



UNIVERSITE CADI AYYAD
FST Gueliz Marrakech



Département des sciences de la terre

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

Présenté pour obtenir le titre de:

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

Intitulé:

**Etude géo-minière des couches C0, C1,
C2 et Sillon X
Mine de N'Zalet El hararcha
(Bassin des Gantours, Maroc.)**

Réalisé par: Meryem Ilillou

Encadré par: Pr. Ait Addi A.

Soutenu le 04/03/2016 devant le jury composé de :

-Pr Ait Addi A.

-Pr El Ghorfi M.

ANNEE UNIVERSITAIRE: 2015-2016.

Remerciements

Tout d'abord je remercie Allah, qui m'a donné la force de réaliser ce travail.
Je remercie; ma mère, mon père et tous les membres de ma famille qui m'ont toujours accordé leur soutien (morale et autres).

Mes vifs remerciements à la direction du groupe OCP, pour m'avoir donné l'occasion d'effectuer mon stage au sien du service géologique de Ben Guérir. Particulièrement mon encadrant Mr Es-said. ZEROUALI pour le sujet intéressant qu'il m'a proposé et pour leur aide permanente, leur patience et leurs directives précieuses.

J'exprime aussi mes sincères remerciements à Mr EL ALAMI, Mr SAID ZEROUALI, Mr BOUNOUANI, et à toute l'équipe du laboratoire chimique, pour leurs encadrements, leur aide et l'accès à la documentation de l'OCP durant la période du stage.

Je tiens à exprimer mes remerciements à l'ensemble de mes Professeurs du Département des Sciences de la Terre, FST-Marrakech, et plus particulièrement à mon encadrant Pr. AIT ADDI A.

Finalement je remercie a tout les gents qui m'on fait vivre cette merveilleuse expérience, de fassent direct ou indirecte.

Table des matières

Liste des figures.....	5
Liste des abréviations.....	6
Introduction générale	7
Partie 1 : généralités sur les roches phosphatées.....	8
I. Introduction.....	8
1. Origine des phosphates.....	8
2. Différents types de gisements.....	9
3. Les gisements Phosphatés exploités dans le monde.....	9
A. Les gisements sédimentaires.....	9
B. Les gisements d'origine ignée.....	9
C. Les gisements de type Guanos.....	9
4. Répartition des gisements phosphatés dans monde.....	10
5. Utilisation des phosphates.....	11
6. Gisements des phosphates au Maroc:.....	12
➤ Bassin d'Oulad Abdoun	
➤ Bassin des Gantours	
➤ Bassin Meskala	
➤ Bassin d'Oued Eddahab	
7. Genèse du phosphate marocain.....	13
a) cas des phosphates de Khouribga (Oulad abdoun).....	13
b) cas des phosphates de Yousoufia (Gantour).....	13
Partie 2 : cadre géologique et minier de la zone étudiée.....	14
I. Le gisement des Gantours:	14
II. La mine de n'Zalet El Hararcha.....	15
1. Présentation.....	15
2. Structuration de la zone	16
3. Le découpage de la série phosphatée	17
a) Le découpage lithologique.....	17
b) Le découpage chrono stratigraphique.....	18

4.	Evolution latérale de la série phosphatée	19
III.	Etales de l'exploitation	19
Partie 3: étape de l'étude lithostratigraphique de la zone d'étude.....		22
1.	Log synthétique de la zone ouest.....	23
2.	Log synthétique de la zone centrale.....	24
3.	Log synthétique de la zone est.....	25
4.	Description des logs	26
5.	Remarque.....	26
6.	Description des intercalaires.....	27
7.	Commentaire.....	27
Partie 4: étude géochimique de la région de n'Zalet el Hararcha.....		29
I.	Définition de la géochimie.....	29
II.	Présentation de sujet.....	29
III.	Mode de travail.....	29
IV.	Présentation de la base de données.....	31
V.	Traitement de données	31
	1. Présentation d'ArcGis.....	31
VI.	Etablissement des cartes des iso-teneurs.....	31
	1. Cartes d'iso-teneurs pour la couche C0	
	2. Cartes d'iso-teneurs pour la couche C1	
	3. Cartes d'iso-teneurs pour le sillon X	
	4. Cartes d'iso-teneurs pour la couche C2	
VII.	Conclusion.....	48
VIII.	Conclusion générale.....	49
IX.	Bibliographie.....	50
X.	Annexe.....	51

Liste des figures

Figure 1:réparation et localisation des gisements de Phosphate au Maroc (Azmany, 1977).....	10
Figure 2:répartition mondiale des gisements phosphatés (D'après l'archives de documents de la FAO).	11
Figure 3:répartition géographique des principaux bassins phosphatés.	12
Figure 4: subdivision et situation de gisement des Gantours (D'après Boujou, 1976).	14
Figure 5:découpage de la zone de n'Zalet El Hararcha (ocp, Ben guérir).	15
Figure 6:localisation de la zone d'étude, (d'après Google earth).	16
Figure 7:schémas de découpage d'une Zone phosphatée. (Document, ocp).....	16
Figure 8:log stratigraphiques de la zone étudiée (document ocp) Modifier	18
Figure 9:évolution de la série phosphatée marocaine : (D'après Boujou1976).....	19
Figure 10: étapes de la chaine cinématique de l'extraction du phosphate	21
Figure 11:carte des puits p1, p2 et p3 dans la zone d'étude (Document ocp)	22
Figure 12:log synthétique de la zone ouest (région n'Zalet).....	23
Figure 13:log synthétique de la zone centrale (région N'Zalet El hararcha).	24
Figure 14:log synthétique de la zone est (région n'Zalet).	25
Figure 15:log synthétique d'intercalaire	27
Figure 16:coupe lithostratigraphique de la tranchée de n'Zalet Hararcha. ().....	28
Figure 17:carte d'iso-teneurs en BPL de la couche 0.	32
Figure 18:carte d'iso-teneurs en CO ₂ de la couche 0.	33
Figure 19:carte d'iso-teneurs en MgO de la couche 0.	34
Figure 20:carte d'iso-teneurs en SiO ₂ de la couche 0.	35
Figure 21:carte d'iso-teneurs en bpl de la couche 1	36
Figure 22:carte d'iso-teneurs en CO ₂ de la couche 1.	37
Figure 23:carte d'iso-teneurs en MgO de la couche 1.	38
Figure 24:carte d'iso-teneurs en SiO ₂ la couche 1.	39
Figure 25:carte d'iso teneurs en BPL du sillon X	40
Figure 26:carte d'iso-teneurs en CO ₂ du sillon X.....	41
Figure 27:carte d'iso teneurs en MgO du sillon X.	42
Figure 28:carte d'iso-teneurs en SiO ₂ du sillon X.	43
Figure 29:Carte d'iso-teneurs en BPL de la couche 2.....	44
Figure 30:carte d'iso-teneurs en CO ₂ de la couche 2.	45
Figure 31:carte d'iso-teneurs en MgO de la couche 2.	46
Figure 32:carte d'iso-teneurs en SiO ₂ de la couche 2.	47

Liste des abréviations

FSTG	:	faculté des Sciences et Techniques.
OCP	:	office chérifien des phosphates.
BPL	:	bone Phosphate of Lime ($BPL = 2, 18 * P_2O_5$).
P	:	para-séquence.
D	:	séquence de dépôt.
C	:	couche Phosphatée.
C0	:	couche 0.
C1	:	couche 1.
C2	:	couche 2.
SX	:	sillon X.
Y, Z, X	:	coordonnées géographiques
PT	:	puissance totale
CO₂	:	formule chimique du dioxyde de carbone
MgO	:	formule chimique du dioxyde de magnésium
SiO₂	:	formule chimique du dioxyde de silicium
Cd	:	formule chimique du cadmium

Introduction générale:

Le sous-sol marocain refoule beaucoup de substances minières faisant l'objet d'une production régulière (Phosphate, Zinc, Plomb, Manganèse, Fer, Cobalt, Cuivre, Barytine, Argent...) A ceci, il faut ajouter un grand nombre de Roches industrielles et de matériaux de construction comme le Marbre, le Gypse, le Calcaire, l'Argile,... ainsi que les substances énergétiques comme le Charbon, le Uranium, etc.

On ce qui concerne le phosphate, le Maroc possède des réserves considérables les plus importants gisements dans le monde (3/4 des réserves mondiales). Leur situation géographique, leur qualité marchande, Ainsi ça diversité attribuée au Royaume une place particulière dans le commerce international. D'ailleurs, le Maroc représente à cet effet le premier exportateur mondial de phosphate au monde avec une production d'à peu près 30 millions de tonnes, avec un chiffre d'affaires à l'export de plus de 900 millions de dollars. Le plomb arrive directement en deuxième position après le phosphate.

En effet, le Maroc est le premier exportateur africain et le 9ème producteur mondial. Viennent ensuite le cobalt et la barytine dont le Maroc détient respectivement 7% et 6% de la production mondiale.

Le présent travail consiste en une étude géominière des couches C0-C2 et le sillon X de la mine de N'zalet El hararcha dans la région de Ben guérir (bassin phosphaté des Gantours).

Pour la réalisation de ce mémoire nous avons effectué le travail de terrain: repérage des couches concernées, échantillonnage

Les analyses au laboratoire consistent en des analyses chimiques et minéralogiques.

Les résultats d'analyse ont été traités par l'outil informatique sur Excel et ArcGis pour la réalisation des cartes d'iso teneurs.

Partie 1: généralités sur les roches phosphatées

I. Introduction

Les phosphates proviennent à l'origine des minéraux phosphatés des roches éruptives, dont le plus commun est l'apatite: $\text{Ca}_5(\text{F}, \text{Cl})(\text{PO}_4)_3$

Le phosphate mis en solution est utilisé par les organismes végétaux en contiennent jusqu'à 60% les dents jusqu'à 90% les urines des vertébrés et les excréments en renferment des quantités notables. Les invertébrés ont également leurs coquilles assez souvent riches en phosphate.

Les dépôts Phosphatés sont largement représentés dans l'échelle stratigraphique, ils sont connus depuis Précambrien Infracambrien jusqu'à l'actuel. Leurs répartitions spatiales et chronologiques sont indiquées dans le tableau 1 :

Etage	Gisement
Précambrien-infracambrien	N Australie, Upper Peninsula dans le Michigan,
1800-2200 Ma	Rajasthan (Inde), gisements sibériens , chine.
1200-1600 Ma	Afrique Ouest (Ouest du fleuve Niger), partie
700 – 800 Ma	orientale du Sénégal.
620 Ma	
Cambrien	Gisement Queensland (Georgia bassin, Australie)
	Karatan en Syberie
	Yunnan en Chine
	Laokao au Vietnam
Ordovicien	Gisement de Tennessee
Permien	Gisement des montagnes Rocheuses Himalaya au
	Nord de Delhi en Inde
Jurassique- Crétacé inférieur	Plaine Moscou-Volga
	Mexique
Crétacé supérieur-Eocène	Bassin côtiers occidentaux et septentrionaux
	d'Afrique, Moyen orient, Aktynbinsk (Sud Oural,
	U.R.S.S) Olinda (Brésil).
Pliocène	Gisement de Floride (formé par remaniement).

Tableau 1:répartitions spatiales et chronologiques.

1. Origine des phosphates

Le problème de la phosphatogenèse, comme celui de la formation du pétrole, est discuté depuis longtemps, mais il n'y a que depuis relativement peu de temps que les idées à ce sujet sont assez précises. En raison de l'intérêt théorique que présente cette question, nous nous y attarderons un peu.

2. Différents types de gisements

D'après leurs types de gisements, les phosphates se classent en trois groupes :

- a. **Les phosphates continentaux** (phosphorites). ce sont toujours de petits gisements;
- b. **Les phosphates marins** les plus répandus, soit en nodules, en coprolithes, soit surtout en sables phosphatés, pseudo-oolitiques, parfois cimentés (exogangue);
- c. **Des gisements remaniés** des phosphates marins sont concentrés ou transformés par altération de la roche initiale.

3. Les gisements Phosphatés exploités dans le monde

Il y a trois types de gisements qui sont exploités actuellement:

A. Les gisements sédimentaires

Les gisements sédimentaires sont les plus abondants en quantité et ont en général des teneurs sur place qui dépassent les 28% en P_2O_5 .

❖ **Exemple** : les gisements phosphatés marocains

Les phosphates marocains se localisent stratigraphiquement dans le Crétacé supérieur (Maastrichtien), le Paléocène et l'Éocène inférieur et moyen ils se répartissent en quatre principaux bassins dont trois sont localisés au Centre-Nord du pays et constituent une partie importante de la couverture sédimentaire de la Meseta marocaine (**Fig. 1**).

B. Les gisements d'origine ignée

Ces gisements sont associés à des complexes intrusifs alcalins (les syénites, néphéliniques, les carbonates, les ijolites et les pyroxénites).

❖ **Exemple** : Les gisements de Khibiniy (Russie).

C. Les gisements de type Guanos

Les gisements de type guanos sont formés à partir des déjections des oiseaux de mer qui contiennent environ 4 % en P_2O_5 . En général la qualité de ces phosphates est fort intéressante vis à vis de leur quantité.

❖ **Exemple** : Les gisements de l'île Nauru dans l'océan pacifique.

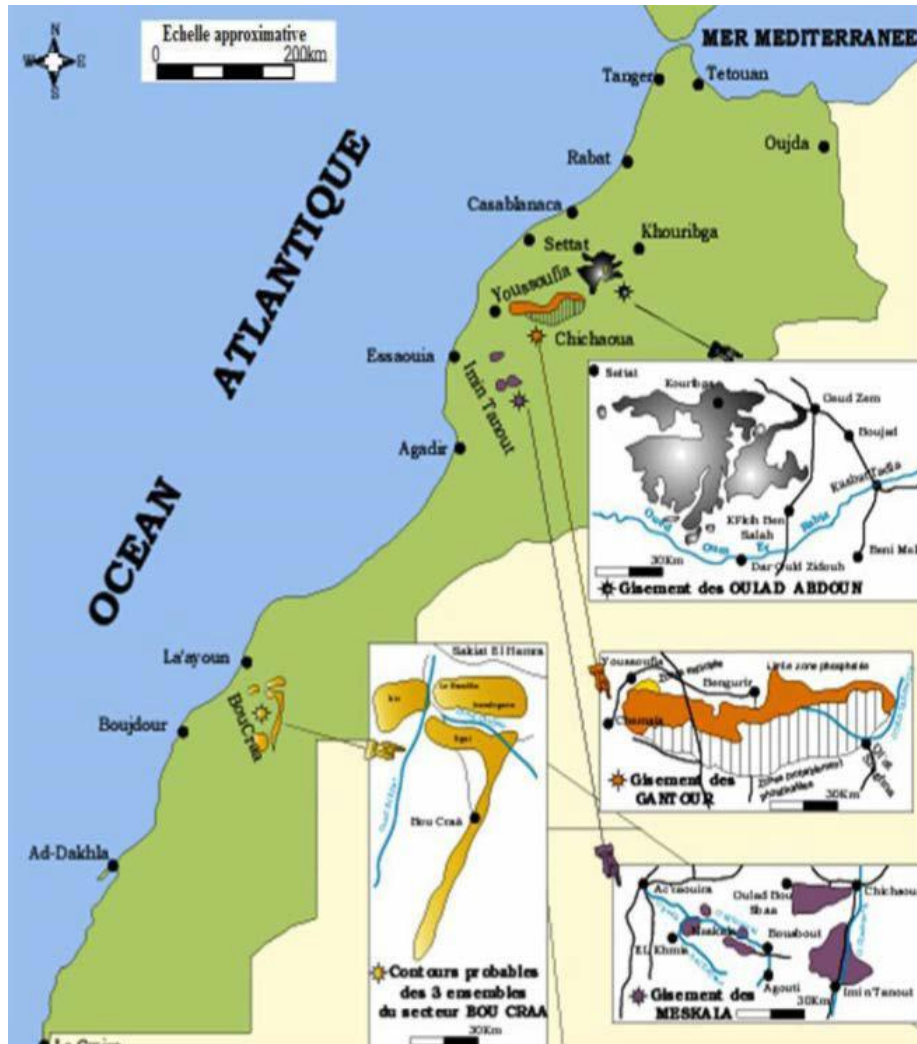


Figure 1:répartition et localisation des gisements de Phosphate au Maroc (D'après Azmany, 1977).

4. Répartition des gisements phosphatés dans le monde

Les principaux gisements phosphatés dans le monde dont les plus importants se trouvent en Amérique du Nord (États-Unis), en Afrique du Nord (Maroc et Tunisie), en Chine et sur certaines îles d'Océanie (Nauru, Banaba et Makatea) et dans certains pays comme (Togo et Jordanie...), ainsi le Maroc, les États-Unis et la Chine considérés comme les pays les plus producteurs dans le monde avec une part de marché supérieur à 62 % (**Fig.2**).

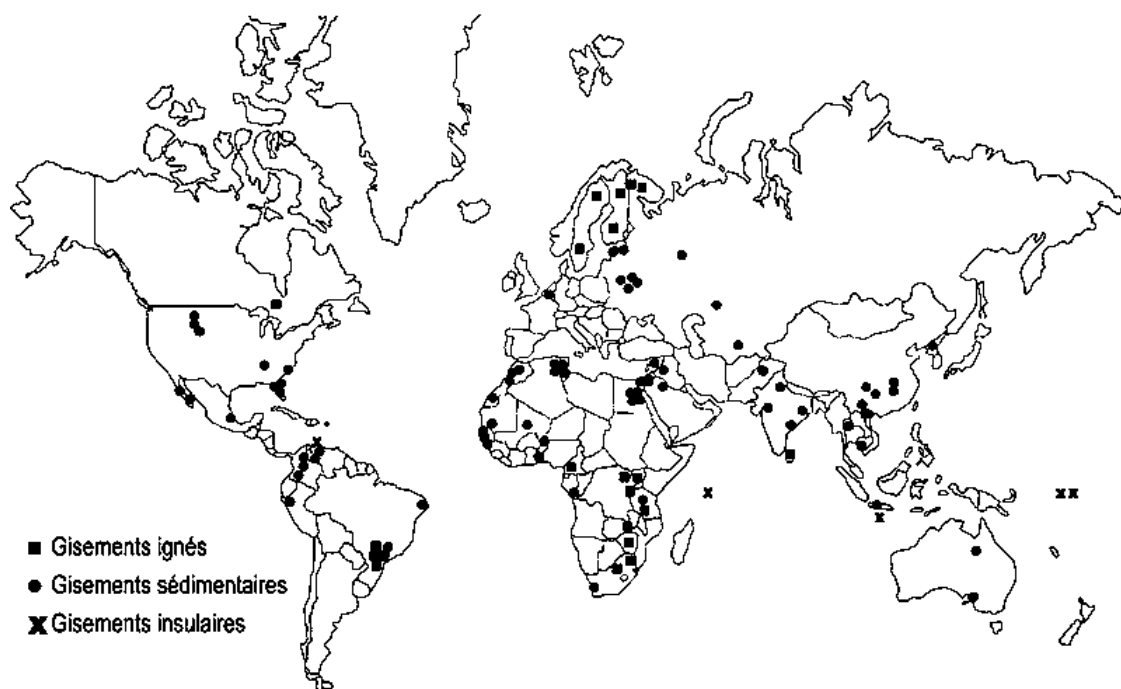


Figure 2:répartition mondiale des gisements phosphatés (D'après les archives de documents de la FAO).

5. Utilisation des phosphates

Les phosphates sont utilisés dans l'agriculture comme engrais pour enrichir les fruits et légumes en source de phosphore. Ils peuvent également apporter de l'azote (phosphate d'ammonium), la roche phosphatée du calcium (phosphates de calcium) et de l'aluminium (phosphate d'aluminium). Ces engrais peuvent être d'origine organique (poudre d'os, arêtes de poissons, etc.) ou inorganique (attaque d'acide sur du minerai), ce qui est de plus en plus le cas, hormis en agriculture biologique où les engrais de synthèse sont interdits.

Certains engrais phosphatés contiennent des quantités importantes d'uranium, donc de radium et conduisent à une émanation plus importante de gaz radon, précurseur du polonium

Le phosphate se trouve aussi impliqué dans la fermentation vinicole (type de fermentation éthylique).

Le minerai, en général du phosphate de calcium, peut être épandu directement sur les terres acides après avoir été finement broyé. Ayant tendance à se combiner au calcium, ce qui le rend moins assimilable, il doit être rendu plus hydrosoluble avant d'être employé sur les sols calcaires afin d'accroître son assimilation par les plantes.

Dans la structure des êtres vivants, les groupes phosphate sont des éléments de la chaîne composant les hélices de l'ADN.

6. Gisements des phosphates au Maroc

Le Maroc contient quatre bassins phosphatés de type sédimentaire qui sont (**Fig. 3**):

Bassin des Gantours: il englobe des gisements phosphatés auquel appartient le gisement de N'Zalet EL Hararcha, qui a fait l'objet de la présente étude; Le bassin des Gantours, forme un rectangle orienté Est-Ouest avec une longueur de 120 km et une largeur de 20 km à 30 km, ses limites sont :

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

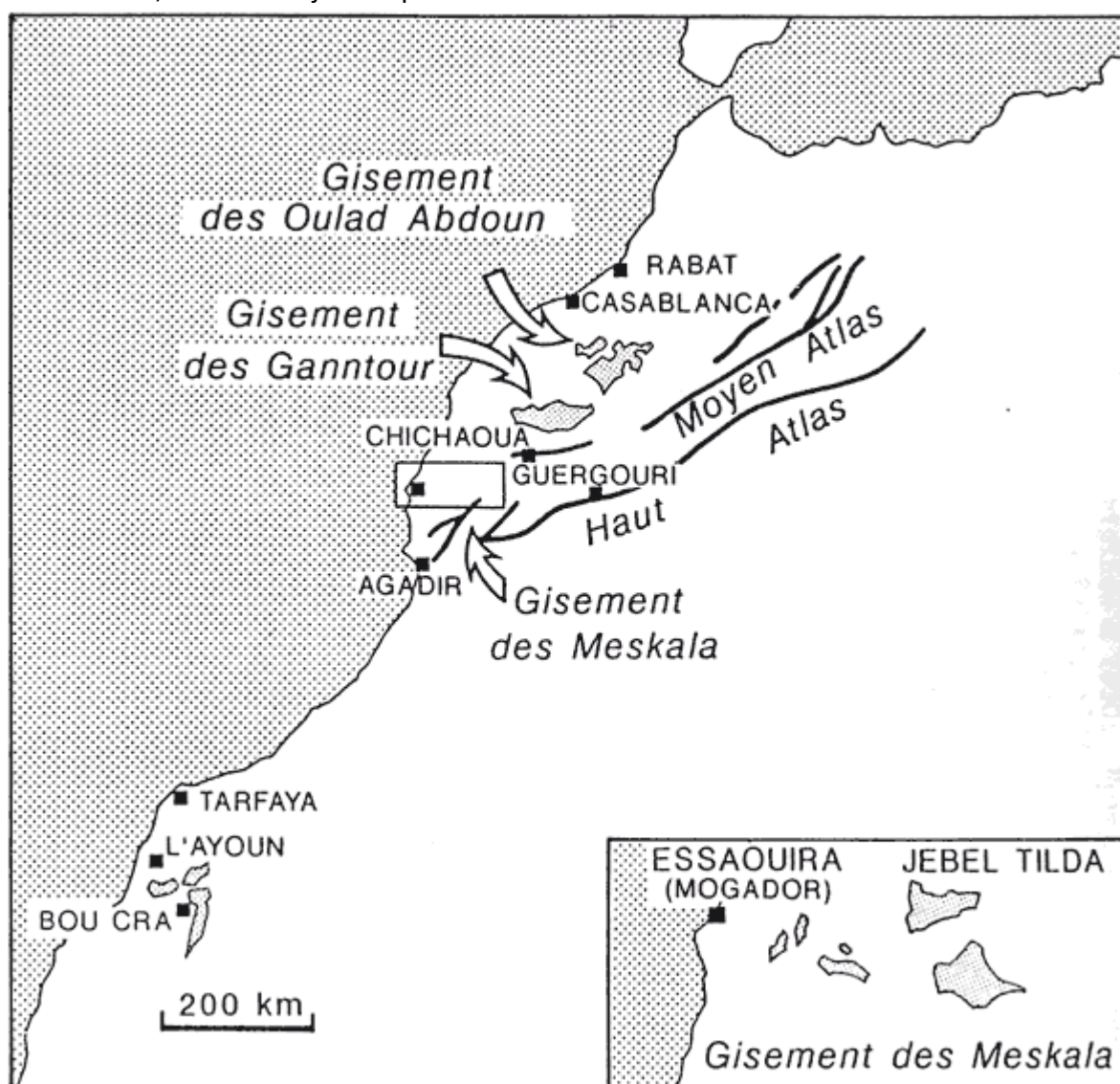


Figure 3:répartition géographique des principaux bassins phosphatés.

Bassin des Oulad Abdoun : il est le plus anciennement connu et aussi le plus anciennement exploité. 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 de Meskala est situé dans la plaine d'Essaouira-Haouz, il est limité au Nord par les collines jurassiques de Mouissate, au Sud par le Haut Atlas, à l'est par la plaine de Haouz, à l'ouest par la plaine côtière d'Essaouira. Le bassin de Meskala est subdivisé en trois principales zones:

- ✓ Zone d'Ouled Bousbaâ, située au Nord-Est.
- ✓ Zone d'Imintanout qui est localisée au Sud-Est.
- ✓ Zone de Khémis Meskala qui est situé à l'Ouest.

Bassin d'oued Eddahab La superficie de ce bassin est considérable, elle s'étant de Laâyoune au Nord et à Lagwira au Sud (800 km), la limite au Nord est une limite d'affleurement. La morphologie de cette région est généralement intacte, elle n'est affectée que par un réseau d'Oued sec en permanence.

7. Genèse des phosphates marocains

La genèse des phosphates sédimentaires d'origine marine est un phénomène très complexe qui a engagé un nombre considérable d'hypothèses et de différentes interprétations qui divergent jusqu'à sur les points essentiels tels que la source du phosphore, les processus de formation des éléments phosphatés et conditions favorisant cette formation.

a. cas des phosphates de Khouribga (Oulad Abdoun)

Les premières traces de phosphate ont été découvertes au Maroc en 1912 dans la région D'OULED ABDOUNE Zone de KHOURIBGA. Le phosphate se présente sous la forme d'une poudre blanchâtre, c'est le produit de la décomposition d'ossements de poissons et autres qui se déposent au fond des mers. Son gisement était en 4 couches superposées de richesses différentes à une profondeur de 6 à 12 mètres dont la plus importante varie de 2 à 6 mètres d'épaisseur.

Le phosphate est constitué par plusieurs éléments dont le Calcium, le Fluor, l'Uranium et le Phosphore. Ils sont considérés parmi les éléments les plus importants. Parmi les nombreuses ressources minières du sous-sol Marocain la 1^{ère} place revient au phosphate tant par l'étendue des gisements que par l'importance des tonnages extraits. Les réserves des phosphates sont estimées à 57,8 Millions de tonnes et 75% des réserves mondiales.

b. .Cas des phosphates de Youssoufia (Gantours)

Le gisement des Gantours, est l'un des quatre gisements de phosphate que recèle le pays. Il est situé au sud de la Meseta Marocaine, dans le domaine atlasique qu'a va des chaines du Rif jusqu'à la limite sud de Haut Atlas. Le plateau des Gantours est bordé au nord par le massif primaire de Rehamna, à l'Est par le cours d'Oued Tassaout, au sud par le massif paléozoïque de Jbilet et à l'Ouest par le massif mésozoïque de Mouisset. Il s'agit d'un gisement dont l'étendue est de 125 km d'Est en Ouest et de 20 km du Nord au Sud. Il recouvre en termes de superficie quelque chose comme 2500 km² et ses réserves sont estimées à environ 31 milliards de m³, soit 35 % des réserves nationales. Les principaux faciès impliqués sont des phosphates sableux granulaires, des calcaires et dolomies, des marnes, argiles et silicifications diagénétiques intercalées.

Partie 2: cadre géologique et minier de la zone étudiée.

I. Le gisement des Gantours

Le secteur d'études fait partie du bassin des **Gantours**. (**Fig.4**) Ce dernier est l'un des quatre gisements phosphatés qui recèlent le pays il est situé au Sud de la Meseta marocaine, dans le domaine atlasique qui va des chaînes du Rif jusqu'à la limite Sud du haut Atlas Le plateau des **Gantours** sont bordés au Nord par le massif primaire de Rehamna, à l'Est par le cours d'Oued Tassaout, au Sud par le massif paléozoïque de Jebilet et à l'Ouest par le massif mésozoïque de Mouisset. Il s'agit d'un gisement dont l'étendue est de 125 km d'est à l'ouest et de 20 km du Nord au Sud. Il présente une superficie d'environ 2500 km² et ses réserves sont estimées à environ 31 milliards de m³, soit 35 % des réserves nationales. Les principaux faciès impliqués sont des phosphates sableux granulaires, des calcaires, des marnes, argiles et silicifications diagenétiques intercalées.

Le bassin des Gantours est subdivisé en deux grands domaines:

Un domaine septentrional à faciès généralement clair. Dans cette zone, (Boujou, 1976), a distingué Six zones de faciès, qui sont d'Est en Ouest

- ✓ Tassaout
- ✓ N'Zalet El Hararcha
- ✓ Ben guérir sud
- ✓ Ben guérir nord
- ✓ Louta
- ✓ Youssooufia

Un domaine méridional caractérisé par un faciès noir (Boujou, 1976).

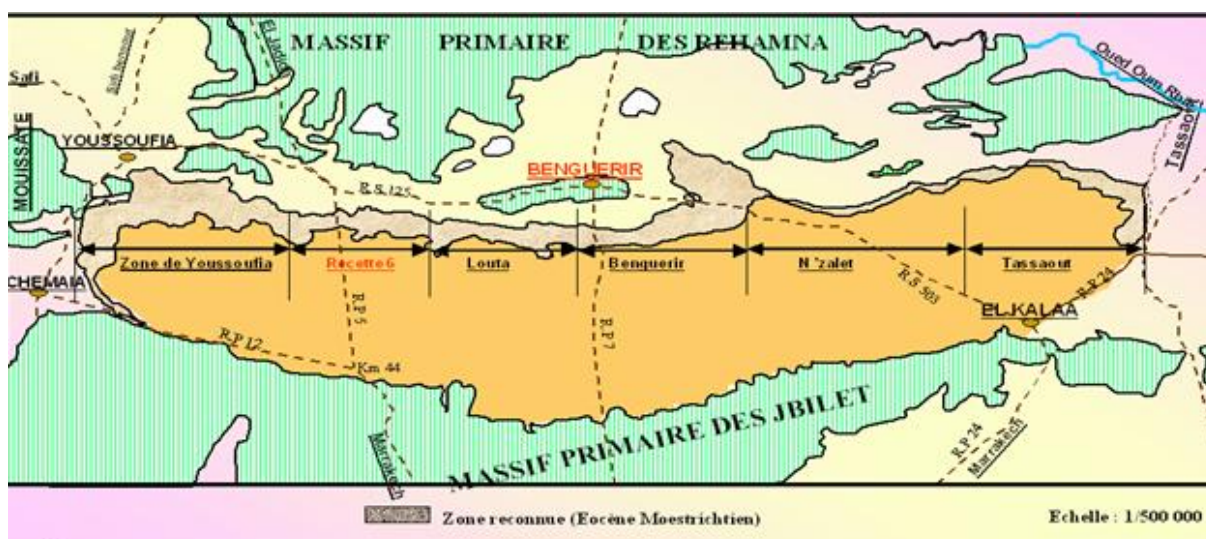


Figure 4: subdivision et situation de gisement des Gantours (D'après Boujou, 1976).

II. La mine de n'Zalet El Hararcha

1. Présentation

Le gisement de n'Zalet EL Hararcha constitue la partie Est du bassin des Gantours. Il a fait l'objet d'une étude géologique de reconnaissance et de valorisation, (**Fig.5**).

La série phosphatée de n'Zalet EL Hararcha, est constituée d'une alternance de couches de phosphate séparées par des niveaux silico-carbonatés stériles. Du bas en haut, la série phosphatée est constituée des couches de phosphate suivantes: Couche 6 - Couche 5 - Couche 4 - Couche 3 - Couche 2 - Couche 1 - sillon A2 - sillon B.

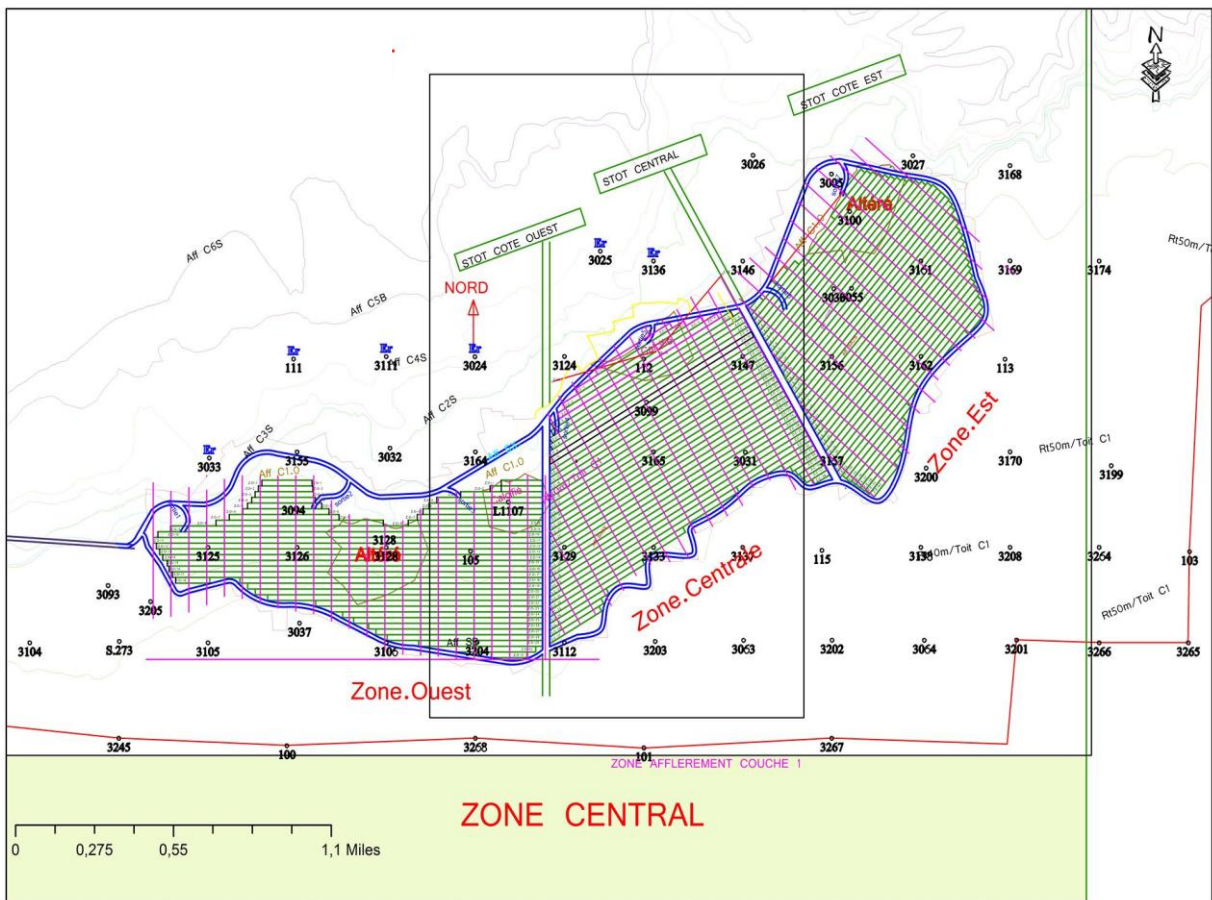


Figure 5: découpage de la zone de n'Zalet El Hararcha (ocp, Ben guérir).



Figure 6:localisation de la zone d'étude, (d'après Google earth).

La mine de N'zalet El hararcha **(Fig.6)** est Située à 100 km de Marrakech et 30 km à l'est de Ben guérir, la mine se situe dans le bassin minier Gantour et est opérée par l'Office Chérifien des Phosphates (OCP)

2. Structuration de la zone à exploitée

Pour exploiter une zone phosphatée, il faut diviser cette zone en : **(Fig. 7).**

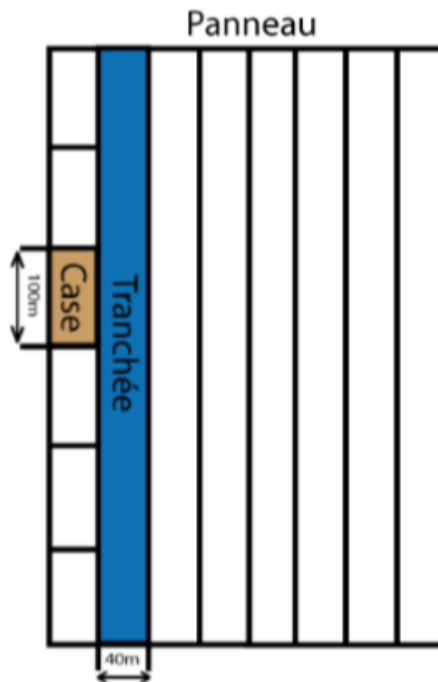


Figure 7:schémas de découpage d'une Zone phosphatée. (Document, ocp).

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

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

c) Case : une unité du tranché à une longueur de 100 m et une largeur de 40 m.

3. Le découpage de la série phosphatée

a. Le découpage lithologique

La série phosphatée de n'Zalet El Hararcha est constituée d'une alternance des couches de phosphate et des niveaux silico-carbonatés stériles (intercalaires):

La couche 6: formée généralement de phosphate meuble gris beige, organo-détritique et repose sur du marne jaune qui constitue la base de la chaîne phosphatée.

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

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

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

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

Couche inférieure : formée de phosphate meuble qui contient souvent du calcaire siliceux. Sa teneur en BPL est importante.

Couche supérieure : formée de phosphate meuble beige plus ou moins marneux. Sa teneur en BPL est toujours faible.

Un niveau d'argile jaune permet de séparer la couche 3 supérieure de la couche 2 inférieure, elle apparaît nettement dans le terrain et aide à s'identifier le long de la coupe des puits.

La couche 2: formée de 2 sous couches séparées par du bone-bed (lit d'os):

Couche supérieure: formée de phosphate meuble avec un banc de calcaire siliceux sur le toit. Sa teneur en BPL est importante.

Couche inférieure: formée de phosphate meuble gris à jaune marneux et siliceux. Sa teneur en BPL est faible.

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

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

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

Sillon A3: constitué d'un phosphate meuble calcifié à faible teneur en bpl.

Sillon A2 : Il est exploité et constitué de fossiles caractéristiques

Sillon A1 : constitué d'un phosphate calcifié et marneux et non exploité à cause de la présence de marnes friables

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

b. Le découpage chrono-stratigraphique (Fig.8)

La série phosphatée de N'zalet El hararcha s'étend du Maastrichtien au Lutétien.

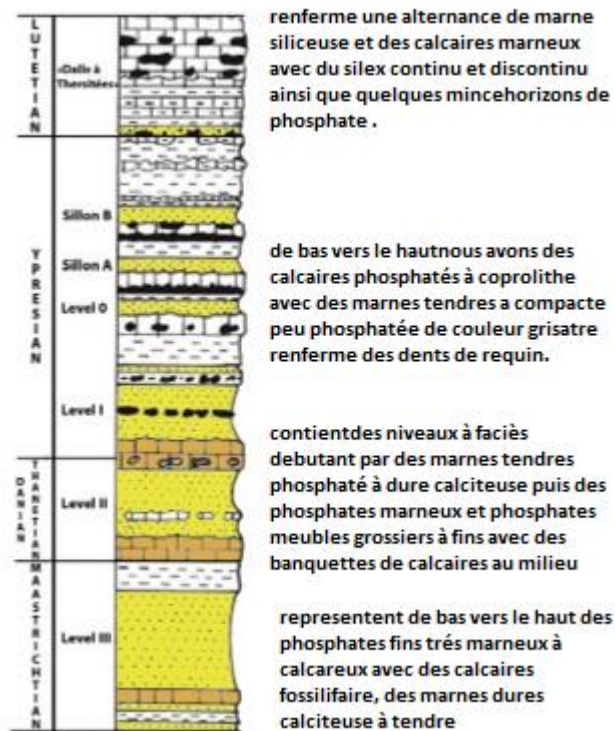


Figure 8: log stratigraphiques de la zone étudiée (document ocp modifié).

Une évolution lente et régulière du bassin est dessinée par la condensation de la série, la migration d'une concentration de P_2O_5 et de ces faciès phosphatés dans le temps et dans l'espace.

4. Evolution latérale de la série phosphatée

La série phosphatée représente un changement très spectaculaire entre deux zones. Dans la zone méridionale, la série s'imprègne des traces de bitumes et de matière organique

et elle est plus chargée en silices. Dans la zone septentrionale, on note une opposition entre deux domaines (**Fig.9**).

- Un domaine occidental (de Youssoufia à El Ouata), montre une série relativement épaisse avec des niveaux phosphatés à teneur élevée
- Un domaine oriental, caractérisé par une diminution très nette de l'épaisseur totale de la série et un nombre plus élevé des niveaux phosphatés à teneur élevés.

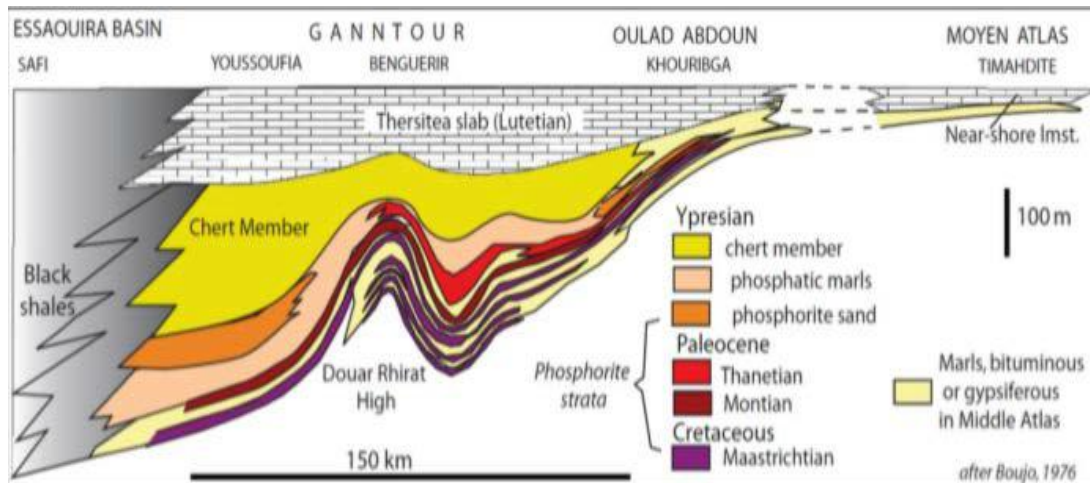


Figure 9: évolution de la série phosphatée marocaine : (D'après Boujou 1976).

III. Etapes de l'exploitation

Foration

Il s'agit d'assurer la pénétration d'un outil dans le sol appelé tricône (a), monté au bout d'une tige de 13 m, et de le relever, une fois la profondeur désirée est atteinte, la rotation de cet outil assurée par un ensemble moteur, réducteur, tige, et drill-coulard, de même sa pénétration dans le sol est assurée par une poussée hydraulique appelé fonçage.

Sautage

C'est la fragmentation par des charges explosives (b) (dynamites posé dans les trous) des morts terrain (couches inutiles de terrain) suivant une granulation déterminé.

Décapage

C'est l'enlèvement des stériles (morts terrains) pour accéder aux couches phosphatées (c) au moyen de grandes machines: draglines et bulldozers. On distingue trois sortes de décapage par poussage, par casement et par transport.

Défruitage

Une fois que l'opération de décapage ou d'enlèvement du stérile est terminée, on procède au défruitage (d) de la couche phosphatée par chargement et transport par le biais des camions vers les trémies d'épierrage et de criblage.

Transport du phosphate

Le transport (e) des phosphates du chantier vers les trémies d'épierrage et du criblage se fait par des camions de capacité 110 t, 170 t et 190 t.

Epierrage-criblage et mise en stockage du phosphate

Les phosphates déversés sur les trémies subissent les opérations successives suivantes

Épierrage sur une grille de 90 mm Le refus est concassé pour réduire sa dimension à 200 mm, avant de l'acheminer vers les mis à terrils;

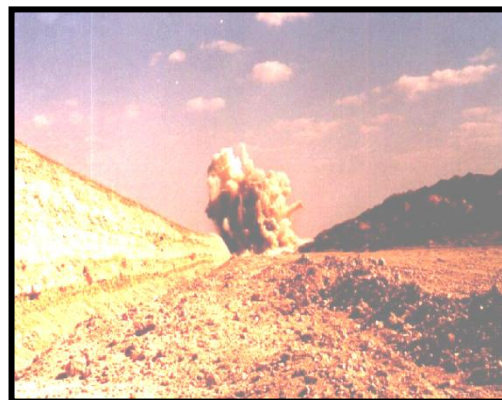
Le passant est envoyé vers les stations de criblage de maille 30 50 mm, puis d'un crible de maille 15 * 30 mm, ensuite acheminé vers le parc de stockage ;

Enfin, le refus rejoint le circuit des stériles après recriblage.

La mise en stock du phosphate criblé se fait par « qualité source » (fonction de ses teneurs en BPL et en éléments traces).



a: sondeuse



b: scène de sautage



c: décapage



d: défruitage



e: transport



f: épierrage

**Figure 10: étapes de la chaîne cinématique
de l'extraction du phosphate**

Partie 3 : étude lithostratigraphique de la zone N'zalet El Hararcha

La mine de n'Zalet EL Hararcha est subdivisée en trois zones : zone ouest, zone centrale, et zone est (**Fig.11**).

Avant la réalisation des logs synthétiques de la région, on a choisis 3 puits dans chaque zone:

- ✚ Puit N°3126 dans la zone ouest ses coordonnées sont **Z=443,09; X=289000.69; Y=182000,10**
- ✚ Puit N° 3165 dans la zone centrale ses coordonnées sont **Z=446,11 ; X=291000,41 ; Y=182499.98**
- ✚ Puit N° 3161 dans la zone est ses coordonnées sont **Z=440,02 ; X=292499,70 ; Y=183500,3**

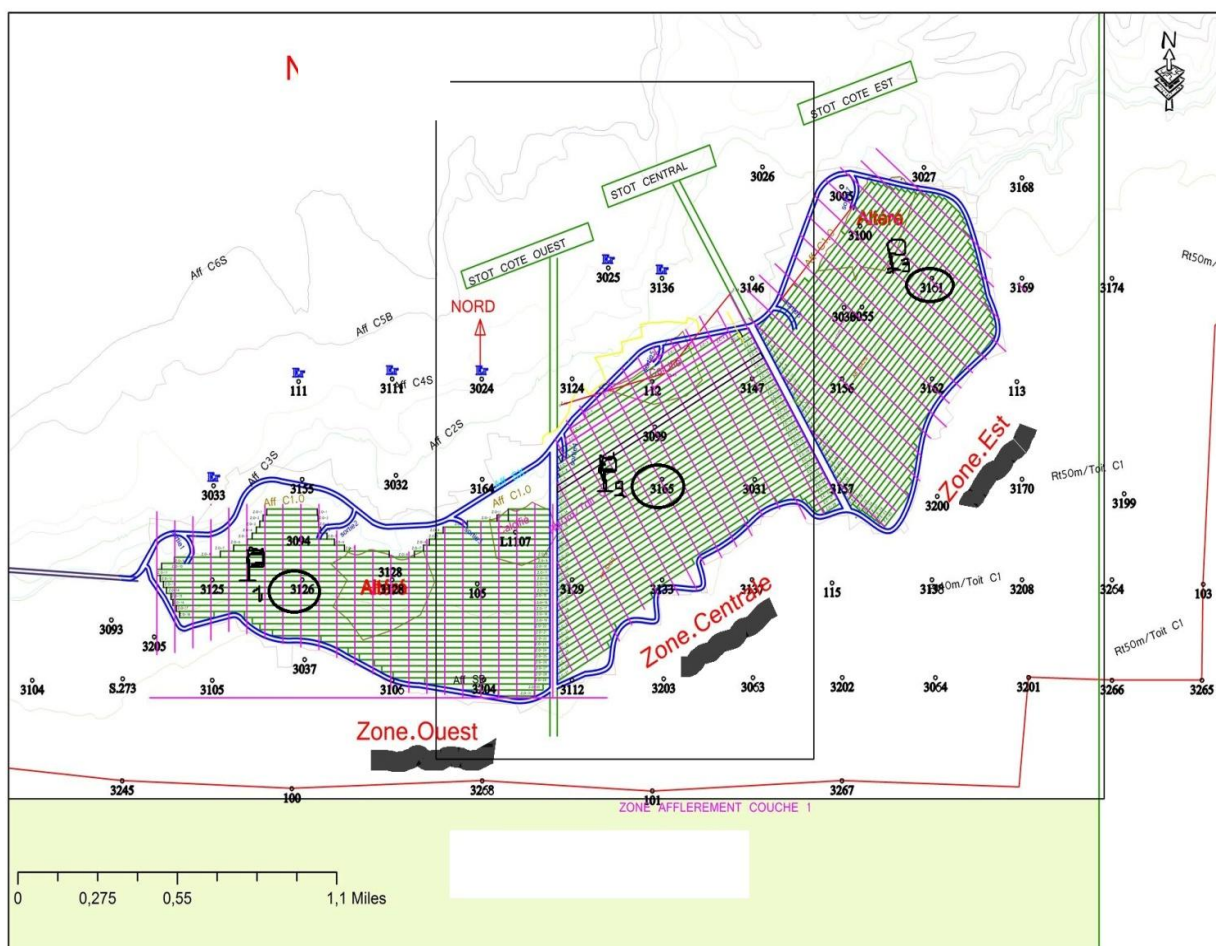


Figure 11:carte des puits p1, p2 et p3 dans la zone d'étude (Document ocp)

1. Log synthétique de la zone ouest

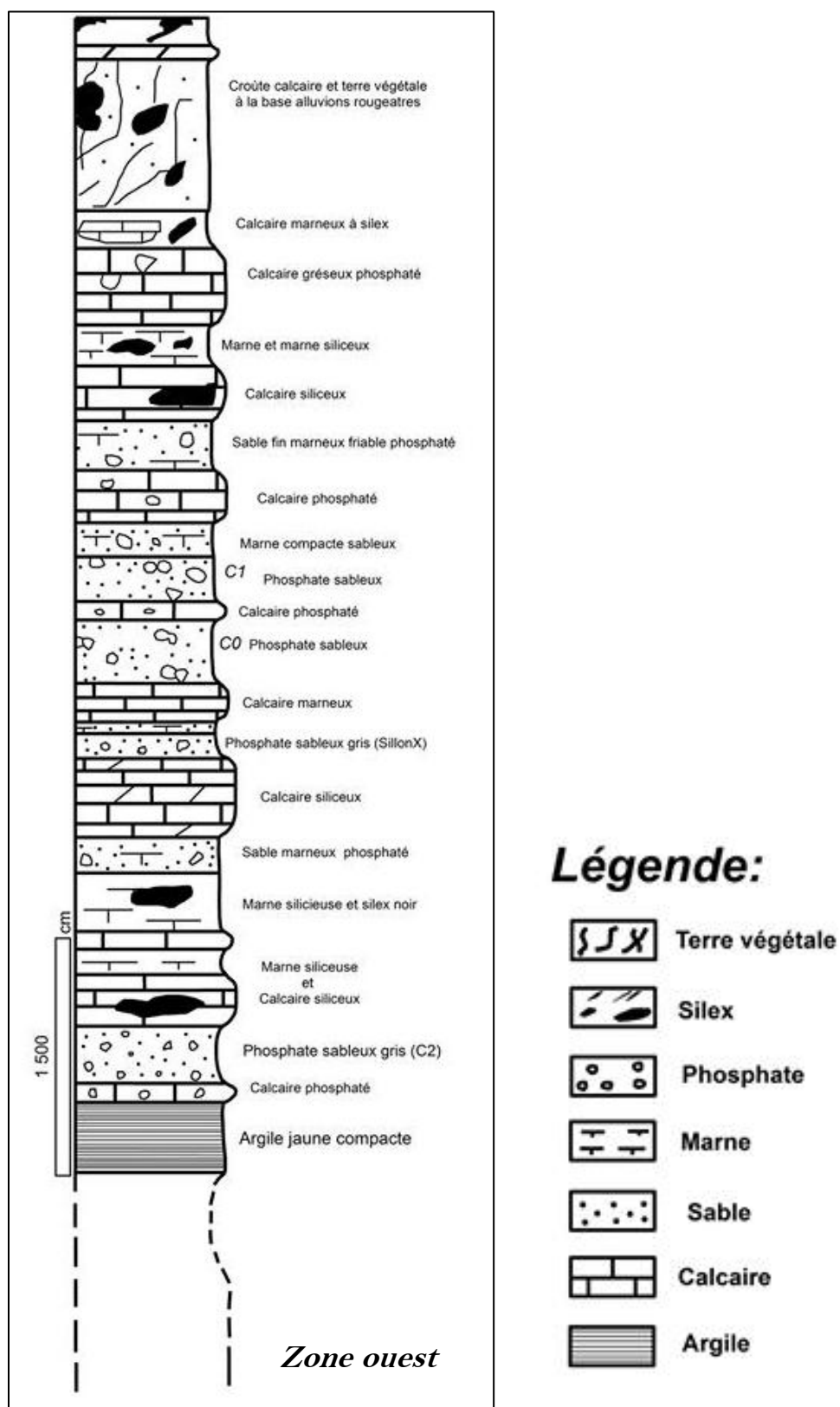
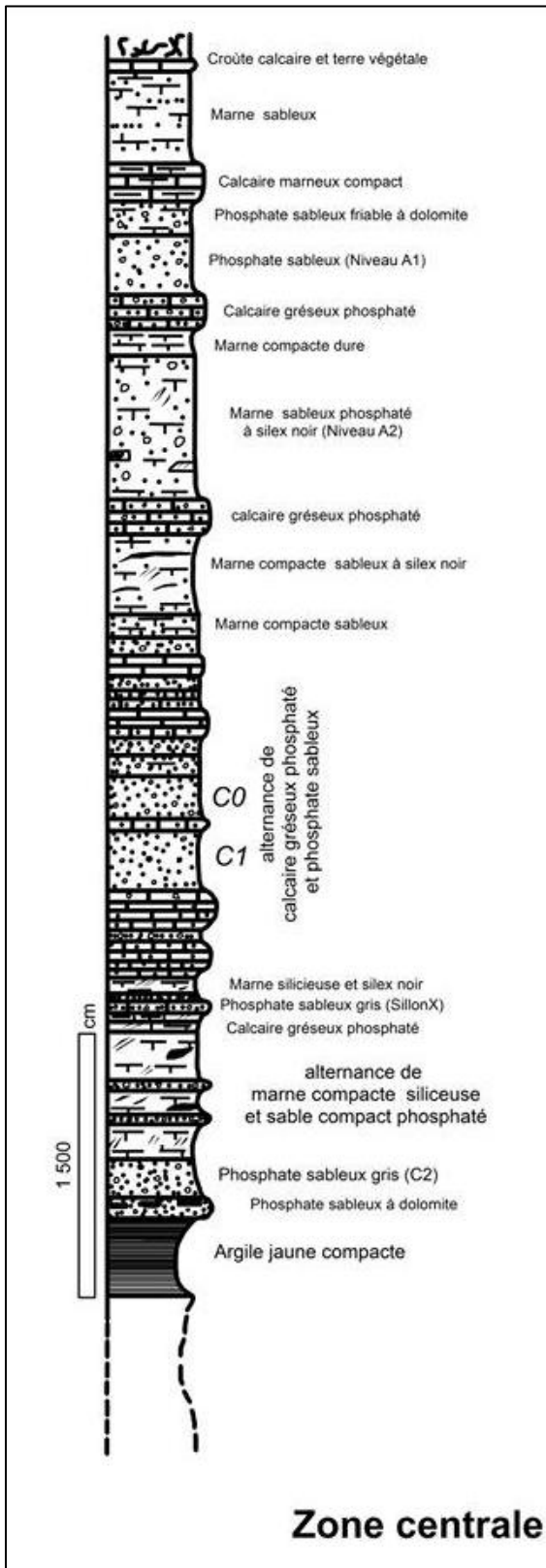


Figure 12: log synthétique de la zone ouest (Région n'Zalet El Hararcha).

2. Log synthétique de la zone centrale



Légende:

- Terre végétale
- Silex
- Phosphate
- Marne
- Sable
- Calcaire
- Argile

Figure 13: log synthétique de la zone centrale (Région N'Zalet El hararcha).

3. Log synthétique de la zone est

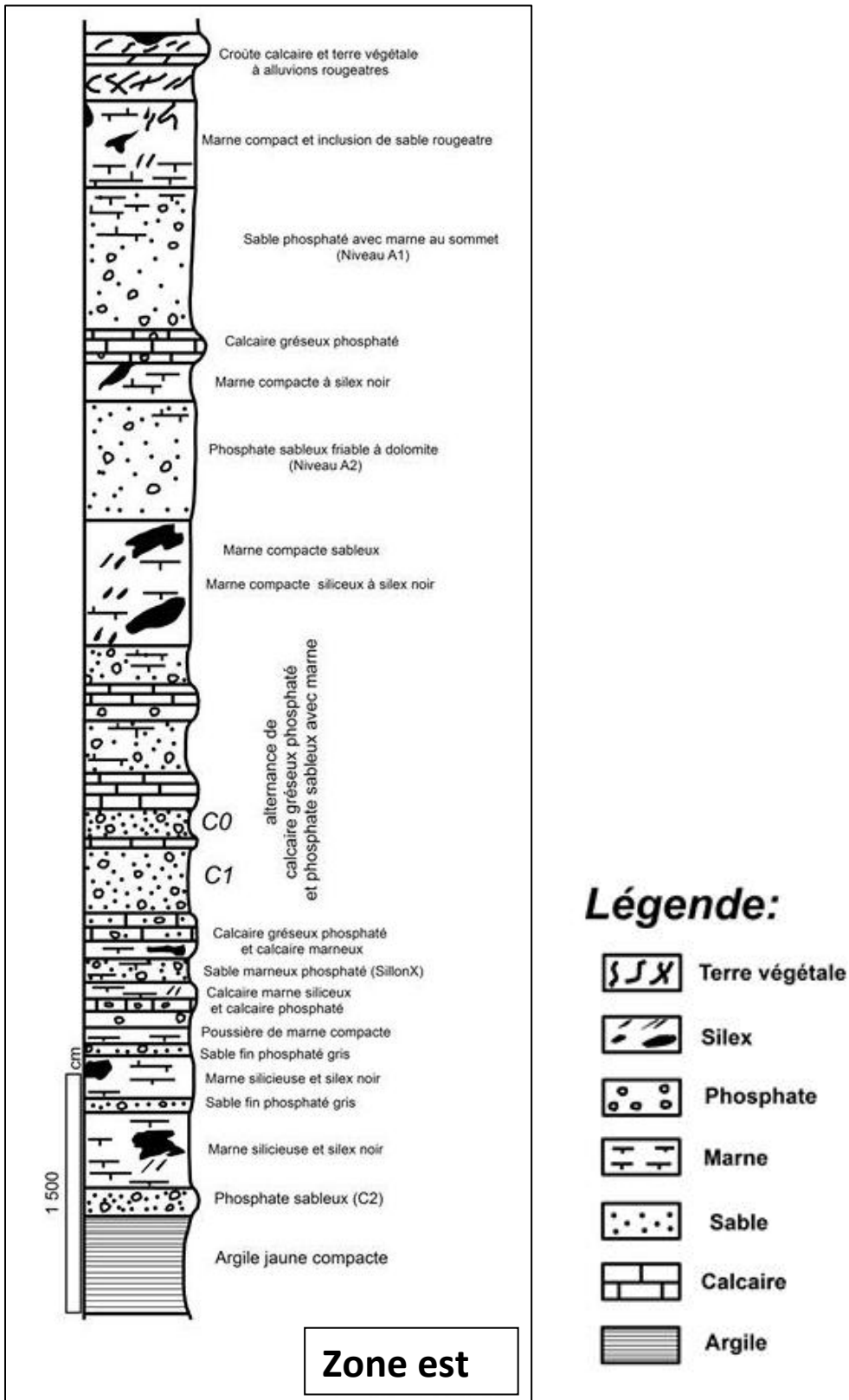


Figure 14: log synthétique de la zone est (Région n'Zalet El Hararcha).

4. Description des logs

Nous avons réalisé trois logs stratigraphiques dans trois zones (ouest, central et est). Qui correspondent respectivement au puits (P1, P2, P3) **(Fig.11)**.

Les trois logs **(Fig. 12,13 et 14)** présentent des similitudes lithostratigraphique avec à la base le dépôt d'argile jaune compact, qui constitue un niveau repères dans la zone, il sépare la couche 2 et la couche 3, il apparaît nettement dans le terrain et aide à s'identifier le long de la coupe des puits P1, P2 et P3.

Notre étude est basée sur les niveaux qui viennent après le niveau repaire argileux : en premier on a la couche 2, cette dernière est subdivisée en deux sous entités séparées par un bon bed. La partie supérieure est caractérisée par un phosphate grossier avec des débris d'ossements. La partie inférieure est moins riche en BPL et dominée par des phosphates fins. L'ensemble est surmonté par un complexe de marne et marnes siliceuses avec des rognons de silex, Puis on a le sillon X, qui est un niveau de phosphate meuble, discontinue plus au moins calcifié.

Pour la couche 1 et la couche 0, les deux niveaux peuvent être confondus lorsqu'il n'y a pas d'intercalaire de calcaire.

La partie d'étude portera sur la partie supérieure du maastrichtien et du danien, La couche 2 et le sillon X sont daté du maastrichtien, et la couche c1 et c0 du danien.

En fin ces logs s'agissent essentiellement d'une séquence à dominance carbonaté avec alternance de niveaux marneux et siliceux. On note que les niveaux phosphatés sont séparés par des niveaux intercalaires stériles **(Fig. 15)**.

5. Remarque:

- D'ouest vers l'est on remarque un amincissement de l'épaisseur des couches, cette différenciation est remarquable dans la couche C1 et le niveau argileux.
- L'existence des formations semblable dans toute les zone de la région sauf une lacune dans la zone ouest présentée par l'absence des niveaux A1 et A2.
- On allant vers l'Ouest on remarque que l'érosion est de plus en plus forte, ainsi les couches affleurent à l'est.
- L'épaisseur de la couche C1 est plus grand par rapport aux autres couches car elle est riche en éléments grossiers, cette différence est peut être du à une agitation du milieu lors de dépôt et à la tranche d'eau qui n'été pas importante.

6. Description des intercalaires:

A partir des logs synthétiques on remarque que même les intercalaires présentent des variations des épaisseurs, ils montrent toujours une monotonie de lithologie

Du bas vers le haut on a des sables phosphatés fins marneux et peu compactes, suivie par des calcaires. **(Fig. 14).**

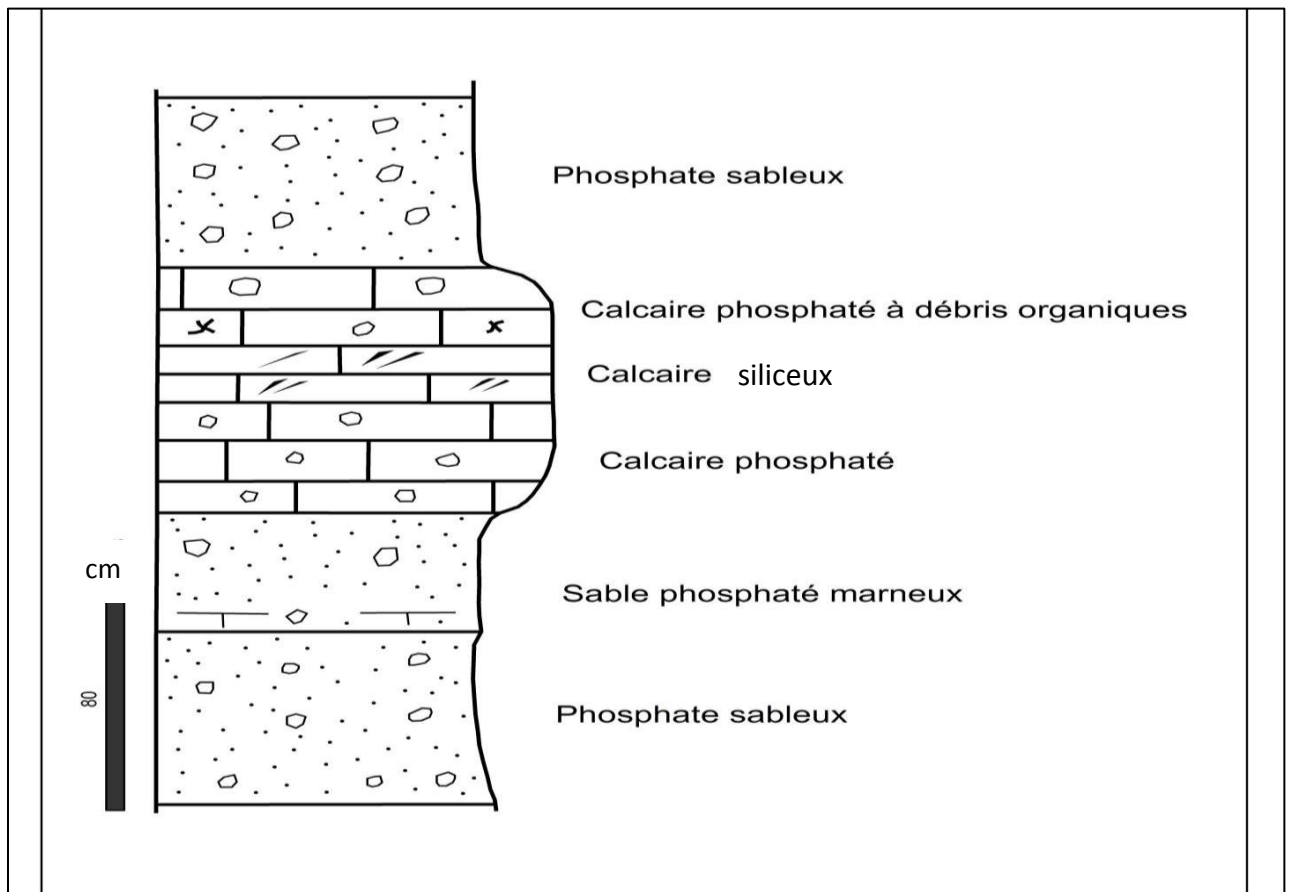


Figure 15: intercalaire formée de calcaire phosphaté siliceux entre deux intervalles de sable phosphaté.

7. Commentaire :

- Les niveaux phosphatés sont séparés par des couches du stérile **(Fig. 15)**, et chaque deux couches phosphatées successives intercalées par des intercalations en stérile.
- Le silex n'est que secondaire, puisque il se forme après le dépôt du calcaire, pendant la diagenèse, se sont des concentrations de la silice qui a était déposé sous forme de trace lors de la sédimentation primaire.
- Le dépôt des sables puis des calcaires puis des traces de la silice montre un approfondissement de milieu et forcément il sera plus froid épisodiquement.

- Le dépôt de phosphate implique que le niveau marin est moins profond en quelque sorte, mais des fois il peut y avoir d'autres paramètres qui interviennent, par exemple, le climat devient plus chaud ou bien le milieu est plus productif en la matière organique qui donne le phosphate par exemple par des courants up welling .

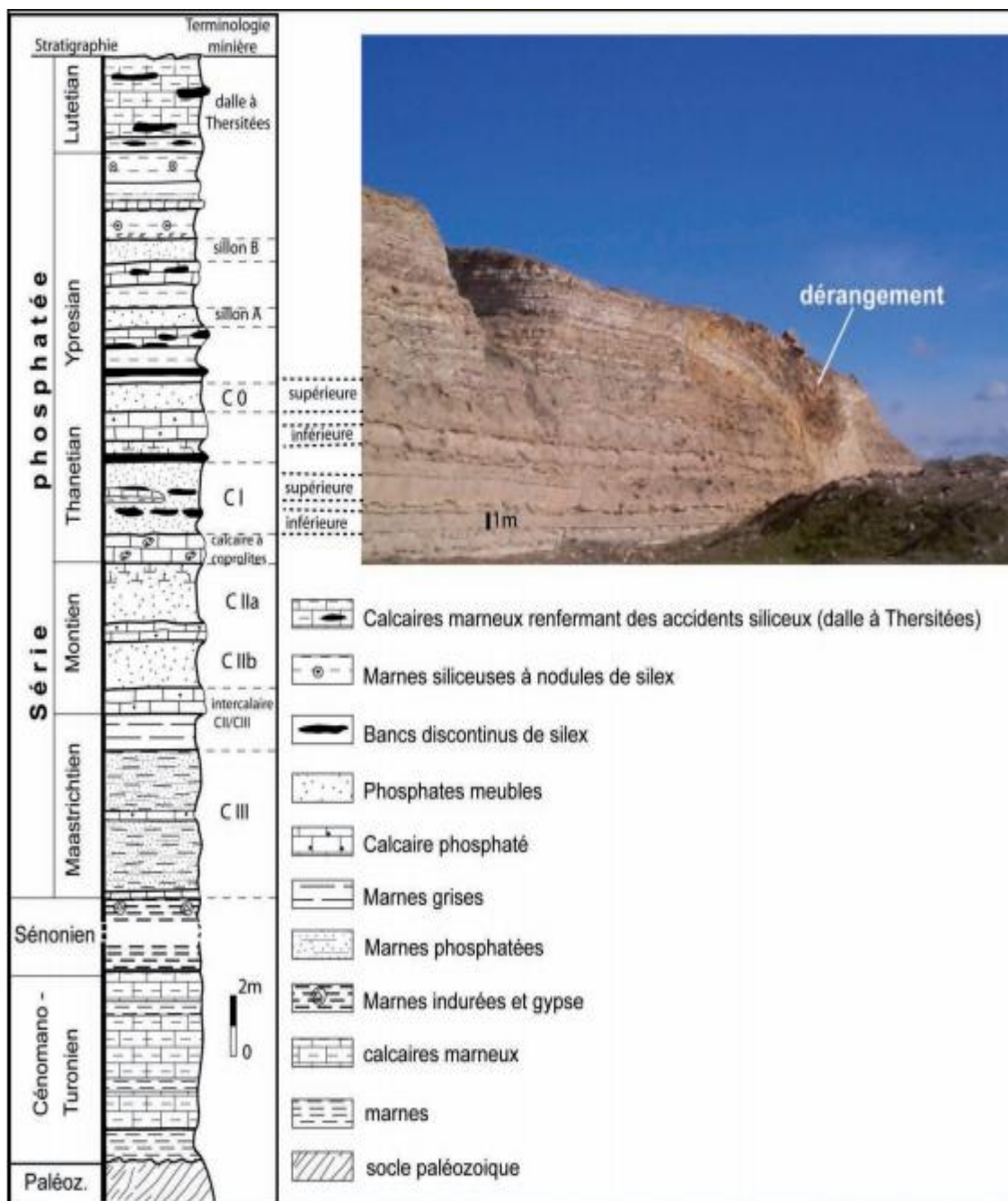


Figure 16: log lithostratigraphique de la tranchée de n'Zalet Hararcha.

Partie 4: étude géochimique de la région de n'Zalet el Hararcha.

I. Définition de la géochimie

La géochimie est une Science qui étudie l'histoire et le comportement des éléments chimiques qui forme les zones profondes et superficielles du globe terrestre à l'aide des méthodes conjointes de la géologie et de la chimie.

II. Présentation de sujet

L'objectif principal du sujet consiste à l'étude géo-minière des couches (de C2 à C0), de la mine du gisement phosphaté de n'Zalet EL Hararcha. Il s'agit de déterminer les caractéristiques chimiques, physiques et le calcul des réserves de la zone étudiée.

Cette étude est basée sur:

- La réalisation de la base des données
- Le calcul des puissances, les côtes du toit, BPL, CO₂, SiO₂ MgO, Cd
- L'établissement des cartes, iso-puissance, iso-teneur en SiO₂, MgO, Cd, CO₂ et en BPL.

III. Mode de travail

Avant de faire l'étude géochimique, on a fait d'abord l'échantillonnage et puis l'analyse chimique au laboratoire.

a. L'échantillonnage:

❖ **Définition:**

L'échantillonnage est une méthode qui consiste à prélever une portion représentative de la couche à étudier.

❖ **But:**

L'échantillonnage à pour but essentiellement de faire apprécier la qualité par la détermination de certaines caractéristiques :

> La composition chimique :

- B.P.L: terme anglais qui veut dire B = bone : os, P= phosphate, L= lime= calcaire, B.P.L = bone phosphate of lime.

-MgO : oxyde magnésium.

-SiO₂ : silice.

-CO₂: dioxydes de carbone.

-Fe₂O₃: oxyde de fer.

-Al₂O₃: alumine.

-Cd: cadmium.

-Cl₂: chlore.

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

> La teneur en eau.

> L'analyse granulométrique.

❖ **Différents types d'échantillonnages utilisés:**

Echantillonnage au chantier :

Le chantier d'extraction est subdivisé en unités appelés panneau à savoir : P1, P2, P3 et P4 qui constituent le chantier actuel, et le panneau se subdivise en tranchées, cette dernière se compose de plusieurs cases dont les dimensions de chacune est 100 m de longueur et 40 m de largeur.

L'opération consiste à prélever deux échantillons par case, on divise la case en deux parties de façon à avoir deux cases dérivées dont la longueur de chaqu'une est 50, puis on réalise l'échantillonnage à la moitié des deux cases dérivées sur parement.

Afin d'échantillonner une couche on suit la procédure suivante

> On cherche le toit et le mur de la couche à échantillonner ;

> On creuse un creu vertical sur la couche de telle sorte de traverser régulièrement toute sa puissance du mur au toit ;

> Après on récupère l'échantillon dans un sac de plastique dans lequel on met une étiquette qui porte le numéro d'échantillon qui représente la couche échantillonnée dans cette case ;

> Puis on ramène ce sac au laboratoire d'analyses chimiques.

Echantillonnage automatique :

Cet échantillonnage est effectué à l'aide des échantillonneurs automatiques réglés pour prélever d'une manière constante un échantillon du passé par chaque installation.

Au niveau des installations fixes, on peut citer la présence de quatre échantillonneurs automatiques :

> Deux installés sur les convoyeurs (B3.B4) qui collectent le phosphate vers le stock épierré, le prélèvement se fait à une période constante après chaque 100 tonnes stockées, l'ensemble de ces prises constitue un échantillon représentatif de chaque couche stockée.

> Le troisième échantillonneur est installé sur la T13 entre le criblage et les parcs d'homogénéisation. Le prélèvement s'effectue chaque 20 min, l'échantillonnage concerne le phosphate Humide criblé par couche et par poste.

> Le quatrième échantillonneur est installé juste avant le chargement du train, le prélèvement est réalisé chaque 30 s, l'échantillon représente le train expédié.

IV. Présentation de la base de données

Pour l'établissement des cartes, on doit traiter les données des coupes lithologiques des puits. Pour cette raison on a créé une base de données avec le logiciel Excel qui contient les informations nécessaires sur les puits de la zone étudiée.

Les paramètres mesurés pour chaque puits sont: n profil, n puits, x(m), y(m), z(m), z du toit, toit de la couche, mur de la couche, puissance totale (m), puissance minière (m), BPL, Co₂, SiO₂, MgO, Cd intercalaire et le recouvrement.

Les résultats obtenus pour chaque couche sont représentés dans les tableaux en annexe.

V. Traitement de données

Après avoir fini les tableaux d'analyse sur Excel, on a commencé la réalisation des cartes sur le logiciel ArcGis.

1. Présentation d'ArcGis:

ArcGis est un système complet qui permet de collecter, organiser, gérer, analyser, communiquer et diffuser des informations géographiques. En tant que principale plateforme de développement et d'utilisation des systèmes d'informations géographiques (SIG) au monde, ArcGis est utilisé par des personnes du monde entier pour mettre les connaissances géographiques au service du gouvernement, des entreprises, de la science, de l'éducation et des médias. ArcGis permet la publication des informations géographiques afin qu'elles puissent être accessibles et utilisables par quiconque. Le système est disponible partout au moyen de navigateurs Web, d'appareils mobiles tels que des Smartphones et d'ordinateurs de bureau.

VI. Etablissement des cartes des iso-teneurs

1. Cartes d'iso-teneurs pour la couche C0

a. Carte d'iso-teneurs en BPL

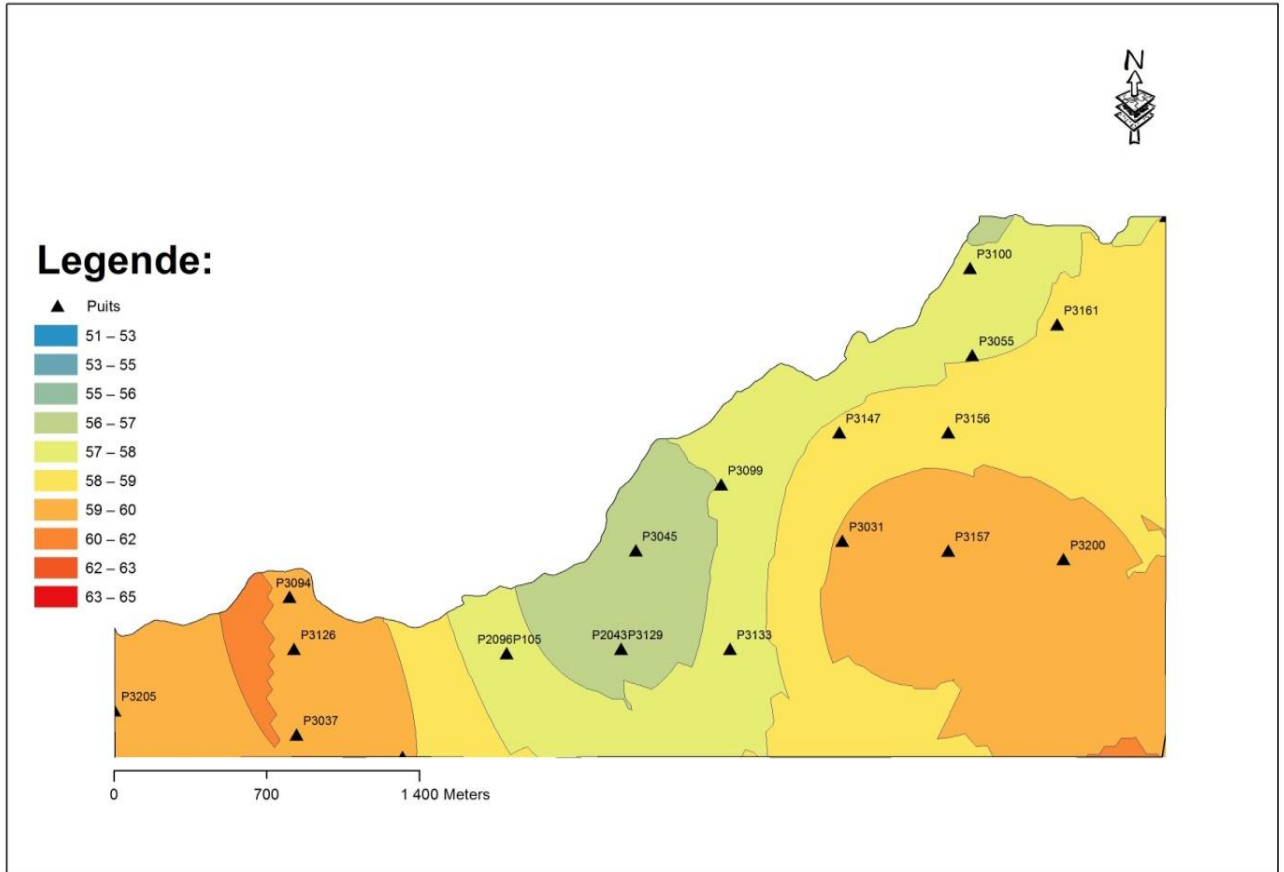


Figure 17: carte d'iso-teneurs en BPL de la couche 0.

Commentaire:

- On trouve que la valeur maximale est 65% au niveau du puit 3126, et la valeur minimale est au niveau du puit 3045.
- La valeur du Bpl diminue en allant vers le centre de la carte précisément les puits 3045, 30129. et 2043 ou on a des valeurs inférieures à 50%.
- Vers les puits 3133, 105 et 3099 les valeurs en bpl sont moyennes d'environ 60%.
- En générale la couche 0 contient des teneurs très importantes en Bpl vers les extrémités Est Ouest.

b. Carte d'iso-teneurs en CO₂

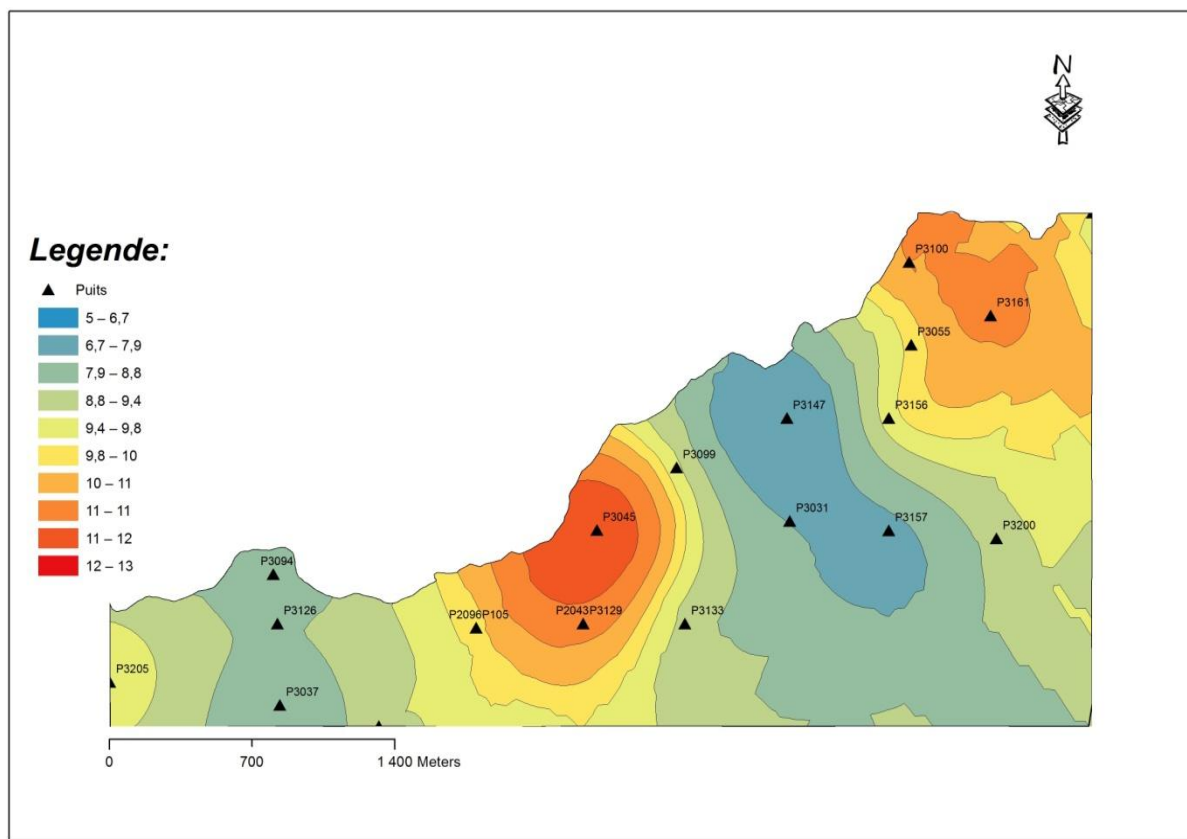


Figure 18:carte d'iso-teneurs en CO₂ de la couche 0.

Commentaire:

- Les teneurs en CO₂ de la couche 0 comprises entre 5% et 11%;
- Les valeurs de CO₂ les plus basses se trouvent au tour des puits 3147, 3031, 3157, 3037,3094 et 3126;
- Les teneurs moyennes sont au tour les puits 3156, 3055, 3099, 105 et 2096;
- Les valeurs les plus hauts se trouvent au tour des puits 3100, 3161, 2043 et 3129 ces valeurs varient entre 10% et 11%;
- la valeur maximale autour du puit 3045 qui se situe au centre de la carte;
- On remarque des variations de teneurs des zones de hautes valeurs suivies par; des zones de faibles teneurs.

c. Carte d'iso-teneurs en MgO

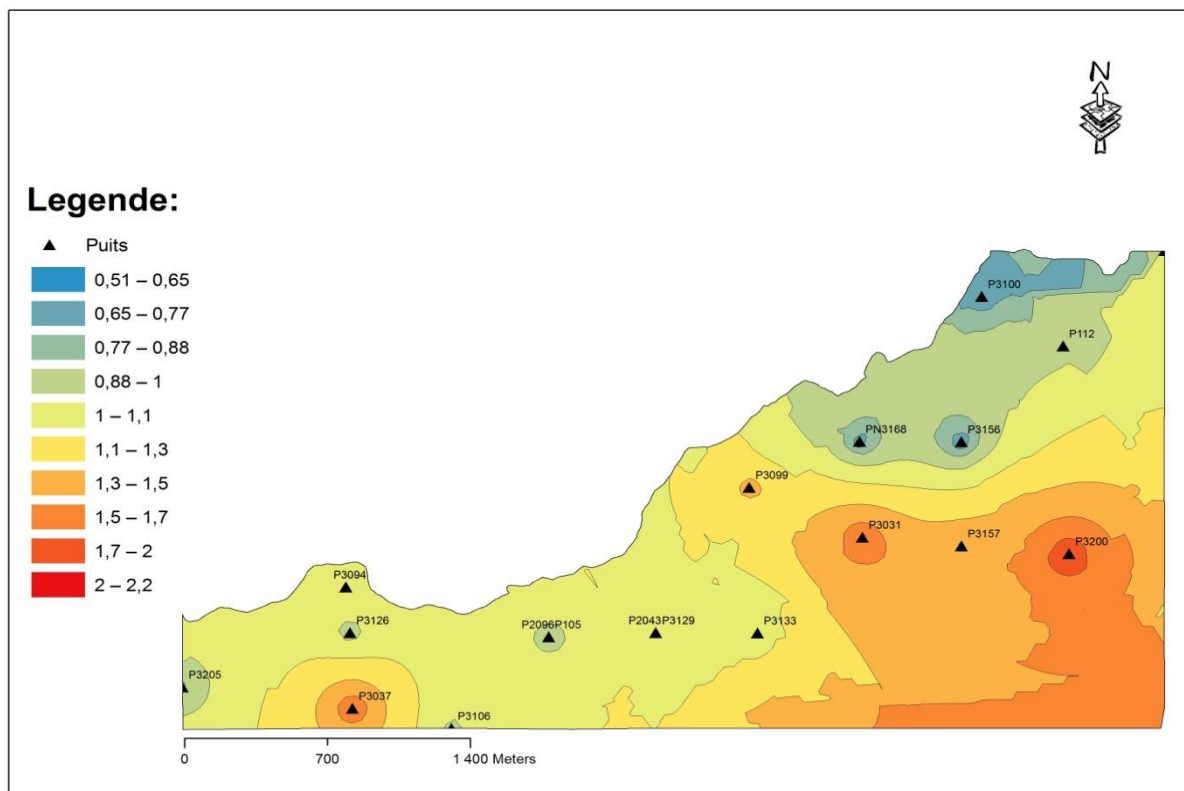


Figure 19:carte d'iso-teneurs en MgO de la couche 0.

Commentaire:

- Les teneurs en MgO de la couche 0 comprises entre 0.51% et 2.2%;
- La valeur maximale est vers la zone Sud-Est de la carte et autour le puit 3047 et le puit 3031 ainsi dans la zone ouest autour du puit 3037;
- Vers le nord on remarque que les teneurs sont de plus en plus faibles surtout au tour de 3 puits qui sont 3100, 3156, 3168;
- En général la couche 0 contient des teneurs moyennes en MgO.

d. Carte d'iso-teneurs en SiO₂

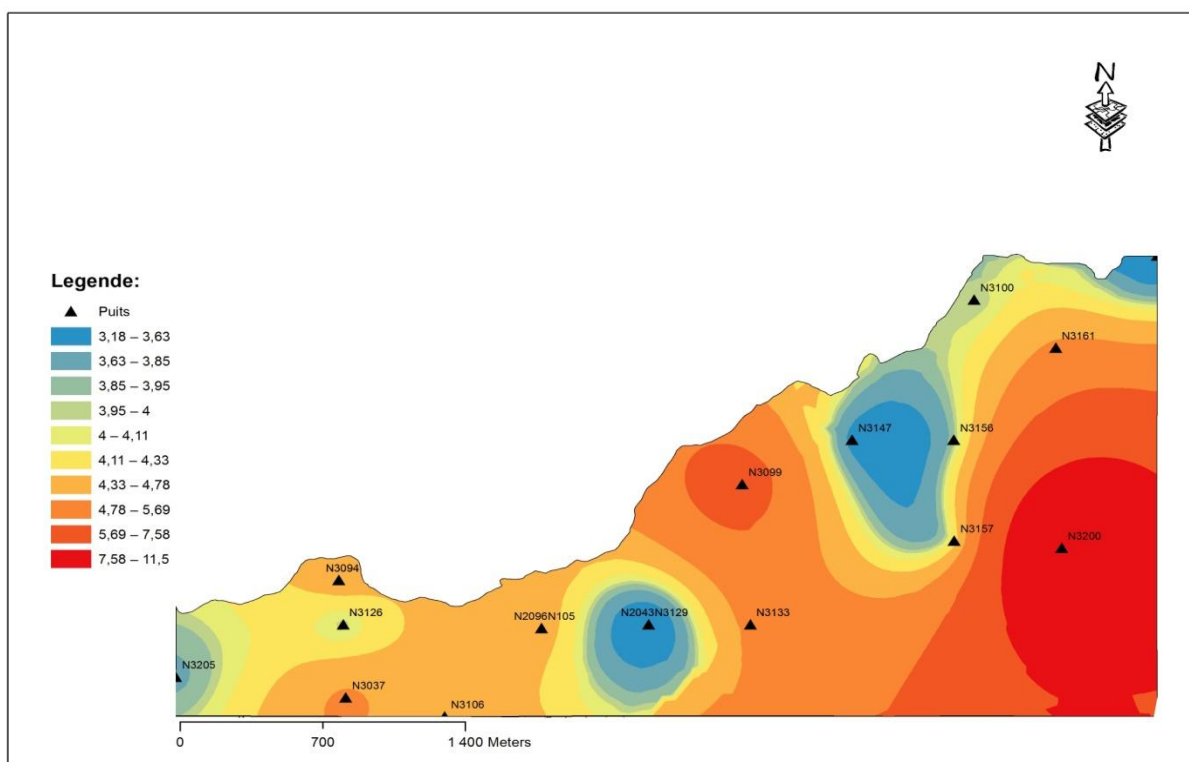


Figure 20:carte d'iso-teneurs en SiO₂ de la couche 0.

Commentaire :

- Les teneurs en SiO₂ de la couche 0 comprises entre 3.18% et 11.5%;
- Les pourcentages de SiO₂ est très élevée jusqu'au 11.5% surtout les puits 3200 et 3099;
- sauf autour des puits 3147,3206 et 3129 où on remarque une diminution forte jusqu'à 3%;
- On remarque que la plupart des teneurs sont moyennes (puits 3061, 3157, 3133, 105, 3106, 3037 et 3094.

2. Cartes d'iso teneurs pour la couche C1

a. Carte d'iso-teneurs en BPL

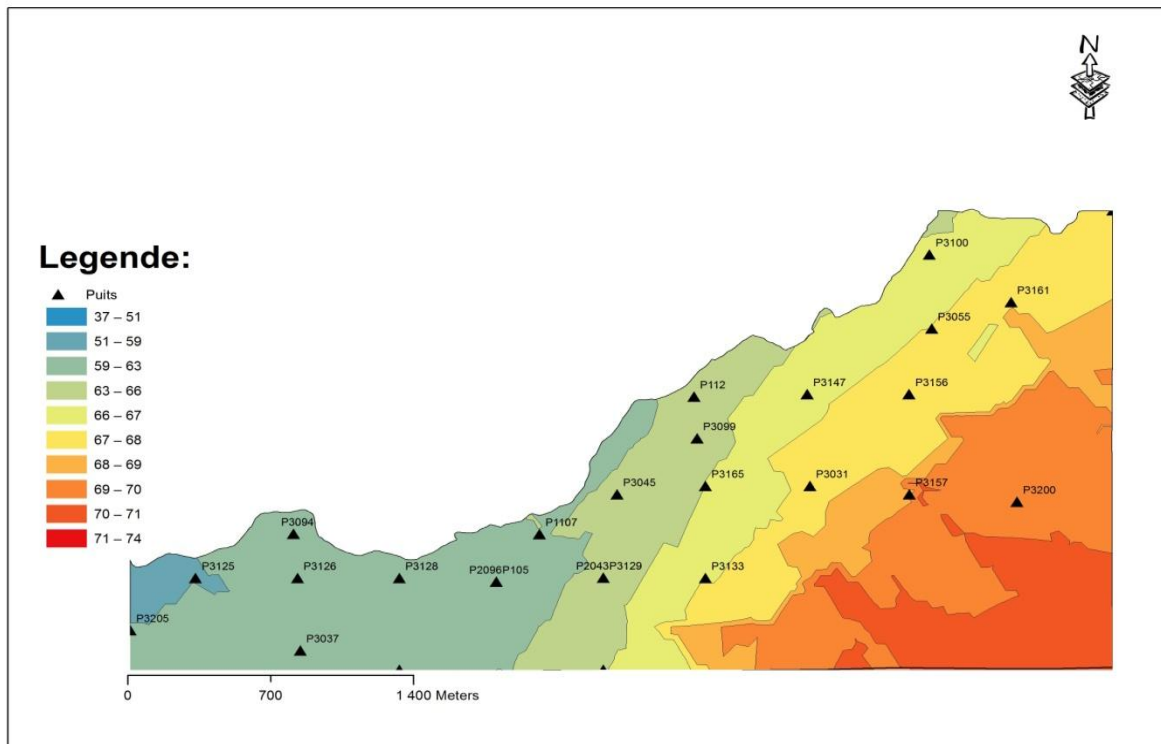


Figure 21: carte d'iso-teneurs en bpl de la couche 1

Commentaire:

- On trouve que la valeur en Bpl maximale est 74% et la valeur minimale est 37%.
- On voit que les teneurs de la couche 1 y sont importantes à l'Est puisqu'on trouve les plus grandes valeurs de toute la carte, qui ont atteint 74%
- Vers l'Ouest on remarque que les teneurs sont de plus en plus faibles, ou la teneur en Bpl atteint son minimum. et que la teneur faible vers les puits 3125 et 3205
- Le milieu de la carte montre des teneurs moyennes en bpl

b. Carte d'iso-teneurs en CO₂

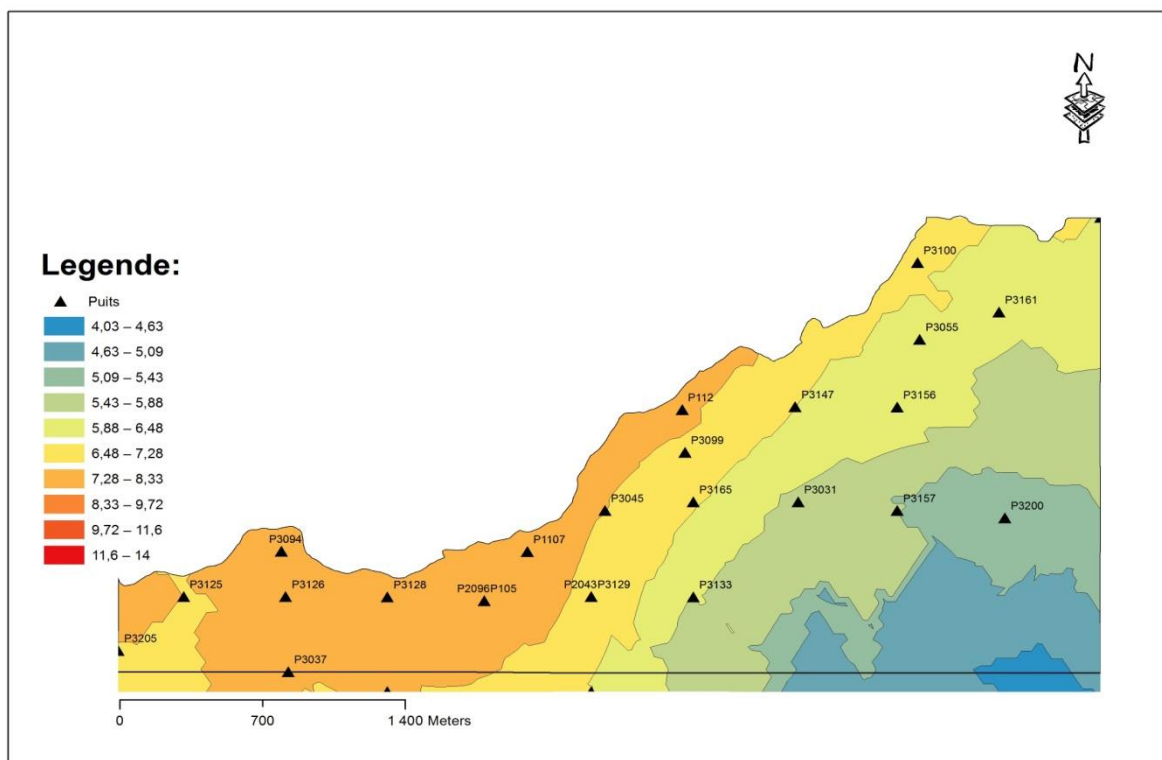


Figure 22:carte d'iso-teneurs en CO₂ de la couche 1

Commentaire:

- On trouve que la valeur maximale en CO₂ est de 14% et la valeur minimale est de 4,03%;
- La carte mentre une différenciation des pourcentages, qui augmente vers l'Ouest et diminue on allant vers l'est;
- En général les teneurs moyennes en CO₂ qui dominant dans la couche 1.

c. Carte d'iso-teneurs en MgO

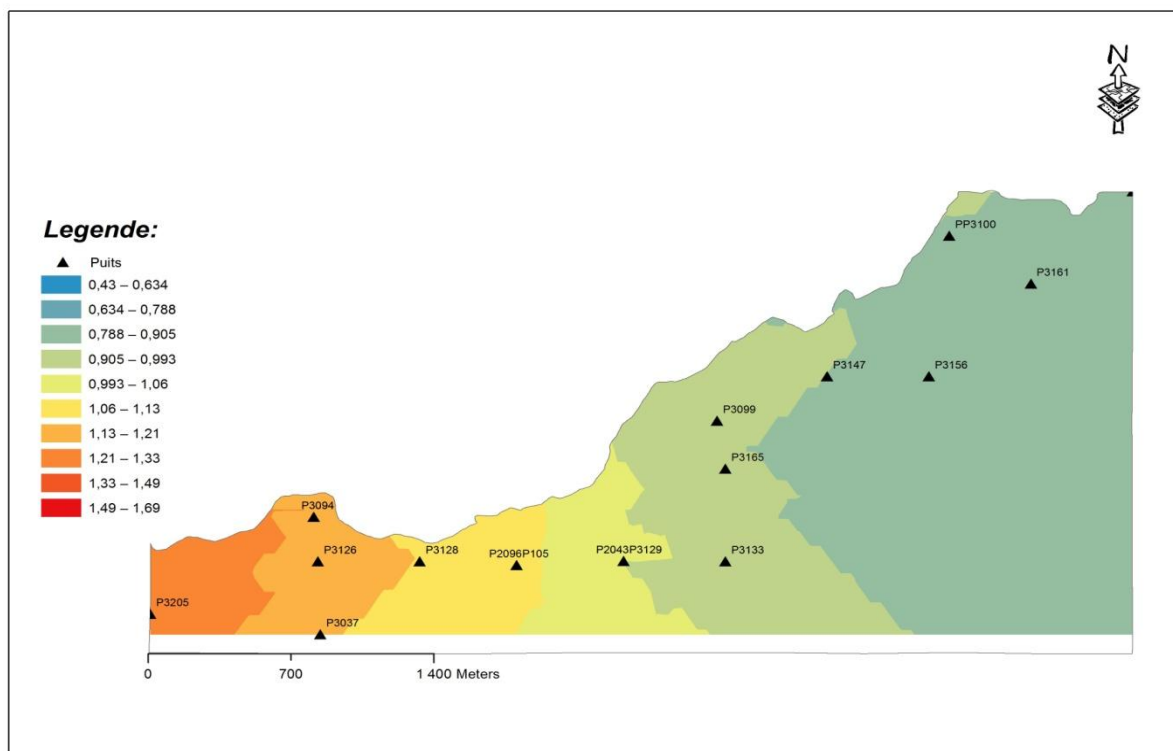


Figure 23: carte d'iso-teneurs en MgO de la couche 1.

Commentaire:

- La carte montre une différenciation des pourcentages MgO.
- On trouve que la valeur maximale est 1.69% et la valeur minimale est 0,43%
- La valeur du MgO diminue en allant vers l'Est de la carte, et augmente en allant vers l'ouest surtout autour du puit 3205;
- Au milieu de la carte on a dominance des valeurs moyennes en MgO.

d. Carte d'iso-teneurs en SiO₂

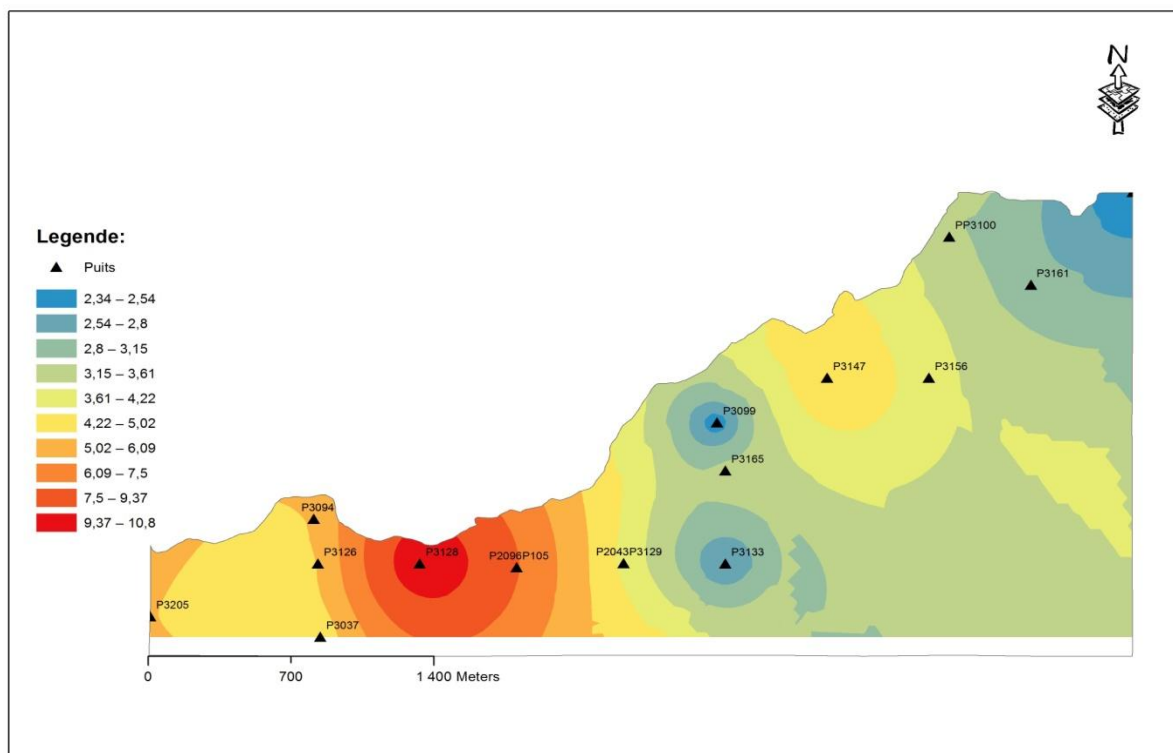


Figure 24:carte d'iso-teneurs en SiO₂ la couche 1.

Commentaire:

- On trouve que la valeur maximale est au niveau du puit 3128, et les valeurs minimales sont au niveau des puits 3133, 3099, 3100.
- On addition on remarque que la classe du SiO₂ la plus fréquente est celle qui est comprise entre 4,22% et 3,15%.
- Les valeurs du MgO diminuent on va vers le Nord et l'Est de la carte.
- Autour du puit 3128 la teneur en SiO₂ est trop élevée

3. Cartes d'iso-teneurs pour le sillon X

a. Carte d'iso-teneurs en BPL

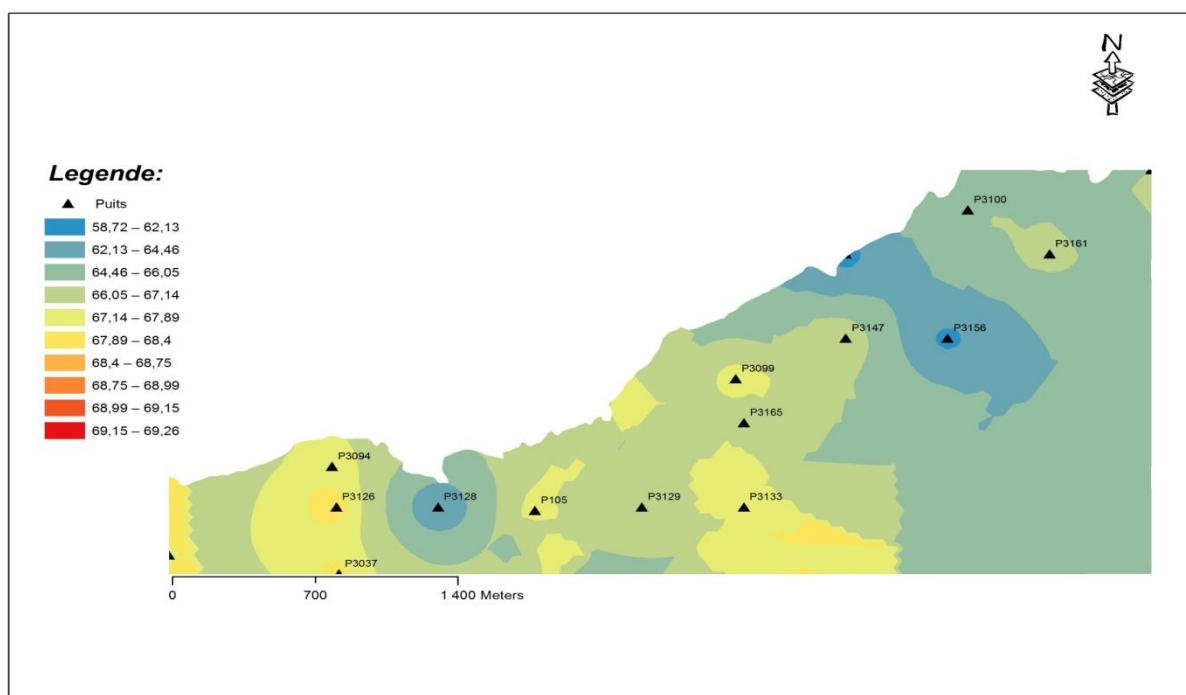


Figure 25:carte d'iso teneurs en BPL du sillon X

Commentaire:

- La valeur de bpl varie entre 57,72% et 67,09%.
- en général le sillon X contient des teneurs moyennes en Bpl par rapport aux autres couches.
- Les plus faibles valeurs sont autour des puits 3128, 3156.
- On trouve que les valeurs maximales sont au niveau des puits 3126 et 3133.
- On addition on remarque que la classe du Bpl la plus fréquente est celle qui est comprise entre 64.46% et 67.89%.

b. Carte d'iso-teneurs en CO₂

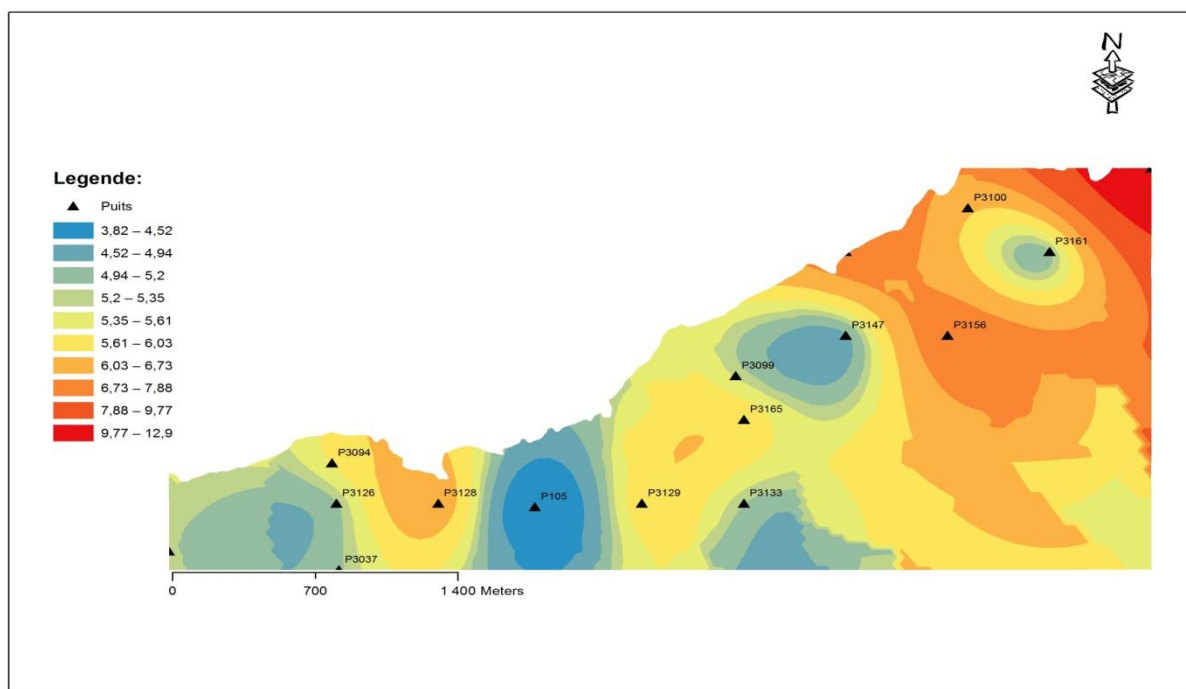


Figure 26:carte d'iso-teneurs en CO₂ du sillon X.

Commentaire:

- La carte montre une différenciation des pourcentages en CO₂ qui augmentent vers le nord;
- Les valeurs du CO₂ sont comprises entre 3,82% et 12,9%;
- Les valeurs minimales sont autour des puits 105, 3161, 3099, 3147, 3133, et 3037;
- le reste des puits compris des teneurs moyennes en CO₂ surtout la partie Nord Est de la carte;

c. Carte d'iso-teneurs en MgO

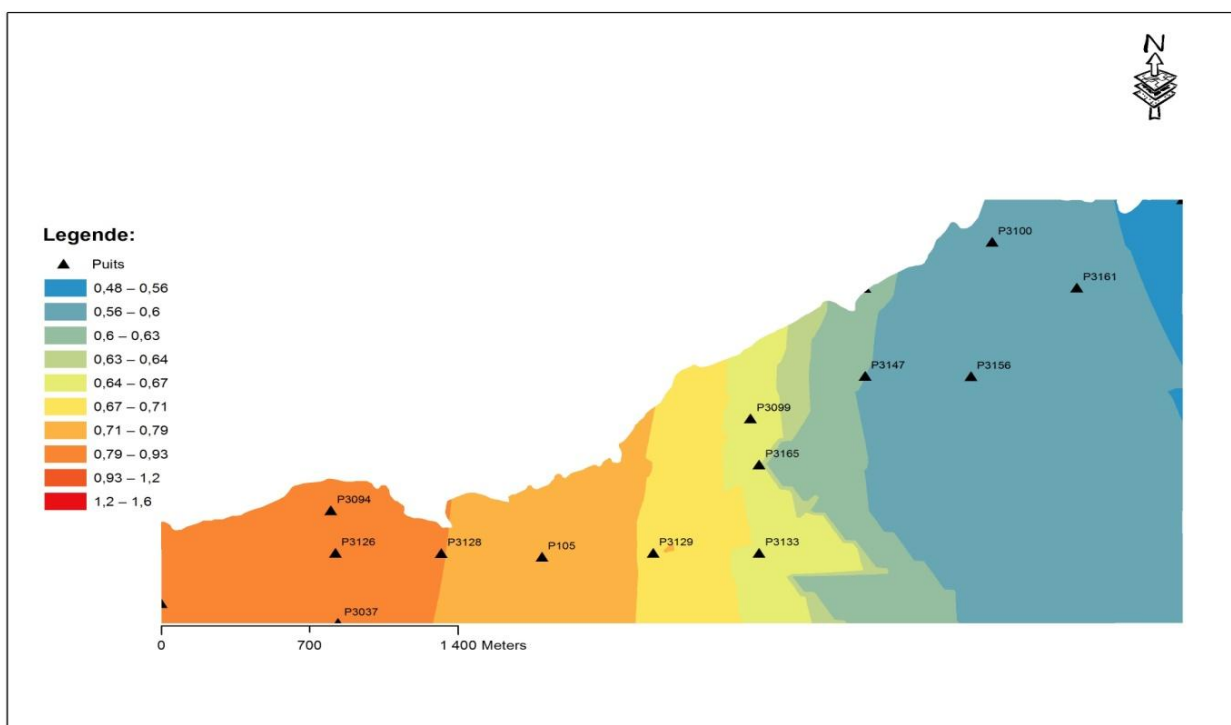


Figure 27:carte d'iso teneurs en MgO du sillon X.

Commentaire:

- La teneur du sillon X en MgO est comprise entre 0,48% et 1,6%.
- La partie extrême nord connaît la présence de faibles teneurs en MgO.
- Les teneurs augmentent en allant vers l'ouest de la carte et vers le milieu les valeurs sont moyennes.

d. Carte d'iso-teneurs en SiO₂:

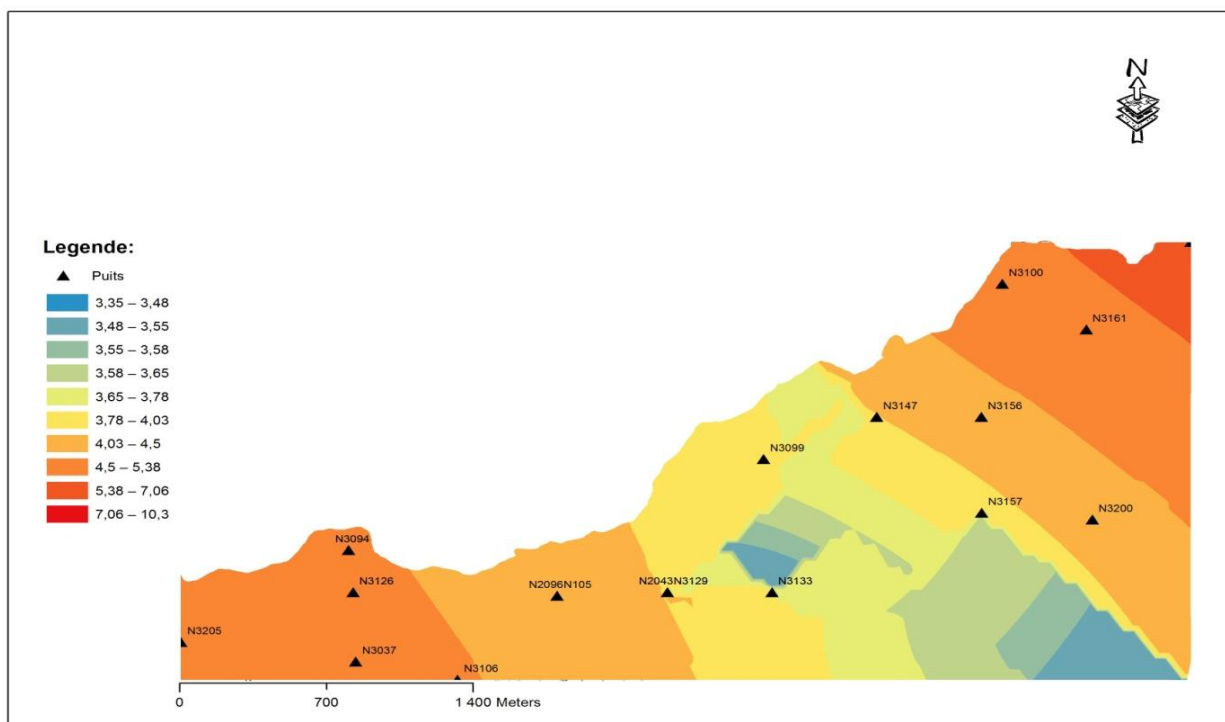


Figure 28: carte d'iso-teneurs en SiO₂ du sillon X.

Commentaire:

- En général le sillon X contient des teneurs très importantes en silice surtout dans les extrémités de la carte, sauf quelque zone dans le centre de la carte ou les valeurs sont faibles.
- Les valeurs sont entre 3,35% et 10,3%.

4. Cartes d'iso-teneurs pour la couche C2

a. Carte d'iso-teneurs en BPL:

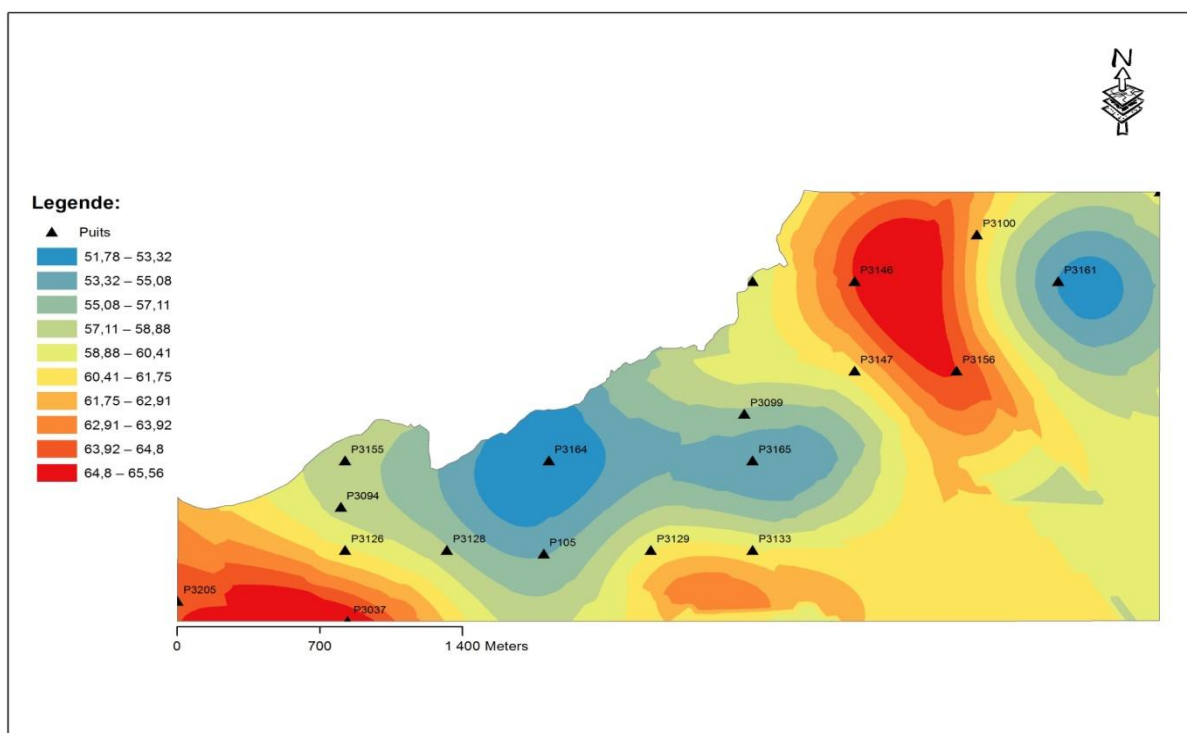


Figure 29: Carte d'iso-teneurs en BPL de la couche 2

Commentaire :

- la valeur de Bpl varie entre 51,78% et 65,56%.
- On trouve que la valeur maximale est au niveau des puits 3156 3147, et 3146 vers le nord et au niveau des puits 3037 et 3205 vers le sud-ouest de la carte.
- Les valeurs minimales sont autour du puit 3164 au centre de la carte ainsi une autre valeur faible autour le puit 3161.
- En général la couche 2 contient des teneurs moyennes en Bpl.

b. Carte d'iso-teneurs en CO₂:

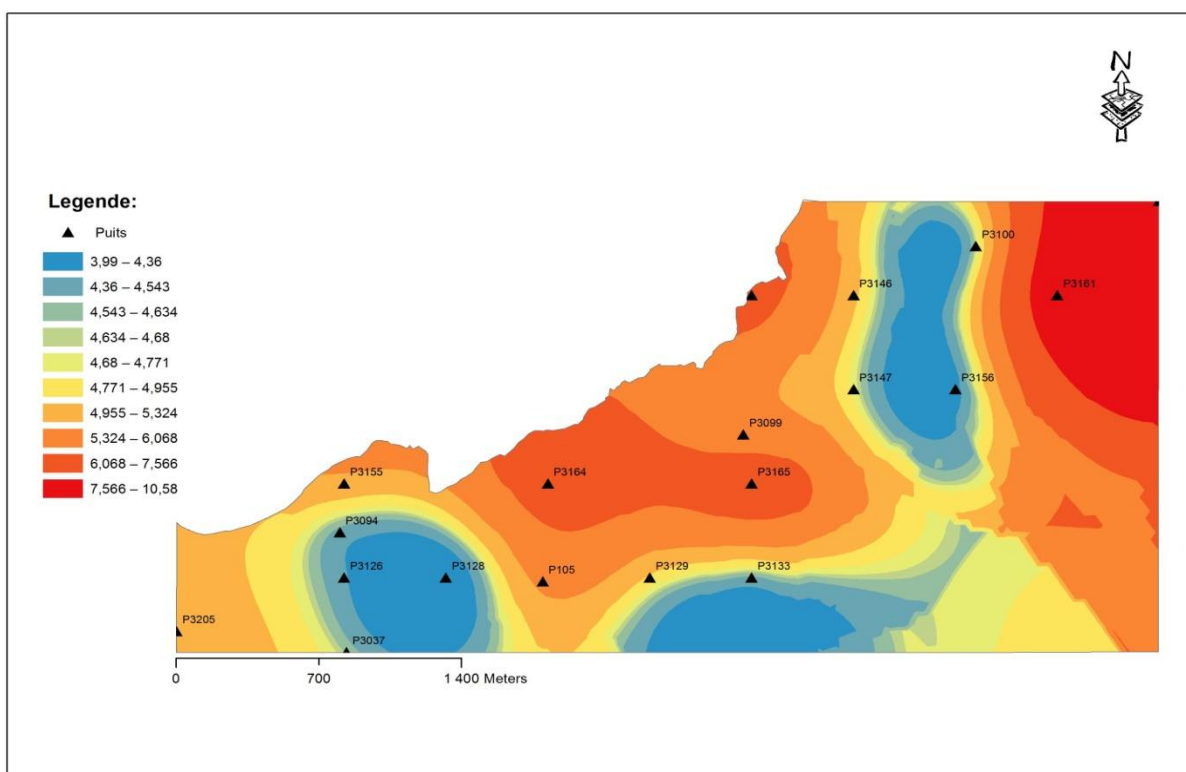


Figure 30:carte d'iso-teneurs en CO₂ de la couche 2.

Commentaire:

- Les valeurs de CO₂ varient entre 3,09% et 10,58%.
- Les valeurs les plus répandues dans le panneau sont entre 4,68% et 10,58% avec une diminution jusqu'à 3,09% autour des puits séparés dans la carte qui sont 3126, 3133, 3156, 3147, 3037..., alors que les valeurs maximales autour le puit 3161 à l'Est et les puits 3164 et 3165 vers le centre.

c. Carte d'iso-teneurs en MgO:

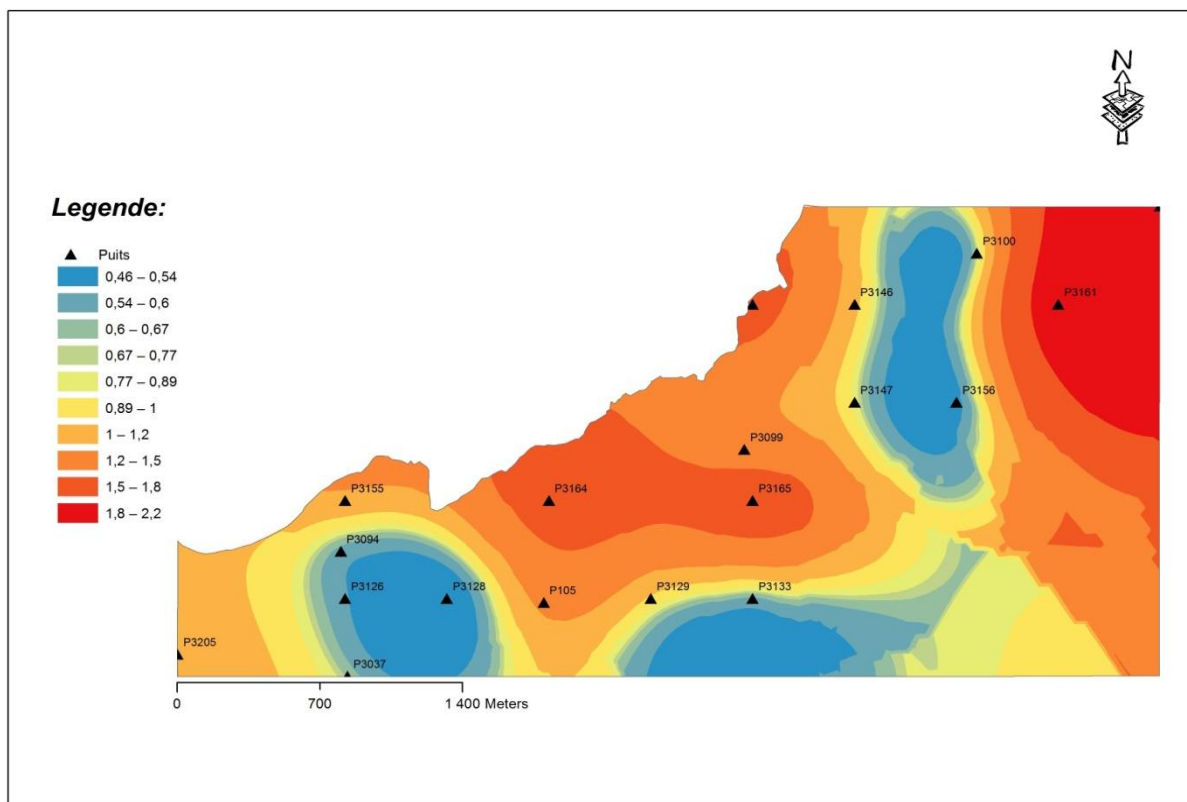


Figure 31:carte d'iso-teneurs en MgO de la couche 2.

Commentaire :

- La couche présente une richesse en MgO presque dans toute la carte sauf que dans certains puits comme 3128, 3133 et 3156 les teneurs en MgO deviennent moyennes à faibles.
- Les valeurs de MgO varient entre 0,48% et 2,2%.
- La valeur maximale est au niveau du puit 3161 au nord de la carte. aussi les puits 3164 et 3165 vers le centre.

d. Carte d'iso-teneurs en SiO_2

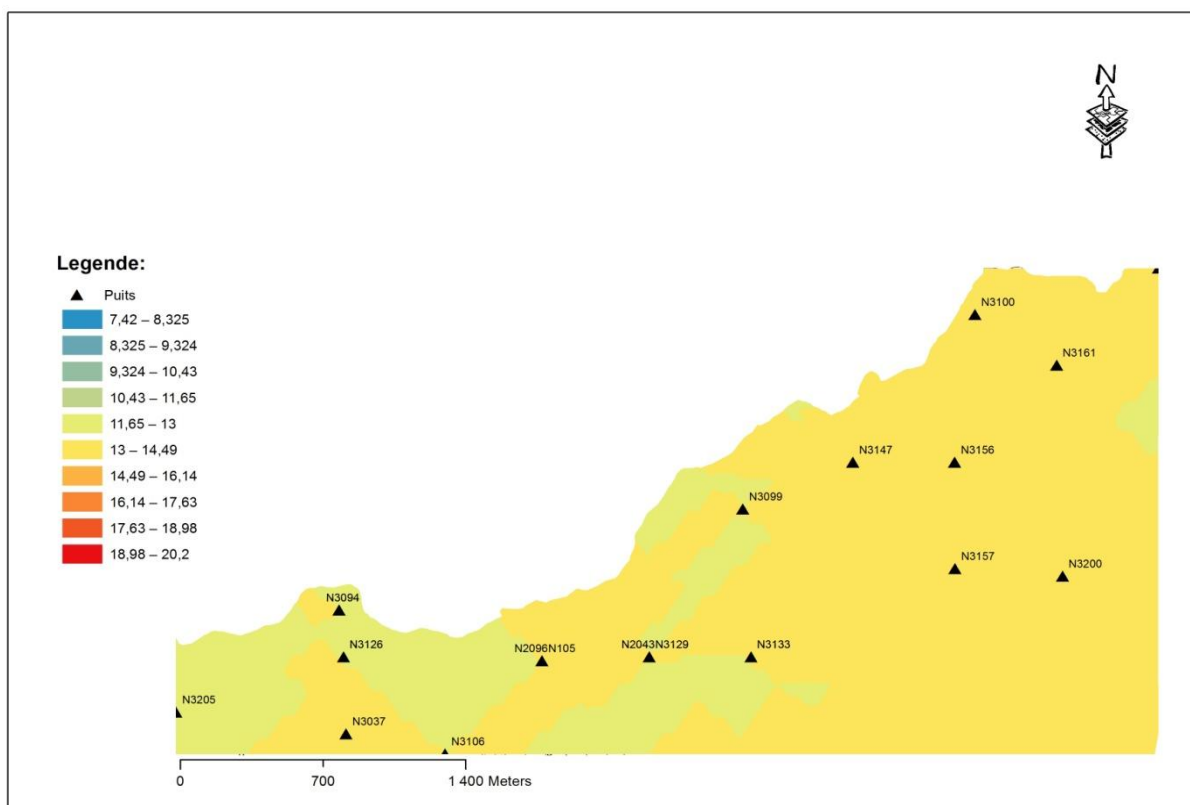


Figure 32: carte d'iso-teneurs en SiO_2 de la couche 2.

Commentaire:

- En général la carte montre que la couche 2 contient des valeurs moyennes à faible, qui augmentent on se dirige vers l'Ouest d'une façon très faible.
- En addition on remarque que la classe du SiO_2 la plus fréquente est celle qui est comprise entre 11,65% et 14,49%.

VII. Conclusion

D'après l'étude géochimique des couches supérieures de la zone N'Zalet El Hararcha, on remarque que cette zone est riche en bpl.

A partir des cartes iso-teneurs on peut déduire que les conditions de formation de P_2O_5 sont l'inverse de ceux de la silice et le CO_2 . On peut dire:

- Du côté combinaison: le P va facilement se combiner avec l'oxygène, donc va défavoriser la formation de SiO_2 ainsi que le CO_2 .
- Du côté température: le SiO_2 se forme à de basse température, et le P_2O_5 se forme à des températures plus élevées (plus de $20^\circ C$)

On remarque alors que la formation de la silice n'intervient que si le milieu est pauvre en P.

VIII. Conclusion générale

Après cette étude, on conclue que la section géologique intervient dans toutes les étapes d'étude et d'exploitation.

D'abord, pendant l'étape de pré exploitation:

- ❖ Réalisation des cartes d'iso valeurs (structural, affleurement, recouvrement, iso - teneur et iso-puissance)
- ❖ Réalisation des coupes lithologiques, des profils de corrélation, ceci entre dans la préparation de l'exploitation

Ensuite, au sein de l'exploitation

Le prospecteur contrôle les opérations de :

- ❖ Foration (contrôle les trous pour déterminer si le toit de la couche est atteint).
- ❖ Décapage (guide l'exploiteur à décapier jusqu'au toit de la couche afin une meilleur extraction du phosphate).
- ❖ Gerbage et Défruitage (la présence de prospecteur pendant ces deux étapes est indispensable pour veiller à ne pas mélanger les stériles avec le produit puis a recouper tout le phosphate gerbe ceci est augment la qualité de produit final).

Enfin le dernier rôle de prospecteur est de contrôler du phosphate stocké et pilotage de la qualité de produit extrait afin de reprendre aux exigences de service client.

Bibliographie

Boujou, A. (1976) - Contribution à l'étude géologique du gisement de phosphate crétacé-éocène des Gantours, Maroc occidental. PhD Thesis, Université Louis Pasteur de Strasbourg, Institut de géologie, 227 p

Document, OCP. (2009) - Présentation institutionnelle, communication financière, Rapport et bilan de l'année 2009 du groupe OCP SA.

Azmany, M. (1977) - Evolution de faciès sur le gisement des OULAD ABDOUN. Rapport N°184. Inédit Service de Géologies Groupe OCP, KHOURIBGA, N°: 36p.

Keyser, F. et Cook, P.J. (1972) - Geology of the Middle Cambrian Phosphorites and Associated Sediments of Northouestern Queensland. Bulletin-Australia, Bureau of Minéral Ressources.

Kazakov, A. (1950) - l'équilibre du système fluorapatite dans les conditions de formation des roches sédimentaires. N° 114, série géologie n° 40, pp 1-21.

Annexe

La base des données Couche 0

N° PUIITS	X	Y	Z	Pt CO	M CO	PT	PP	BPL	CO ₂	MgO	SiO ₂	Cd
N112	290945,63	182985,66	441,66									
N3161	292499,7	183500,31	440,02	17,15	17,5	0,75	0,75	58,19	11,34	0,91	4,9	24
N3128	289500,08	181999,59	435,92									
N3168	292999,62	184000,01	437,13	4,1	4,95	0,85	0,85	59,45	9,61	1,05	3,18	16
N3205	288178,54	181715,7	435,27	15,9	17,1	1,2	1,2	58,48	10,2	0,77	3,79	24
N3147	291500,38	183000,37	438,57	3,95	4,7	0,75	0,75	58,02	5,02	0,55	3,51	19
N3094	288979,84	182240,22	446,42	4,35	4,6	0,6	0,6	62,27	7,43	1,17	4,54	11
N3156	292000	182999,88	435,41	8,7	9,4	0,7	0,7	54,71	10,93	0,51	3,93	22
N2043	290500,29	182000,51	431,95	9,5	10,1	0,6	0,6	56,16	12,37	0,93	3,14	18
N3165	291000,41	182499,98	446,11									
N2096	289975,27	181979,14	432,53	5,7	6,1	0,4	0,4	54,71	10,93	0,51	3,93	22
N3055	292110,54	183356,77	438,1	11,2	11,9	0,7	0,7	62,26	9,34			
N3100	292099,88	183760,04	441,52	5,5	6,2	0,7	0,7	54,71	10,93	0,51	3,93	22
N3099	290959,96	182760,24	440,96	6,2	6,85	0,65	0,65	58,46	9,61	1,47	6,31	39
N3126	289000,69	182000,1	443,09	6,8	7,55	0,75	0,75	60,43	9,55	0,84	3,96	33
N3045	290567,41	182454,82	435,87	4,5	5,2	0,7	0,7	51,36	13,24			
N1107	290186,1	182237,53	432,87									
N3129	290500,29	182000,51	431,95	9,8	10,25	0,45	0,45	54,55	9,87	1,14	3,35	13
N105	289975,27	181979,14	432,53	5,7	6,1	0,4	0,4	59,69	8,88	1,26	5,08	16

La base des données Couche 1

N° PUIITS	X	Y	Z	Pt C1	M C1	PT	PP	BPL	CO ₂	MgO	SiO ₂	Cd
N112	290945,63	182985,66	441,66	3,1	4,1	1	1	48,74	14,00	0,36		
N3161	292499,7	183500,31	440,02	18	19,5	1,5	1,5	67,78	5,72	1,01	2,92	8
N3128	289500,08	181999,59	435,92	3,4	4,4	1	1	52,57	9,72	0,79		21
N3168	292999,62	184000,01	437,13	5,8	8,5	2,7	2,5	68,44	6,62	0,80	2,34	13
N3205	288178,54	181715,7	435,27	17,35	18,6	1,25	1,25	62,97	7,34	1,20	5,07	14
N3147	291500,38	183000,37	438,57	5,95	7,3	1,35	1,35	64,98	5,74	1,25	4,92	8
N3094	288979,84	182240,22	446,42	4,95	6,35	1,4	1,4	61,72	7,64	1,40	5,18	19
N3156	292000	182999,88	435,41	10,7	12,7	2	2	66,23	7,48	0,93	3,86	23
N2043	290500,29	182000,51	431,95	11,05	12,05	1	1	66,13	6,87	1,05	4,03	19
N3165	291000,41	182499,98	446,11	17,7	20,1	2,4	2,4	68,23	5,93	1,07	3,29	11
N2096	289975,27	181979,14	432,53	7,1	8	0,9	0,9	64,12	6,85	1,45	5,14	12
N3055	292110,54	183356,77	438,1	12,9	14,85	1,95	1,95	67,95	6,11			
N3100	292099,88	183760,04	441,52	7,6	9,1	1,5	1,4	66,24	6,76	0,45	3,25	29
N3099	290959,96	182760,24	440,96	7	7,85	0,85	0,85	73,79	4,68	0,43	2,38	4
N3126	289000,69	182000,1	443,09	7,7	8,6	0,9	0,9	36,57	7,13	1,69	5,06	13
N3045	290567,41	182454,82	435,87	5,5	6,6	1,1	1,1	65,91	5,92			
N1107	290186,1	182237,53	432,87	4,4	5,2	0,8	0,8	56,36	10,15			
N3129	290500,29	182000,51	431,95	11,05	12,05	1	1	66,13	6,87	1,05	4,03	19
N105	289975,27	181979,14	432,53	7,1	8	0,9	0,9	64,12	13,82	1,53		14

La base des données Sillon X

N° PUIITS	X	Y	Z	PT	PP	BPL	CO ₂	MgO	SiO ₂	Cd	PT sx	M sx
N112	290945,63	182985,66	441,66	0,5	0,5	53,27	13,65				4,4	4,9
N3161	292499,7	183500,31	440,02	0,45	0,45	68,01	5,16	0,51	3,57	4	20,4	20,85
N3128	289500,08	181999,59	435,92	0,15	0,15	59,19	6,42	0,7	10,25	5	4,95	5,1
N3168	292999,62	184000,01	437,13	0,4	0,4	65,98	12,89	0,53	5,17	5	7,8	9,1
N3205	288178,54	181715,7	435,27	0,35	0,35	67,56	5,22	0,72	4,15	4	19	19,35
N3147	291500,38	183000,37	438,57	0,25	0,25	68,84	4,89	0,63	3,6	4	8,35	8,6
N3094	288979,84	182240,22	446,42	0,25	0,25	68,26	5,63	0,8	3,73	6	7,05	7,3
N3156	292000	182999,88	435,41	0,25	0,25	59,2	7,4	0,57	2,81	22	13,55	13,8
N2043	290500,29	182000,51	431,95									
N3165	291000,41	182499,98	446,11	0,2	0,2	66,71	5,89	0,54	3,6	10	20,8	21
N2096	289975,27	181979,14	432,53									
N3055	292110,54	183356,77	438,1	0,3	0,3	69,92	5,17				15,15	15,45
N3100	292099,88	183760,04	441,52	0,3	0,3	67,4	6,17	0,48	3,54	5	9,6	9,9
N3099	290959,96	182760,24	440,96	0,2	0,2	69,26	5,32	0,66	4,13	5	8,5	8,7
N3126	289000,69	182000,1	443,09	0,35	0,35	69,06	5,17	1,63	4	14	9,2	9,55
N3045	290567,41	182454,82	435,87	0,4	0,4	69,73	4,65				7,2	7,6
N1107	290186,1	182237,53	432,87	0,3	0,3	56,16	8,05				5,8	6,1
N3129	290500,29	182000,51	431,95	0,25	0,25	67,9	5,87	0,63	4,27	6	12,55	12,8
N105	289975,27	181979,14	432,53	0,3	0,3	68,43	3,82	0,66	3,89	4	8,6	8,9
N3146	291500,23	183499,28	440,2	0,2	0,2	58,72	7,46	0,75	8,21	18	4,7	4,9

La base des données Couche 2

N° PUIITS	X	Y	Z	PT	PP	BPL	CO ₂	MgO	SiO ₂	Cd	PT C2	M C2
N112	290945,63	182985,66	441,66									
N3161	292499,7	183500,31	440,02	0,55	0,55	53,23	8,86	2,22	13,03	8	25,2	25,75
N3128	289500,08	181999,59	435,92	0,6	0,6	57,4	3,99	0,73	18,66	6,5	9,4	10
N3168	292999,62	184000,01	437,13	1	1	59,48	10,58	1,27	9,78	23,5	14,4	15,4
N3205	288178,54	181715,7	435,27	1,6	1,3	64,62	5,32	0,46	7,84	13,81	22,95	24,55
N3147	291500,38	183000,37	438,57	1,5	1,5	61,25	4,73	0,85	11,78	11,77	13,2	14,8
N3094	288979,84	182240,22	446,42	0,85	0,85	58,34	4,48	0,71	14,97	16	11,2	12,05
N3156	292000	182999,88	435,41	0,6	0,6	64,79	4,27	0,46	6,83	4	18,4	19
N2043	290500,29	182000,51	431,95									
N3165	291000,41	182499,98	446,11	0,85	0,85	53,56	6,58	1,03	21,61	18,53	25,5	26,35
N2096	289975,27	181979,14	432,53									
N3055	292110,54	183356,77	438,1									
N3100	292099,88	183760,04	441,52	0,65	0,65	62,08	4,66	1,12	7,42	15,54	14,6	15,25
N3099	290959,96	182760,24	440,96	0,9	0,9	56,64	5,69	1,22	14,38	8,89	13,2	14,1
N3126	289000,69	182000,1	443,09	0,75	0,75	60,64	4,39	0,67	15,46	10,8	13,1	13,85
N3045	290567,41	182454,82	435,87	0,9	0,9	58,03	11,32				11,4	12,3
N1107	290186,1	182237,53	432,87	0,9	0,9	57,72	4,9				10,1	11
N3129	290500,29	182000,51	431,95	0,85	0,85	60,3	4,91	0,74	14,23	11,24	16,65	17,5
N105	289975,27	181979,14	432,53	0,7	0,7	54,95	5,44	1,01	17,05	33,71	13,2	13,5
N3146	291500,23	183499,28	440,2									
N3026	291557,61	184054,54	450,75	1,8	1,8	59,57	21,36				3,3	3,1
N3027	292454,45	184051,95	440,34	1,1	1,1	59,24	4,39				3,6	4,7
N3005	292002,58	183954,61	443,78	1,9	1,9	58,7	6,25				4	5,9
N3032	289521,35	182519,79	439,61	0,75	0,75	57,63	3,5				2,3	3,05
N3146	291500,23	183499,28	440,2	0,45	0,45	64,83	5,03	0,85	9,24	8	8,1	8,55
N3155	289000,54	182499,78	448,03	1,4	1,4	57,93	5,2	0,79	17,56	20,14	4,1	5,5
N3136	290999,88	183500,07	443,26	2	2	59,4	6,42	1,06	10,49	17,08	2,1	4,1
N3164	290000,55	182499,93	435,95	0,9	0,9	51,78	6,47	1,8	20,2	17,22	6,1	7