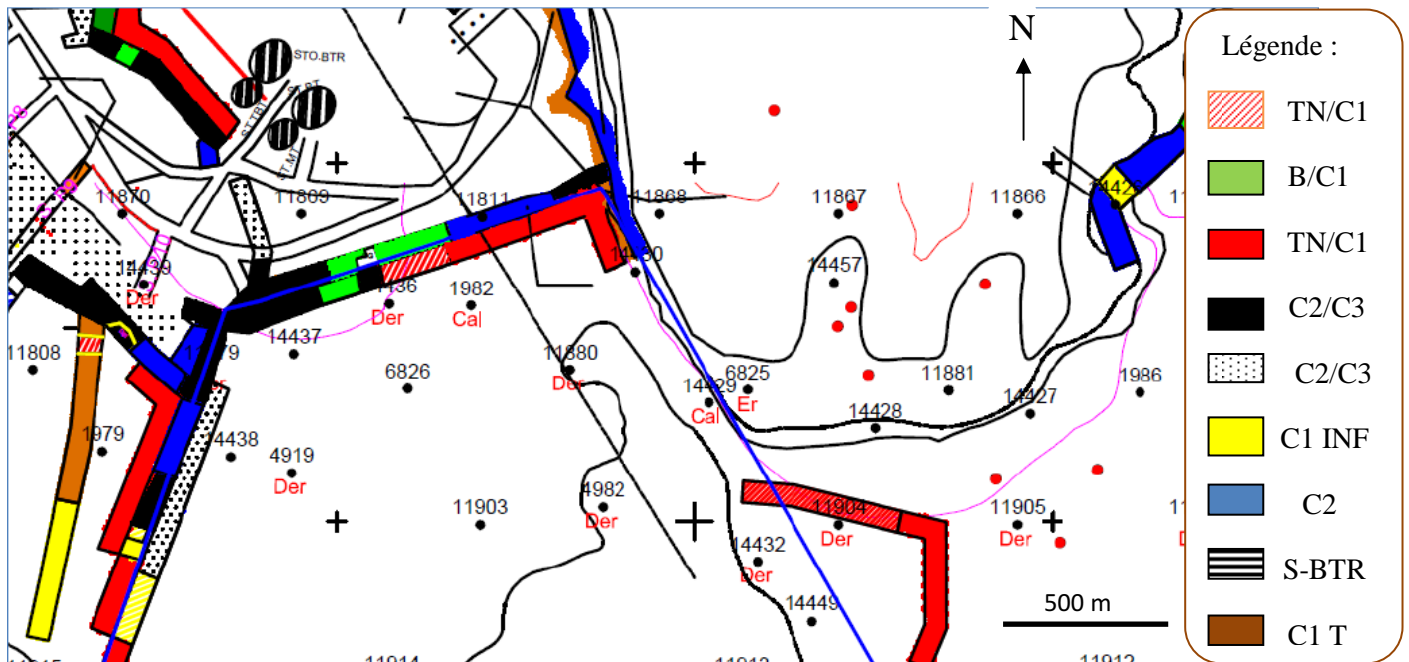


Fig. 30: les tranchées actuelles

• Proposition d'un découpage pour la zone :

Les résultats de l'étude par sondage ont mené à une nouvelle délimitation des dérangements dans la zone. En s'appuyant sur ces résultats, deux scénarios d'exploitation sont possibles :

Scénario 1 :

Suivre la limite de la zone dérangée en se basant sur une évolution normale. Ce scénario nécessite l'ouverture d'un Boxcut de direction Nord-ouest Sud-est (Fig. 31) Les hauts recouvrements dans la partie Sud autour du puits 6672 qui dépassent les 20m rendent l'ouverture d'un tel Boxcut impossible par les moyens disponibles. Et par conséquent ce scénario est à rejeté.

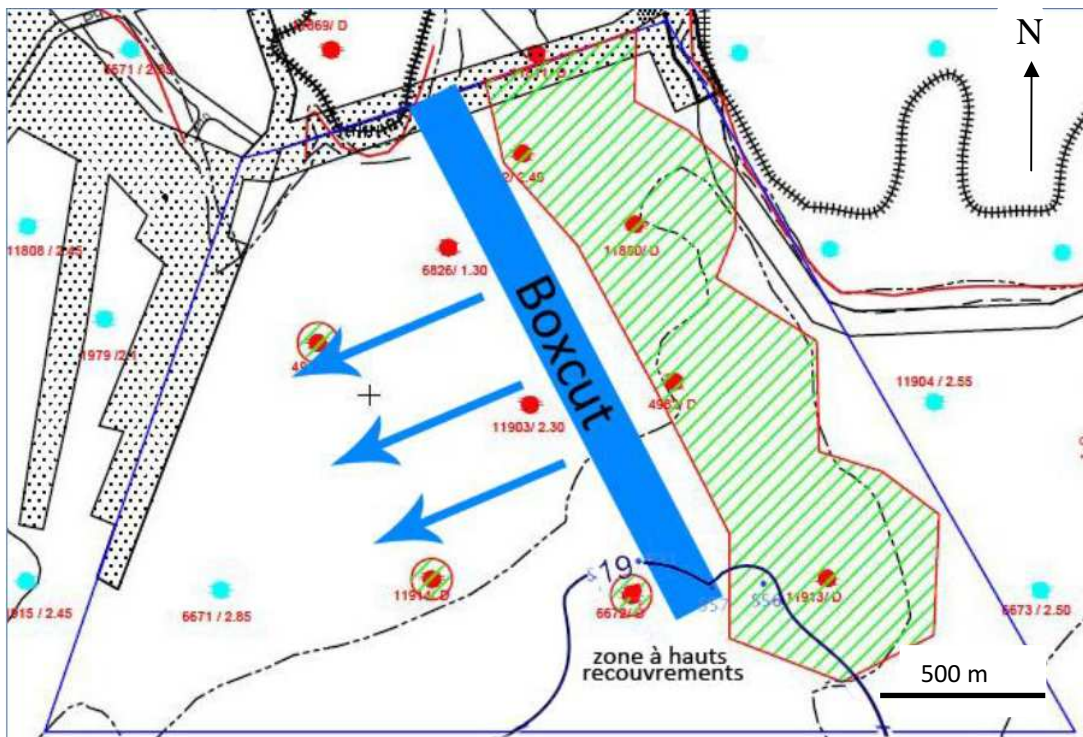


Fig. 31: Boxcut de direction Nord-ouest Sud-est.

Scénario 2 :

La nouvelle délimitation des dérangements dans la zone montre des superficies dérangées limitées à l'Ouest (cercles de rayon 50m) qui n'ont pas une grande influence sur l'exploitation. D'où la possibilité d'ouvrir des tranchées sous forme de L limitées à l'Est par la zone dérangée continue (Fig. 32) Ce scénario est plus adapté à cette zone et ne présente pas d'inconvénients remarquables.

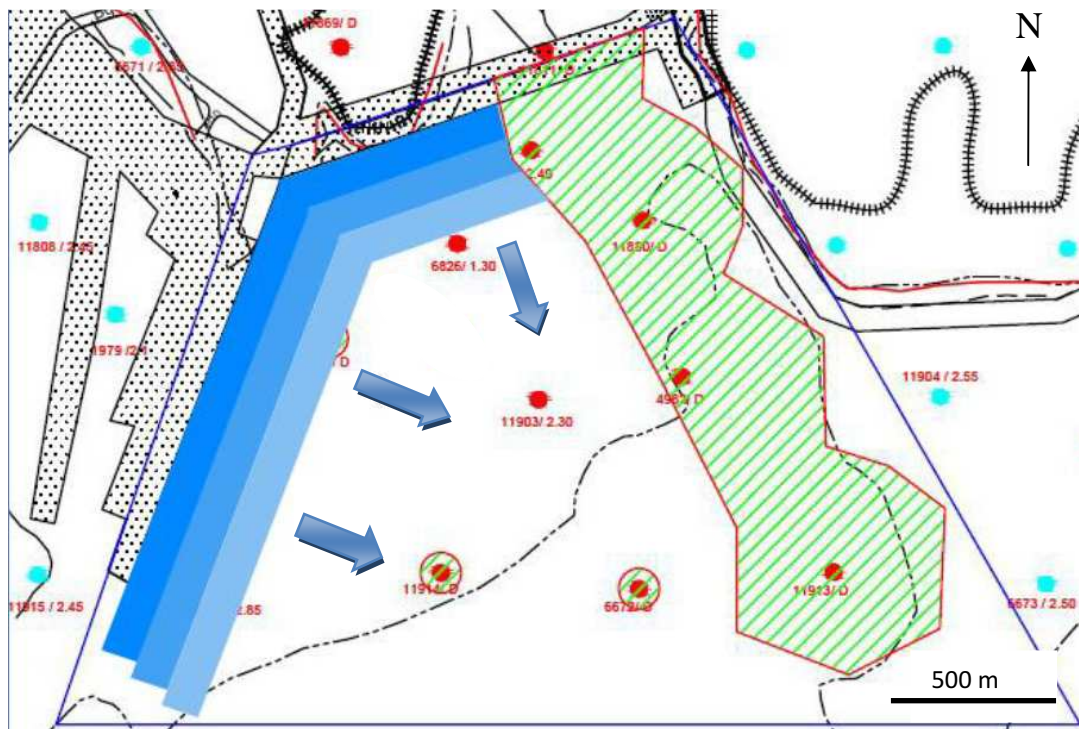


Fig. 32: Boxcut sous forme de L

6. Conclusion

Les dérangements de la série phosphatée du bassin des Oulad Abdoun causent des problèmes sérieux au niveau de l'extraction des phosphates et alourdissent leur prix de revient. L'origine à la délimitation de ces dérangements a été abordée selon plusieurs approches. Les résultats présentés dans ce travail sont basés sur les données des sondages destructifs effectués par les moyens disponibles dans la mine.

Cette approche montre que la zone Sud-est du panneau 1 Sidi Chennane comprend des réserves très importantes en surface minéralisée (77.64 ha dans une surface de 288.6 ha) largement supérieures à celles estimées par les approches classiques (géologie fondamentale ...). Elles peuvent correspondre à un volume total de $3969 \times 10^3 \text{ m}^3$ en phosphate.

Le scénario retenu du sens d'évolution de l'exploitation dans la zone est celui présentant l'ouverture de tranchées successives sous forme de L en partant du Nord-ouest vers le Sud-est. Cependant, ces résultats restent préliminaires et locaux.

Une étude plus détaillée intéressant tout le bassin est nécessaire et dans laquelle nous recommandons utilisation des sondages carottés effectués par le Laboratoire Public des Etudes et Essais (LPEE).

Références

- Gharbi A. Mchichi M. La recherche géologique à l'office Chérifien des phosphates Bilan et perspective. Mines, Géologique & Energie, Rabat, pp, 9-20. (1996).
- Lenoble, A. Salvan, H. Ziegler, V. Découverte de l'uranium dans les niveaux phosphatés du Maroc. C. R. Acad. Sci. Paris, t. 234, No 9, pp. 976-977. (1952).
- Moutaouakil, D. Sédimentologie et Minéralisation des Phosphates Ceno Mésozoïque du Sud du Bassin des Ouled Abdoun (Maroc) ; Application à la Géochimie de L'Uranium. Thèse de 3ème cycle. Soutenue à Perpigna. (1990).
- Piqué, A. Geology of North west Africa : Beiträge zur regionalen Geologie der Erde. Borntraeger, Berlin Stuttgart. p. 310. (2001).
- Belfkira, O. Evolution sédimentologique et géochimique de la série phosphatée du Maastrichtien des Oulad Abdoun (Maroc). Thèse Doctorat. Spécialité : Géol. Appl., Univ. Grenoble, p. 164. (1980).
- Bakun, A. Global climate change and intensification of coastal ocean upwelling. Science, vol.247, pp. 198-201. (1990).
- .Rios, J.M. Investigaciones geologicas en los yacimientos del Sahara espanol (marrocos). Inst.Nat. Ind. (INI) Empr. Nat. ADARO rapport inéd.
- Rapport OCP, (2012)
- El Assel N. Kchikach A. Durllet C. AlFedy N. El Hariri K. Charroud M. Jaffal M. Jourani E. Amaghazaz M. (2013) Mise en évidence d'un Sénonien gypseux sous la série phosphatée du bassin des Oulad Abdoun, Estudios Geológicos, 69(1), 47-70, enero-junio 2013. ISSN: 0367-0449. doi:10.3989/egeol.40781.168.
- El Haddi H. Les silicifications de la série phosphatée des Oulad Abdoun (Maastrichtien-Lutétien, Maroc) : Sédimentologie, Minéralogie, Géochimie et Contexte Génétique. Thèse Doctorat. Spécialité : Sédimentologie. Univ. Hassan II de Casablanca, pp. 16-26. (2014).
- Abdel hamid Majgane, (2012)