



UNIVERSITE CADI AYYAD

FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES MARRAKECH

DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA TERRE

Mémoire de fin d'études

**Licence es Science et Technique
Géologie Appliquée aux Ressources Minières
LST GARM**

Etude géologique et géominière du gisement phosphaté de Benguerir.Exemple du panneau 7.

Réalisé par :

Ait wakrim Hajar
Abatourab kaltoum

Encadré par :

Pr. Khadija EL HARIRI (FST Marrakech)

Mme F .Radouani (OCP Benguerir)

Soutenu le 2016 devant le jury :

Pr. Khadija EL HARIRI : Faculté des sciences et techniques – Marrakech

Pr. Driss CHAFIKI : Faculté des sciences et techniques – Marrakech

Remerciements

Avec un esprit de respect, nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à la direction du groupe OCP, qui nous a offert l'opportunité d'effectuer notre projet projet de fin d'études dans le service de géologie.

Nous tenons également à remercier nos encadrants : **Mr. A. El Alami, Mlle F.Radouni et Mme K. El Hariri**, pour tout le temps et les efforts qu'ils ont déployés pour que ce travail puisse voir le jour.

Nos remerciements s'adressent à Monsieur D.CHAFIKI pour avoir bien voulu assister au jury de ce mémoire.

Résumé

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

Ce stage nous a permis d'améliorer nos connaissances pratiques et nous a permis également de nous affronter au domaine du travail.

L'étude réalisée au cours de ce stage a pour objet de faire une corrélation entre deux gisements phosphatés du bassin Gantour (gisement Benguerir et Nzalet laararcha), de qualifier (cartes structurales et iso-valeurs) et de quantifier (calcul et estimation des réserves) toute les couches phosphatées du panneau 7 du gisement Benguerir et d'identifier la qualité de ces couches en utilisant des logiciels tels que : Adobe, ARCGIS, GDM.

Le but final est de proposer de nouveaux résultats pour répandre les réserves en phosphates dans le panneau 7 (mine Nord de Benguerir) et de voir l'évolution des couches phosphatés de l'ouest vers l'est du bassin Gantour . Ceci constitue une valeur ajoutée apportée par notre travail et nos résultats.

Sommaire

Remerciements.....	2
Résumé.....	3
Sommaire.....	4
Liste d'abréviations.....	6
Introduction générale	7
Chapitre I : Présentation Générale.....	8
I. Présentation du groupe OCP.....	8
II. Généralité sur les phosphates.....	8
1. Origine des phosphates et phosphatogenèse.....	8
2. Utilités des phosphates	9
III. Répartition des phosphates dans le monde.....	9
VI. Répartition des phosphates dans le Maroc.....	10
1. Evolution latérale de la série phosphatée marocaine...	10
V. Les méthodes d'exploitation des phosphates	11
Chapitre II : Bassin phosphaté des Gantours.....	13
• Situation géographique du bassin Gantour.....	13
• Etude litho-stratigraphique du bassin.....	14
• Correlation stratigraphique entre le panneau 7 et Nzalet laararcha.....	17
Chapitre III : Gisement de Benguerir.....	19
1. Cadre géographique et géologique	19
2. climatologie.....	19

3. hydrogéologie.....	20
4. Présentation et description de la série phosphatée dans le gisement de Ben guérir.....	20
• Découpage minier.....	20
• Découpage litho-stratigraphique et description des couches	21
• Description des intercalaires.....	23
• Découpage chrono-stratigraphique.....	23
• Stratigraphie de la série phosphatée du gisement ben guérir	24
Chapitre VI : Etude géominière de la série phosphatée du panneau 7.....	25
1. Situation géographique de la zone d'étude	25
2. Réalisation et Présentation des cartes.....	25
2.1 Cartes structurales.....	25
2.2 Cartes iso-valeurs.....	29
• Cartes iso-paches	29
• Cartes iso-teneurs.....	32
Les cartes Bpl.....	32
Les cartes Co2.....	35
Chapitre V : Etude de qualité	37
1. Elaboration de cartes listing case.....	37
2. Calcul et estimation des réserves.....	41
Conclusions.....	43
LISTE DES FIGURES.....	44
Références	45

Liste d'abréviations :

OCP : office chérifien de phosphate

BPL : Bone phosphate of lime

PM : puissance minéralisée

VP : volume phosphaté

S : Surface de la couche en

P.moy : puissance moyenne

CD : coefficient de densité

THC : tonnage humide criblé

PBG : Profil Benguerir

BT : Basse teneurs calcinée

TBT : Très basse teneurs

I : inférieur

S : supérieur

INTRODUCTION GENERALE

La conjoncture mondiale avait imposé une exploitation intense des gisements métallifères, vue l'important potentiel minéralisé qu'ils peuvent regorger et leur intérêt économique majeur. Au Maroc, l'activité minière connaît un grand progrès grâce à ses ressources en phosphate.

Dans le cadre de notre projet de fin d'étude, il nous a été confié un sujet de recherche au sein du groupe Office Chérifien de phosphate (OCP), à la Direction des exploitations minières du bassin des Gantour (Pôle Mines Ben guérir). Ceci nous a permis de mieux consolider notre formation de géologue, d'acquérir et pratiquer une très riche expérience du travail d'équipe.

Chapitre I : Présentation Générale

I. Présentation du groupe OCP.

Moteur de l'économie nationale, le groupe OCP joue pleinement son rôle d'entreprise citoyenne. Ce groupe est créé en 7 août 1920 et c'est lui qui détient le monopole de l'exploitation. Cette exploitation se fait dans des conditions avantageuses, extraction facile à ciel ouvert, teneur forte qui permet un traitement consistant en un séchage et un épierrage. Environ la moitié du minerai est exportée comme matière première. L'autre moitié est livrée aux industries chimiques du groupe, pour la transformer en produits dérivés commercialisables tels que, l'acide phosphorique de base, l'acide phosphorique purifié et les engrais solides.

II. Généralité sur les phosphates

1. Origine des phosphates et phosphatogénèse

Dépend de plusieurs processus notamment d'une source en phosphore suffisante, des conditions favorables à la formation de l'apatite dans les sédiments et des conditions favorables à la concentration et l'accumulation des Minéraux phosphatés.

Les auteurs sont subdivisés sur les sources possibles du phosphore en deux groupes, l'un avec la théorie d'alimentation directe à partir du continent et l'autre avec l'alimentation à partir des apports océaniques.

- ✘ L'alimentation directe à partir du continent est défendue par Bushinski (1964), il a évoqué l'exemple de la Volga qui déverse chaque année dans la mer Caspienne 6000 tonnes de phosphore sous forme de phosphate minéral en solution, l'accumulation de tel apport minéralisé a l'aptitude de donner lieu à un très gros gisement de phosphate. Peaver (1966) cite l'exemple des gisements de la côte atlantique des États-Unis.
- ✘ L'alimentation à partir des apports océaniques, les teneurs moyennes de phosphate en solution ou en suspension dans les océans sont de 0,07 à 0,075 ppm surtout sous quatre formes (Armstrong, 1965), cette teneur augmente proportionnellement

avec la profondeur jusqu'à 1000m (Gulbrandsen, 1969 et Roberson, 1966). Cette théorie a été proposée par Kazakov (1937), elle a été reprise par McKelvey et al. (1953) et d'autres auteurs, grâce à son application possible à la plupart des gisements mondiaux.

2. Utilités des phosphates

Les phosphates sont utilisés dans l'agriculture comme engrais pour enrichir les fruits et les légumes en source de phosphore, ils sont utilisés aussi dans l'industrie : les détergents, les peintures, les engrais, l'agroalimentaire, la production de l'uranium. ..Le phosphate se trouve aussi impliqué dans la fermentation vinicole (type de fermentation éthylique).

11. Répartition des phosphates dans le monde.



Figure 1. Estimation des réserves mondiales de phosphate en milliards de tonnes (Us Geological Survey 2011).

cette figure donne la situation des 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 %

VI. Répartition des phosphates dans le Maroc.

Le secteur des Mines occupe une place de choix dans l'économie marocaine, il représente près de 21 % des recettes d'exportation et emploie 39 225 personnes environ. L'exploitation minière a été l'une des activités économiques les plus exercées par la population marocaine au cours des siècles.

En matière de phosphate, le Maroc renferme les $\frac{3}{4}$ des réserves connues sur la planète. Il est le 1er exportateur et le 3ème producteur de phosphates bruts à l'échelle mondiale.

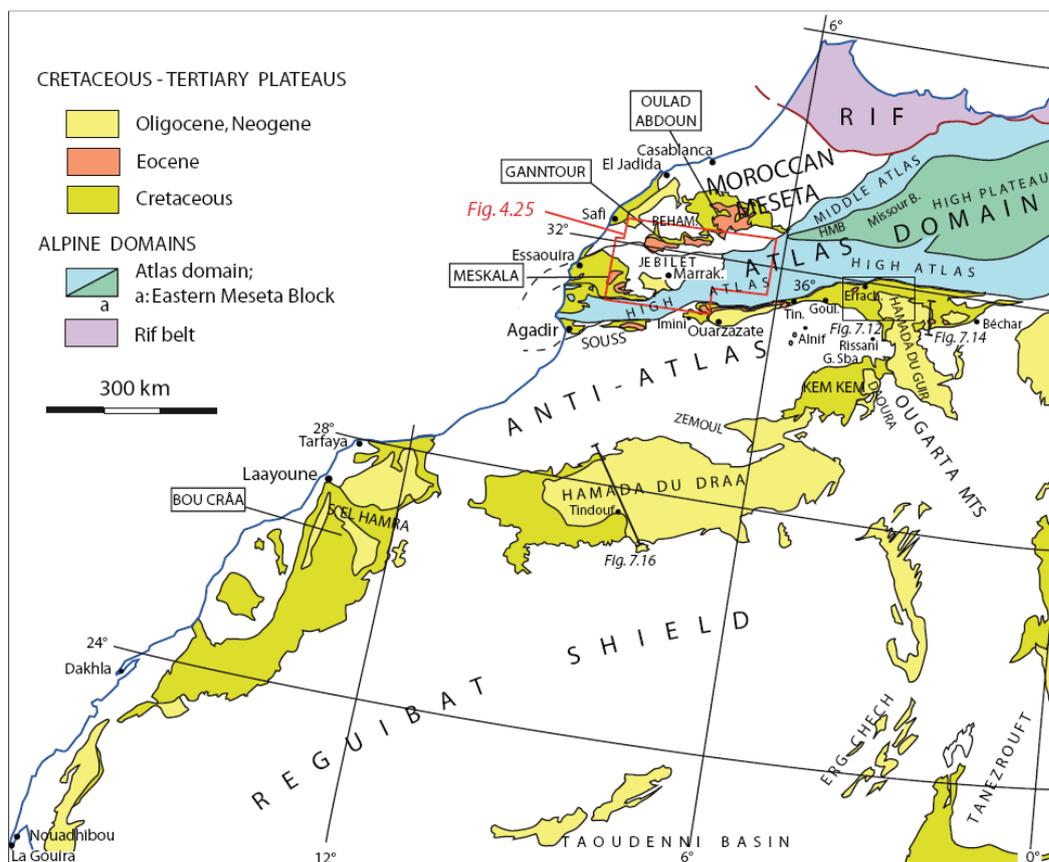


Figure 2. Situation géographique des principaux bassins phosphatés

Les principaux bassins phosphatés au Maroc :

- Le bassin des OULAD ABDOUN (Khouribga)
- Le bassin de Meskala (marrakech)
- Le bassin d'OUED EDDAHAB (Laayoun)
- Le bassin de GANTOUR (Benguerir et Youssoufia)

1. Evolution latérale de la série phosphatée marocaine

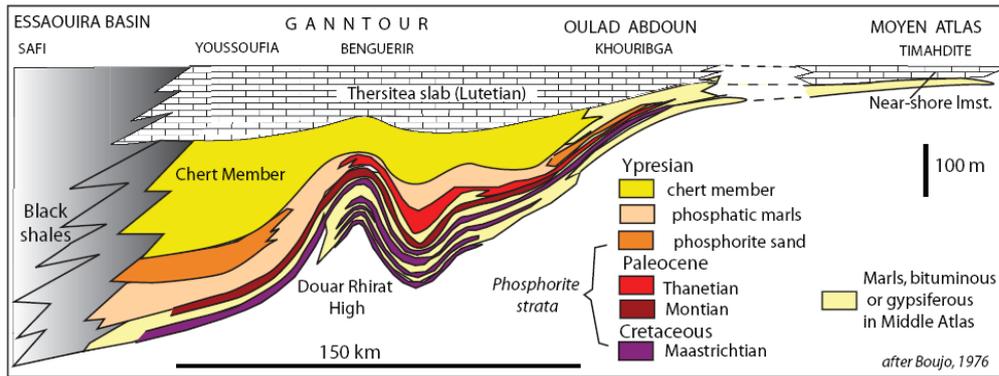


Figure 3. Evolution latérale de la série phosphatée marocaine (BOUJO, 1976)

On note un changement très spectaculaire de la série phosphatée entre deux zones. Dans la série méridionale, la série s'imprègne des traces de bitumes et de matière organique et elle est plus chargée en silice. Dans la zone septentrionale, on note une opposition entre deux domaines :

- 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 élevée.

V. Les méthodes d'exploitation des phosphates :

- **Foration**

La foration constitue la première opération minière de la chaîne d'extraction. Elle consiste à creuser des trous jusqu'au niveau repéré à l'aide des sondeuses.

- **Sautage**

Il consiste à fragmenter les terrains par utilisation de l'explosif appelé Ammonix. L'opération consiste à remplir les trous forés par l'explosif en tenant compte de la composition lithologique des niveaux à sauter et d'un schéma de tir approprié.

- **Décapage**

C'est l'enlèvement des terrains stériles pour accéder aux couches phosphatées. On a soit :

*Décapage par poussage

*Décapage par casement (dragling)

- Défruitage

Le défruitage est l'opération qui sert à récupérer le minerai pour le transporter à la station de criblage par les camions.

- Épierrage

Enlèvement des pierres en faisant passer le phosphate sur des cribles de 100x100mm

- Criblage

Faire passer le phosphate sur des cribles de 10x10mm

Transport

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



Pour une extraction efficace et une exploitation au maximum, le groupe OCP a utilisé la machine SURFACE MINER 2500.

Le Surface Miner taille, concasse et charge la roche en une seule et même opération – en toute rentabilité, dans le respect de l'environnement. Le 2500 SM remplace tout l'équipement nécessaire pour le dynamitage, le forage et le chargement, il se charge de l'ensemble des opérations et abat ce travail de titan en une seule passe. Ainsi, il permet de réaliser des économies considérables en termes de main d'œuvre, d'équipement et de maintenance. Encore un avantage : Cette méthode se pratique sans vibrations ni éboulements incontrôlables, et avec un minimum de bruit et de poussière.



CHAPITRE II – Bassin phosphaté des Gantours.

Le gisement de Gantour, est l'un des quatre gisements de phosphate qui recèle le pays. 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 2500 km² environ 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.

La série phosphaté des Gantour est constituée essentiellement des quatre principaux minéraux suivants : l'Apatite, les Carbonates (calcite et dolomie), les Argiles et la silice.

- **Situation géographique du bassin de Gantour**

Le bassin de Gantour occupe une région délimitée par les méridiens 32°10 et 38°20 et les parallèles 7°15 et 8°35. Il est situé au sud de la Meseta Marocaine, dans le domaine atlasique qui va des chaînes du Rif jusqu'à la limite sud de Haut Atlas. Le plateau des Gantour est bordé au nord par le massif primaire de Rehamna, à l'Est par le cours d'Oued Tassaout, au sud par le massif paléozoïque de Jbilet et à l'Ouest par le massif mésozoïque de Mouisset.



Figure 4. carte du gisement de bassin de Gantour (Boujo, 1976).

De l'Ouest vers l'Est, le bassin de Gantour est subdivisé en six zones principales : Youssoufia. Recette 6. Louta. Benguerir. N'Zalat El Hararcha. Tassaout.

- Etude litho-stratigraphique du bassin :

Nom du sondage 1361
Echelle 1 / 200

Dessiné par : H. AIT WAKRIM
K. ABATOURAB
Vérifié par : F.EL RADOUANI

COUPE SYNTHETIQUE MOYENNE DU PANNEAU 7

Prof (m)	Log	Couches	PUIS	BPL	C02	lithologie
1.3						Terre végétale+alluvions
2.0		Sillon F				Phosphate sableux
3.8		Sillon E				Marme ,marme silicieuse et silex en bancs
4.3						phosphate sableux
5.8		Sillon D				Marme,marme silicieuse a silex
6.7						Sable phosphaté
10.4						Marme,et marme silicieuse
11.4		Sillon C				Sable phosphaté
13.6						Marme ,marme silicieuse ,argile a la base
14.5		Sillon B	0,8	60,31	7,57	Phosphate sableux
16.5						Calcaire phosphaté argileux,pas d'argile a la base
17.5		Sillon AB				Sable phosphaté
22.0						Marme beige
25.0		Sillon A1				Sable marneux phosphaté +(-)calcaire
29.0		Sillon A2	3,9	59,18	8,32	Phosphate sableux ,calcifié par endroits ,banc discontinu de calcaire phosphaté vers la base
31.1		Sillon A3				Sable phosphaté calcifié ,calcaire phosphaté au toit et au mur
40.3		Couche 1-0	2,15	62,45	6,62	Alternance de marme ,marme silicieuse et silex ,calcaire phosphaté et argileux
42.5		Sillon X				Phosphate sableux,marme silicieuse et calcaire au toit
43.0						Phosphate sableux et marneux
46.1						Marme , et marme silicieuse
47.0		Couche 2S	0,93	61,59	4,9	Phosphate sableux bonde-bed au mur ,sable phosphaté calcifié
50.1						Argile jaune marme jaune au toit
51.1		Couche 3S	1	51,45	3,75	Sable marneux phosphaté
51.9		Couche 3I	0,75	62,4	4,72	Phosphate sableux bancs, discontinu de calcaires phosphates
53.1						Marme et marme silicieuse
53.8		Couche 4	0,73	68,77	4,59	Phosphate sableux a rognons de calcaires et silex phosphatés
59.5						Alternance de marme,marme silicieuse et calcaire argileux,rognons de silex et passées disctoninues de sables marneux
62.3		Couche 5	1,87	61,17	8,32	Phosphate sableux,calcaire silicieux phosphaté vers le haut et a la base
65.7						Alternance de marme,marme silicieuse et silex passée irréguliere de phosphate sableux a débris organiques
66.8		Couche 6	1,05	67,34	4,76	Phosphate sableux organo-détritique

Figure 5. Coupe synthétique moyenne du panneau 7

Nom du sondage 1.0
Echelle 1 / 100

Dessiné par : H. AIT WAKRIM
K. ABATOURAB
Vérifié par : F. RADOUANI

Coupe moyenne de Nzalet laararcha

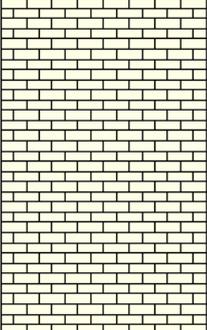
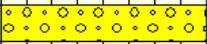
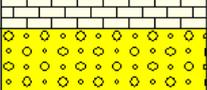
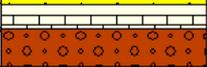
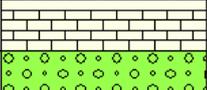
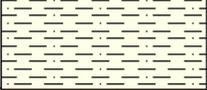
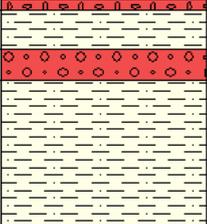
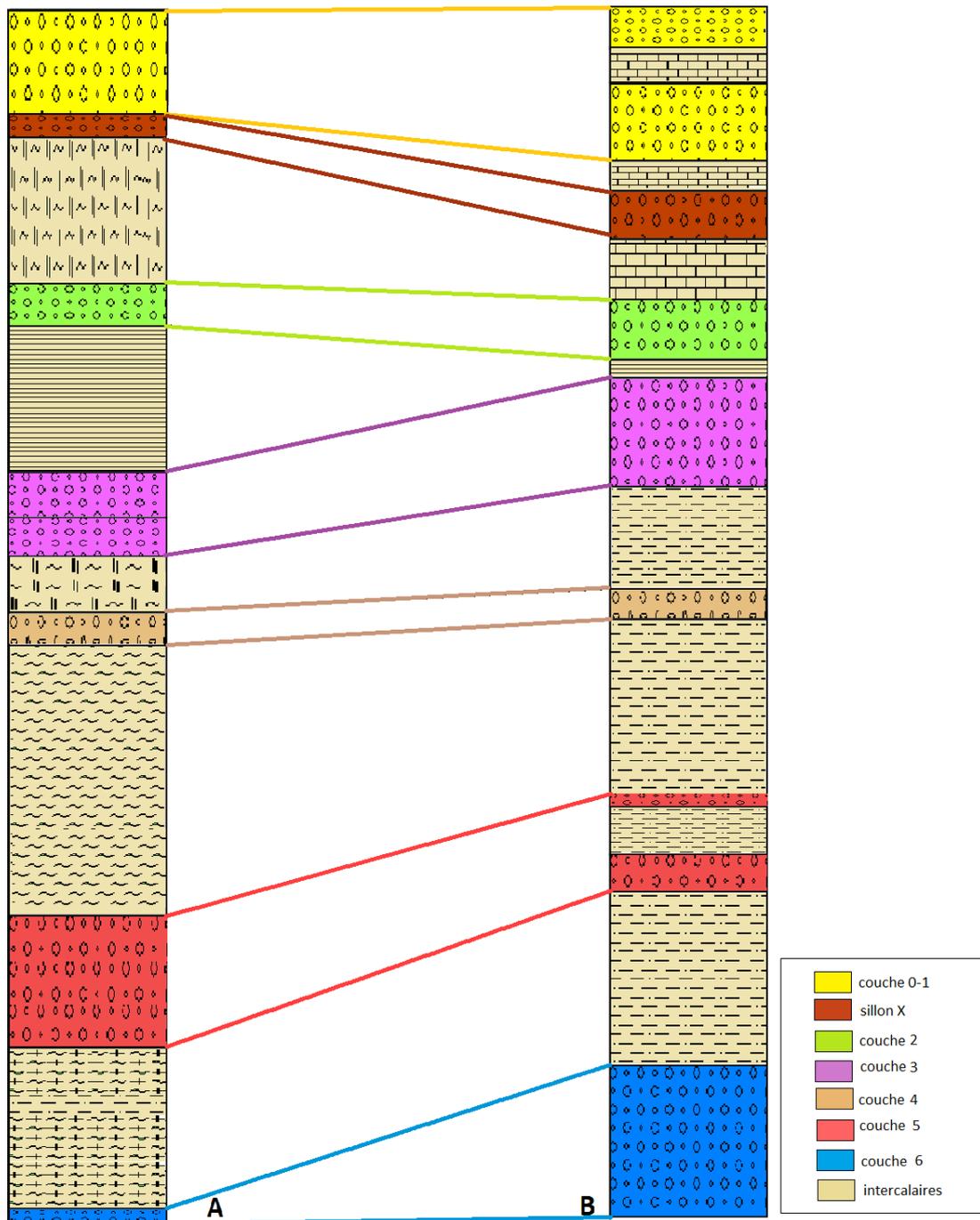
PF (M)	log	Niveau	AGE	BPL (%)	CO2 (%)	SiO2 (%)	Mgo (%)	Cd (%)
		RCT	DANIEN					
6.6		C0	DANIEN	50.4	8.29	3.08	0.71	16.5
7.3	INT C1/C0							
7.9		C1		65.3	6.65	3.29	0.81	11.7
9.2		INT R SX/C1	MAESTRICHTIEN					
9.7		SX		62.8	6.68	3.06	0.56	5.3
10.5	INT R C2/SX							
11.5		C2	MAESTRICHTIEN	50.3	5.86	10.15	0.72	12.0
12.5	INT C3/C2							
12.8		C3		60.5	5.67	8.78	0.79	6.7
14.6	INT C4/C3							
16.3		C4	MAESTRICHTIEN	52.1	9.21	3.83	1.79	13.0
16.8	INT C5S4							
19.7		C5S		57.7	7.67	4.70	1.61	8.3
19.9	INT C5/C5S							
20.7		C5I	MAESTRICHTIEN	66.7	5.44	5.06	0.74	6.2
21.3	INT C6/C5I							
24.2		C6		66.0	6.01	2.94	0.76	5.1
26.7								

Figure 6. Coupe synthétique moyenne de Nzalet laararcha



A : colonne présentant la stratigraphie de la zone d'étude (panneau7)

B : colonne présentant la stratigraphie de Nzalet laararcha

Figure 7. Corrélation stratigraphique entre le panneau 7 et Nzalet laararcha.

A partir de cette corrélation, on a pu mettre en évidence les variations des couches de l'Ouest vers l'Est du bassin Gantour. La comparaison nous a permis de décrire :

- Les variations latérales de faciès : d'une colonne à l'autre, il y a des différences au sein des mêmes unités stratigraphiques. Ceci est en relation avec les changements des facteurs de sédimentation d'un point à l'autre c'est-à-dire changement des milieux de sédimentation via les variations du niveau marin.
- Les variations latérales d'épaisseurs : la majorité des couches phosphatées les plus épaisses sont celles de Nzalet Laararcha, mais cette dernière contient des intercalaires qui sont absents dans le panneau 7. Par exemple : L'intercalaire sous forme de calcaire présent au sein de la couche 0-1, et un autre de même composition qui sépare cette couche du sillon X .L'intercalaire de type marnes sableux au sein de la couche 5.Ces intercalaires sont déposés suite à une succession de transgressions et régressions qui ont marquées les dépôts de Nzalet laararcha.

Tableau 1:Description de chacune des zones étudiées.

Panneau 7	Nzalet Laararcha
<p>-couches phosphatées avec BPL plus élevée et qui ne renferment pas d'intercalaires.</p> <p>-couches plus profondes</p> <p>-Niveau marin stable</p> <p>-Milieu calme et profond</p>	<p>-présence d'intercalaires au sein de couches phosphatées (calcaires dans la couche 0-1 et entre cette dernière et le sillon X, marnes sableux au sein de la couche 5)</p> <p>-Niveau marin instable</p> <p>-Milieu agité et moins profond</p>

Chapitre III : Gisement de Benguerir

1. Cadre géographique et géologique

Le gisement de Benguérir se situe dans la Meseta occidentale et limité par deux massifs paléozoïques bien individualisés : le massif de Rehamna au Nord (roches métamorphiques et cristallins) et celui des Jbilet (schistes) au Sud. La limite occidentale est matérialisée par les collines jurassiques de Mouissat. La limite Est est marquée par la rive gauche de l'Oued Tassaout.

Dans ce gisement, la série phosphatée s'étale du Maastrichtien au Lutétien. Elle se présente sous forme de bancs phosphatés (couche, sillons et faisceaux) et des niveaux stériles à peu phosphatés (intercalaires).

Le gisement de Benguérir est caractérisé par quelques structures variées qui ne laissent pas deviner l'allure tabulaire de la surface. Ces structures, affectant la série phosphatée, se présentent sous forme de flexures et de failles. Les flexures déterminent des anticlinaux et synclinaux à grands rayons de courbure et s'accompagnent de nombreux accidents cassants à faibles rejets rencontrés par l'exploitant.

En rencontre également dans ce domaine une flexure d'extension importante : la flexure de Bout El Mezoud entre le gisement de Benguérir et celui de N'zaletLaararcha.

Ce gisement se présente sous forme d'un plateau allongé Est-Ouest sur une longueur de 25 à 30 Km et une largeur de 10 à 20 Km . Le relief est relativement pondéré avec une altitude moyenne de 430 m.

2. Climatologie

Le climat dans cette région est de type semi continental aride, à hiver tempéré. La pluviosité est faible sur l'ensemble. Les températures maximales moyennes mensuelles sont élevées et varient entre 18°C en janvier (mois le plus froid) et 40°C de moyenne en juillet (mois le plus chaud). Les températures minimales moyennes varient entre 4°C en janvier et 18°C en juillet. Les vents dominants sont de N ou NE en hiver. Les précipitations sont faibles de l'ordre de 33 à 42 jours/an.

3. Hydrogéologie

L'alimentation souterraine provient essentiellement du plateau Crétacé et Eocène de Youssoufia ainsi que de l'infiltration dans la basse plaine des petits oueds temporaires provenant des Jebilet, des Mouissat et du plateau de Youssoufia. En ce secteur, la plaine de la Bahira constitue une zone basse entre les plateaux des Mouissat à l'Ouest, des Gantour au Nord et le massif des Jebilet au Sud.

L'origine de la ligne de partage des eaux constituant la limite orientale est probablement à rechercher dans l'existence d'un horst du substratum paléozoïque

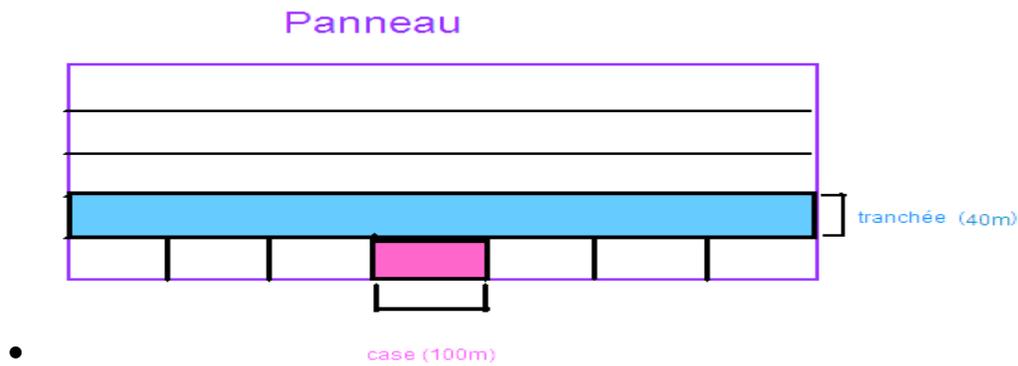
4. Présentation et description de la série phosphatée dans le gisement de Ben guérir

- **Découpage minier**

La recherche minière a été effectuée à partir des puits représentant des ouvrages de prospection. Ces puits ont été implantés d'une manière régulière à une maille de 250 m.

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

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



• **Case** : une unité du tranché à une longueur de 100m et une largeur de 40m.

- **Découpage litho-stratigraphique et description des couches**

Les séries phosphatées de la région Benguerir formé par l'alternance des couches de phosphate et des niveaux stériles.

La couche 0-1 :

Les deux couche peuvent être confondue lorsqu'il n'ya pas d'intercalation. elle est constitué par des phosphates grossiers riches en Bone Phosphate of Lime (BPL)

La couche 2

Formé de deux sous couche séparées par un lit d'os (bone- bed)

-Couche supérieure : caractérise par un phosphate meuble avec un banc de calcaire siliceux sur le toit, sa teneur en BPL est importante

-Couche inférieure : formé par des phosphates meubles gris à jaune, marneux et siliceux

Un niveau repère

Un niveau d'argile permet de séparer la couche trois supérieurs et la couche deux inférieure .elle apparaît nettement dans le terrain.

La couche 3

Elle est subdivisée en deux sous couches à faciès variable

- Couche supérieur : formé de phosphate meuble beige plus au moins marneux avec un teneur en BPL faible.

-Couche inférieure : formé par des phosphates meubles qui contient souvent du calcaire siliceux, avec un teneur en BPL est très important.

La couche 4

Constitué par des phosphates meubles avec des rognons de silex, elle est subdivisée en deux sous couche dont l'inférieure a une teneur en BPL très important.

La couche 5

Constitué de phosphate meuble plus au moins marneux organo-détritique continent des barres des calcaires et quelques rognons de silex au centre, elle est formée de trois niveaux :

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

Couche 6

Formée de phosphate meuble gris beige, repose sur des marne jaune qui constituent la base de la chaîne phosphatée.

Le sillon x :

Un niveau phosphaté meuble discontinue plus au moins calcifié.

Sillon A :

Subdivise en trois sous unité

- Sillon A3 : constitué d'un phosphate meuble calcifié a faible teneur
- Sillon A2 : il est exploitable et renferme des fossiles caractéristiques.
- Sillon A1 : constitué par des phosphates calcifié et marneux et non exploité a cause de la présence des marnes friable.

Sillon B :

Constitué d'un phosphate sableux grossier avec des rognons de silex sa teneur en BPL est importante.

• Description des intercalaires

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

- Calcaire : Roche sédimentaire carbonatée
- Argile : Roche sédimentaire détritique à grains très fins
- Marne : Roche sédimentaire constituée d'un mélange d'argile et de calcaire
- Silex : Roche sédimentaire constituée principalement de la silice, elle est dure et de cassure conchoïdale

- **Découpage chrono-stratigraphique**

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

- La série phosphatée s'étend du **Maastrichtien** au **Lutétien**.
- **Le Maastrichtien : (Couches 6, 5, 4,3, 2 et sillon x)**
- **Le Danien : (Couche 0/1)**
- **Le Thanétien : (Sillon A1, A2, A3)**
- **L'Yprésien : (Sillon B)**
- **Le Lutétien : le stérile**

- **Stratigraphie de la série phosphatée du gisement ben guérir :**

DECOUPAGE CHRONOSTRATIGRAPHIQUE		DECOUPAGE SEQUENCIEL	LOG. LITHOLOGIQUE	PROF	COUCHE	PUISS	BPL%	DESCRIPTION LITHOLOGIQUE
TERTIAIRE	PALEOGENE	LUTETIEN		0.00				Alluvions et terre végétale
				2.20				Marne, marne siliceuse, bancs discontinus de silex
				2.80	D			Sable Phosphaté
				4.30				Marne, marne siliceuse et silex
				5.10	C			Sable Phosphaté
				8.03				Argile
		YPERSIEN		8.93	B	0.90	6.42	Phosphate sableux, argile au toit
				10.50				Marne et argile
				11.30	AB			Sable phosphate
				13.20				Marne + calcaire argileux au toit
				15.32	A1			Sable phosphaté +/- calcifié
				18.75	A2	3.43	57.87	Phosphate sableux
		THANETIEN		20.50	A3			Sable phosphaté, calcaire au toit et au mur
				28.60				Marne siliceuse, marne et calcaire argileux, bancs discontinus de silex noir
	28.90						Sable mameux calcifié	
	30.50						calcaire phosphaté argileux à la base	
	30.50			C0	2.68	63.34	Phosphate sableux	
	31.31			C1	2.68	63.34	Calcaire phosphaté discontinu	
	31.68						Phosphate sableux oolithique	
	33.18						Marne, marne siliceuse et calcaire, passée de sable Phosphaté induré	
	DANIENNE			36.18				
				37.85	C2SUP	1.68	64.87	Phosphate sableux mameux au toit <u>Bone bed</u> au mur
				40.00	C2INF			Sable mameux phosphaté +/- calcifié au toit et à la base
				42.55				Argile jaune + marne au toit
		43.40		C3SUP	0.85	50.01	Sable phosphaté	
		44.12		C3INF	0.72	67.80	Phosphate sableux, calcaire siliceux discontinu	
		45.36					Marne et marne siliceux	
		46.80		C4	1.44	63.78	Phosphate sableux à rongnons de calcaire siliceux	
48.60					Marne, marne siliceuse et silex			
49.70					Sable mameux phosphaté bancs lent de marne siliceuse			
MASTRICHTIEN "Phosphaté"	51.45				Marne siliceuse marne et silex			
	53.40	C5	2.75	59.60	Sable mameux phosphaté, calcaire siliceux au toit			
	54.20				phosphate sableux, cal. phos au tère inférieur & au toit			
	57.05				Marne siliceux à silex, passée irrégulière de phosphate sableux vers le haut			
	57.50	C6	0.45	64.51	Phosphate sableux organo-détritique			

Figure 8. log synthétique de la série phosphatée de Ben guérir

Chapitre VI : Etude géominière de la série phosphatée du panneau 7

1. Situation géographique de la zone d'étude

Le panneau 7 est limité au Nord par le panneau 4 , au sud par le panneau 3 , à l'ouest par le panneau 2

Coordonnées limites : X min =272748,21 X max =274129,3

Y min =184751,64 Y max=189000

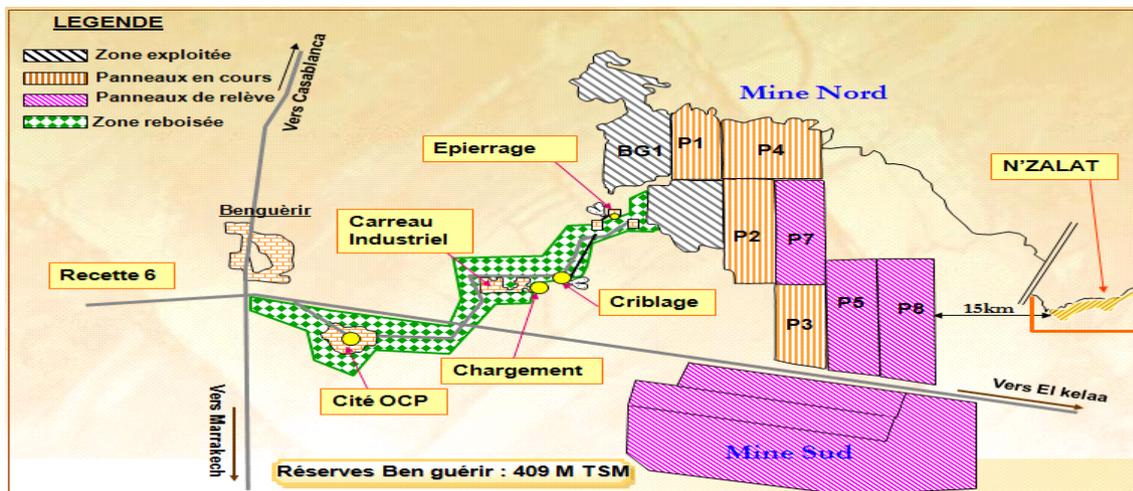


Figure 9. Localisation du panneau 7 dans le gisement de Benguerir

2. Réalisation et Présentation des cartes

Les cartes structurales et les cartes d'iso-valeurs sont réalisées à l'aide d'un logiciel ArcGis.

2.1 Les cartes structurales

La carte structurale est une carte qui représente la structure d'une couche dans le sous sol.

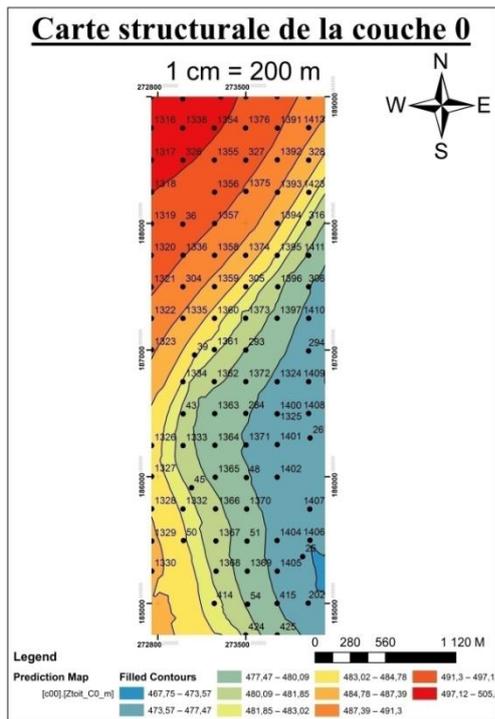


Figure 10. carte structurale de la couche 0.

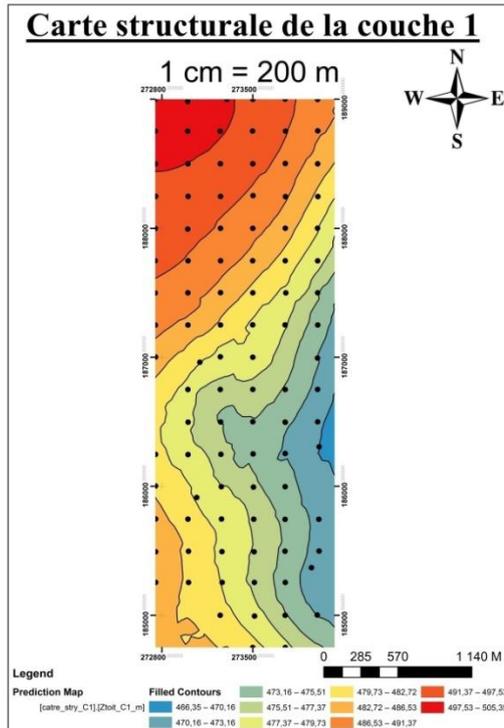


Figure 11. carte structurale de la couche 1.

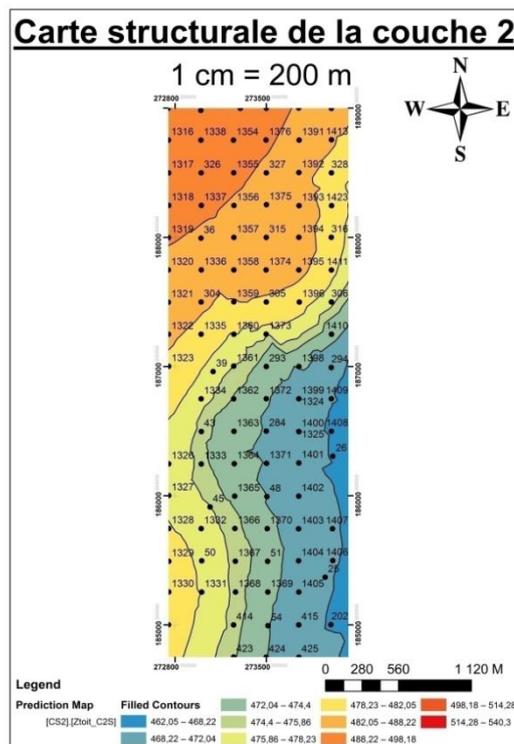


Figure 12. carte structurale de la couche 2.

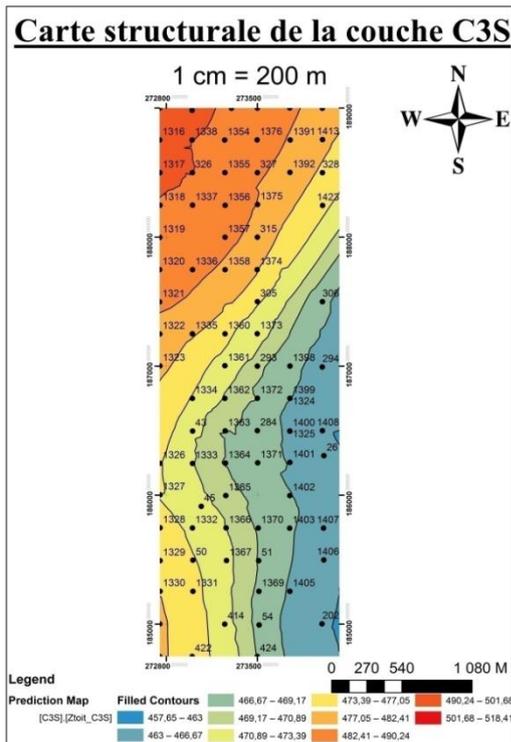


Figure 13. carte structurale de la couche 3S.

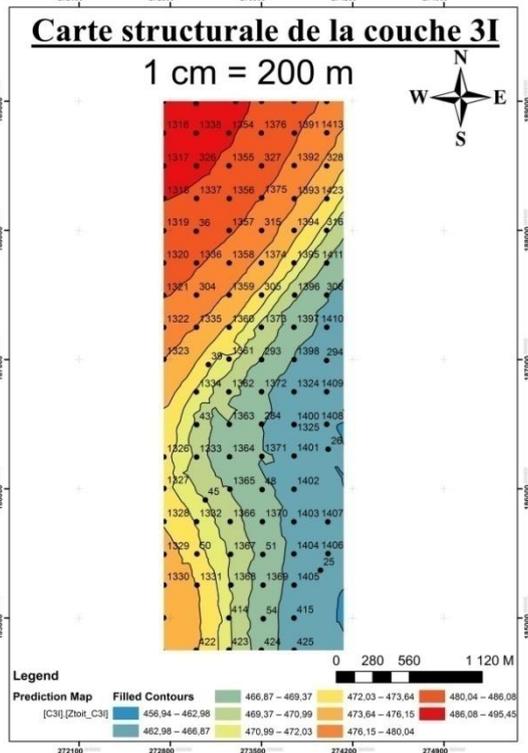


Figure 14. carte structurale de la couche 3I.

Commentaire :

→ Pour les couches 0, 1, 2, 3S et 3I :

- ✓ les courbes structurales sont plus serrées au sud et au centre, tandis qu'elles sont espacées au nord du panneau, elles ont la même allure donc le niveau est tabulaire.
- ✓ Le sens du pendage est W-E au sud et NW-SE au nord du panneau.
- ✓ Présence de quelques irrégularités sous forme de bosses au centre et au sud.

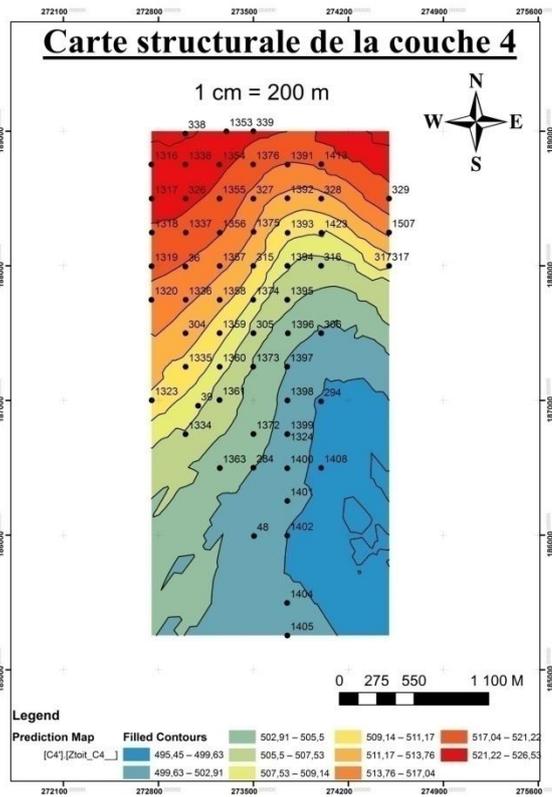


Figure 15. carte structurale de la couche 4.

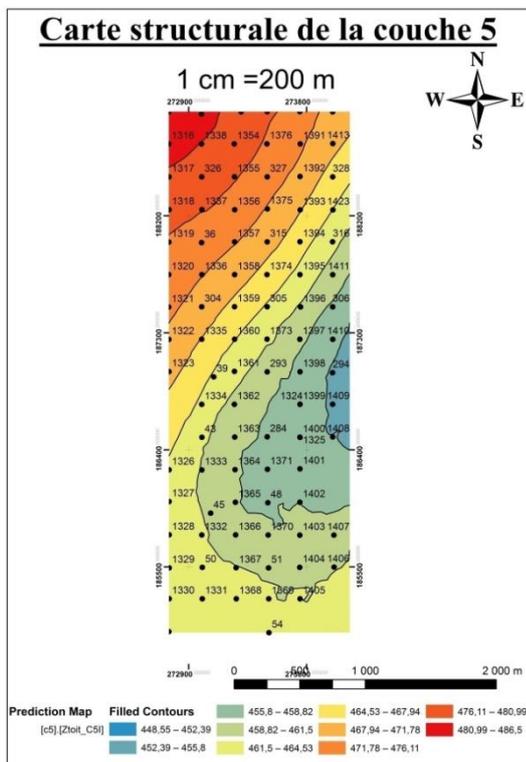


Figure 16. carte structurale de la couche 5.

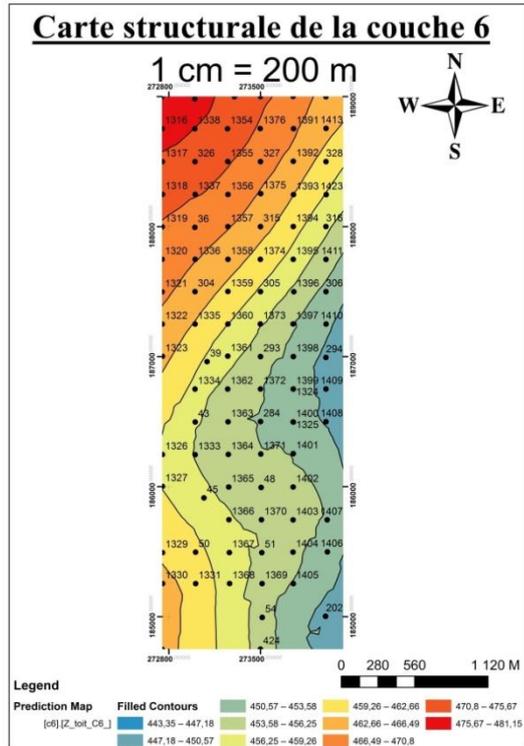


Figure 17. carte structurale de la couche 6.

Commentaires:

→ A partir de la couche 4, on observe qu'il y a un changement de direction des courbes structurales, ces dernières se serrent au nord du panneau et s'écartent vers le sud. On a un changement de sens du pendage qui devient NNW-SSE.

→ Pour les couches 5 et 6 :

- ✓ Les courbes structurales sont espacées au long du panneau donc le pendage est faible.
- ✓ Au nord le sens du pendage est NW-SE pour les deux couches mais au sud il devient NE-SW pour la couche 5 et W-E pour la couche 6.

2.2 Les cartes iso-valeurs

- Cartes iso-paches

Le but de ces cartes est de déterminer la variation des puissances de phosphate dans les couches et permettent aussi de distinguer le minerai pur par rapport au stérile.

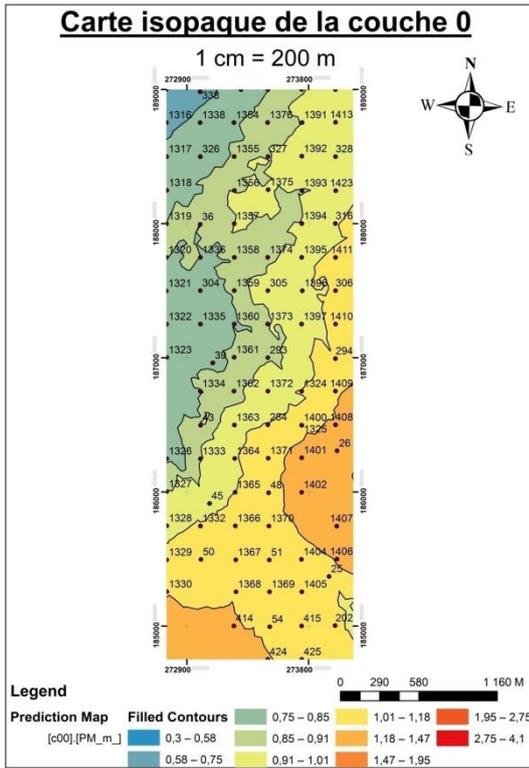


Figure 18. carte isopaque de la couche 0.

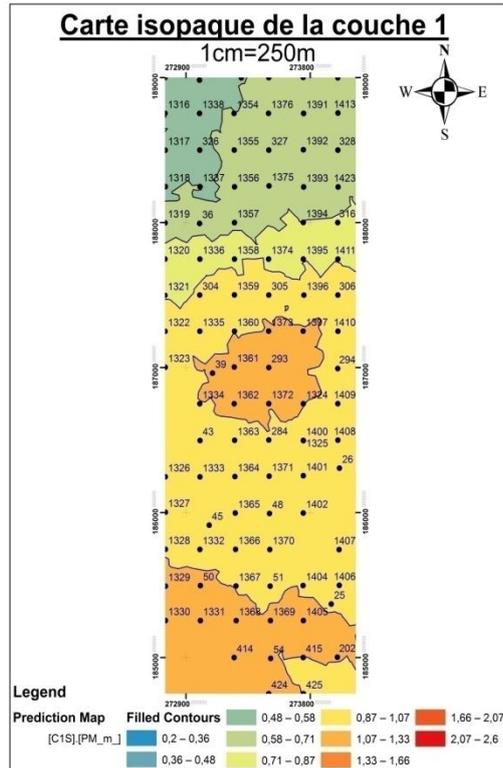


Figure 19. carte isopaque de la couche 1.

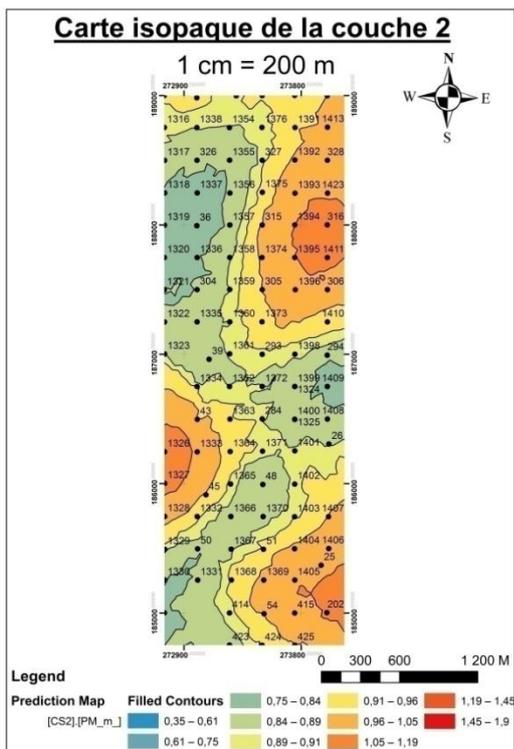


Figure 20. carte isopaque de la couche 2.

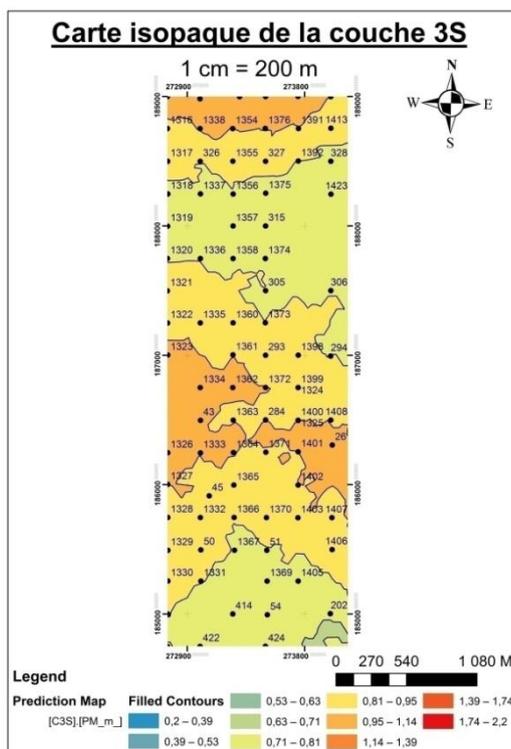


Figure 21. carte isopaque de la couche 3S.

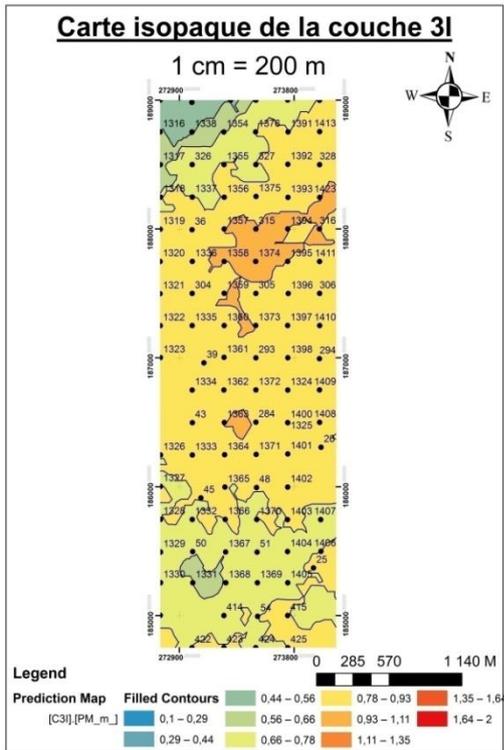


Figure 22. carte isopaque de la couche 3I.

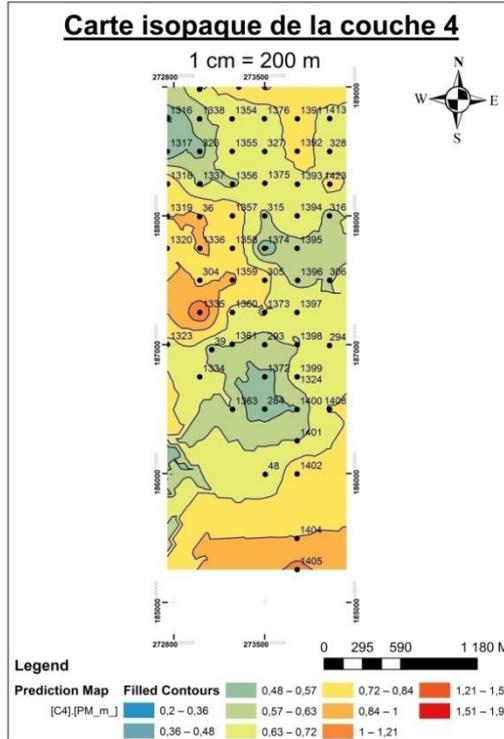


Figure 23. carte isopaque de la couche 4.

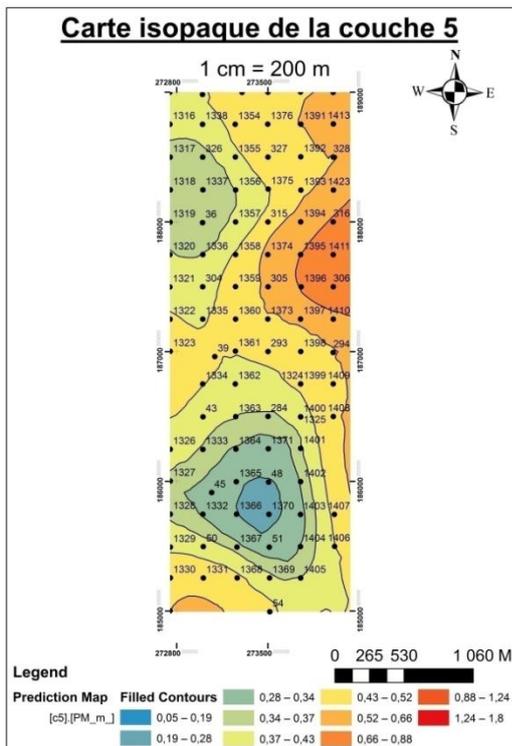


Figure 24. carte isopaque de la couche 5.

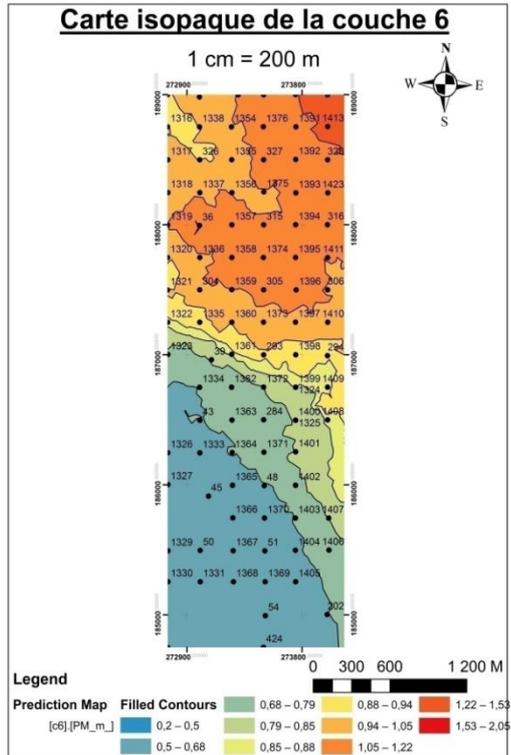


Figure 25. carte isopaque de la couche 6.

Commentaire :

Les puissances minéralisées des couches 0 et 1 sont semblables, elles augmentent du nord vers le sud du panneau. Pour la couche 2, la PM diminue de l'Est vers l'Ouest au nord et au sud contrairement au centre qui connaît une augmentation suivant cette direction. Pour les couches 3S, 3I et 4 ont une PM généralement moyenne de 0,72% tout au long du panneau, pour les couches 5 et 6 il y a une diminution de la PM du NE vers SW.

- Cartes iso-teneurs
 - ❖ Les cartes Bpl :

La teneur BPL : BONE PHOSPHAT OF LIME correspond a la teneur du phosphate calculé en pourcentage, quand la valeur de BPL dépasse 50 ont peut extraire et exploiter la couche, contrairement s'elle est inferieure a 50 la couche fera partie du stérile.

Les cartes iso-teneurs de BPL montrent la variation de la teneur du phosphate par couche et par zone.

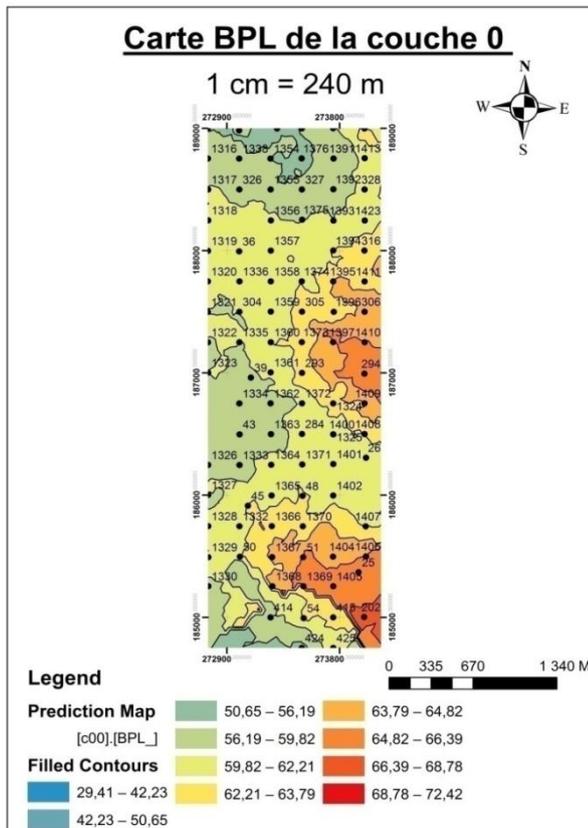


Figure 26. carte BPL de la couche 0.

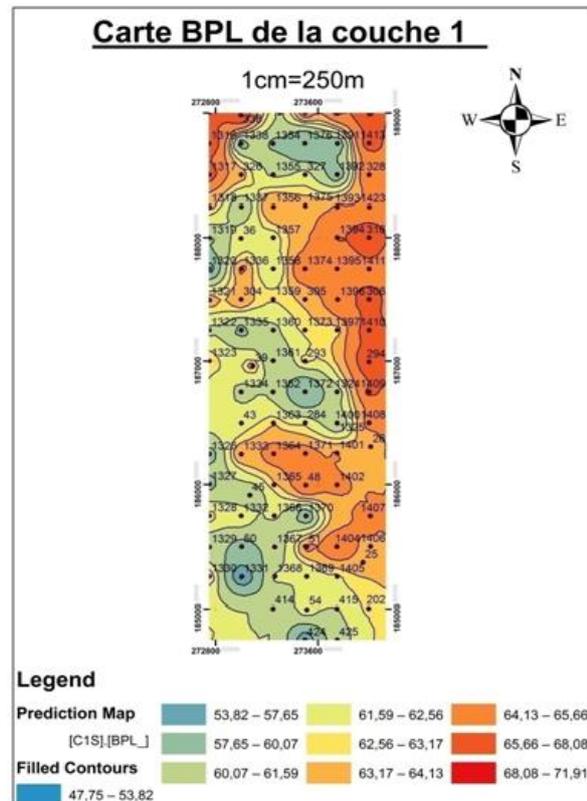


Figure 27. carte BPL de la couche 1.

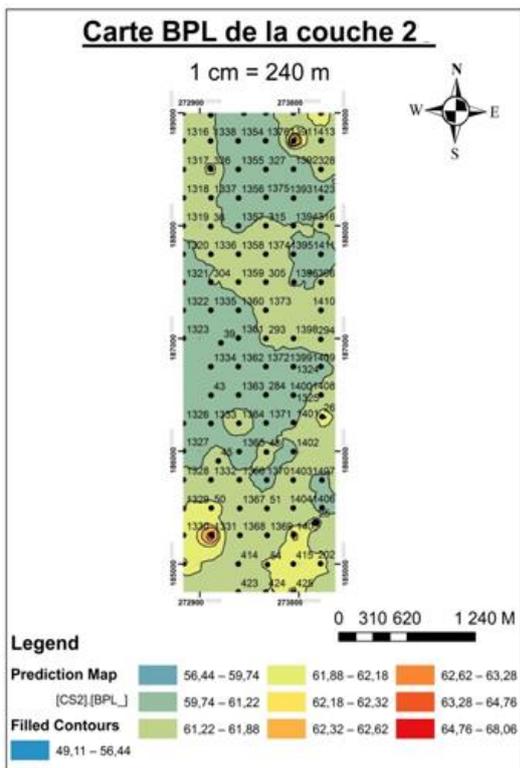


Figure 28. carte BPL de la couche 2.

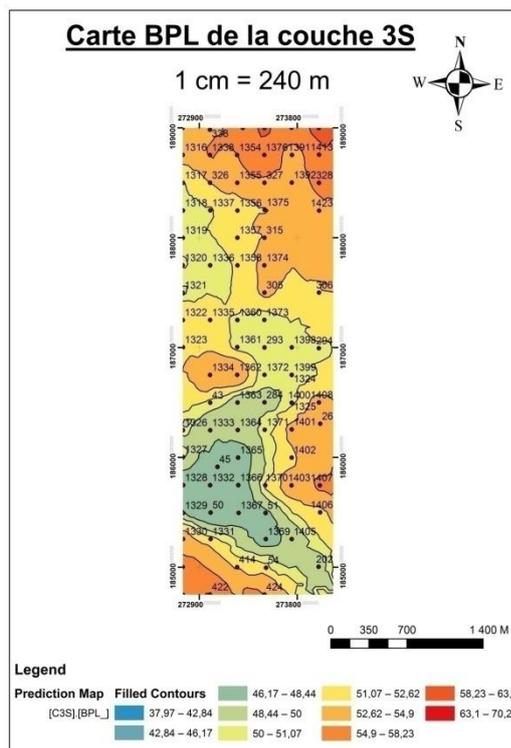


Figure 29. carte BPL de la couche 3S.

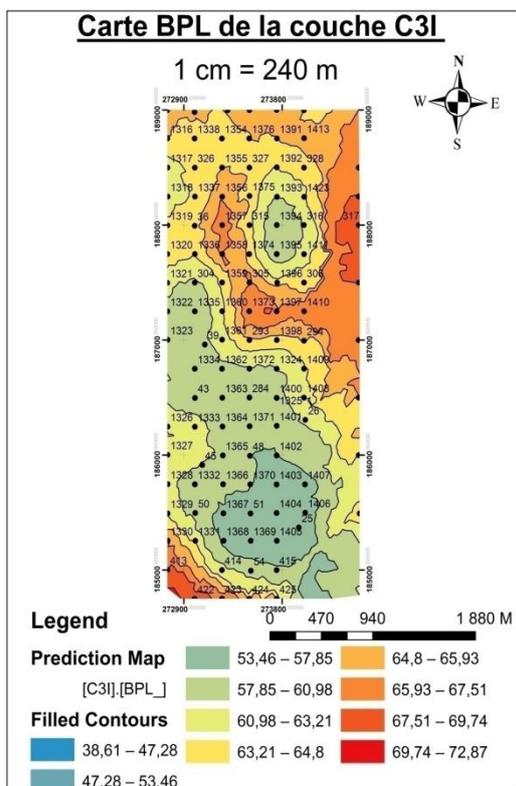


Figure 30. carte BPL de la couche 3I.

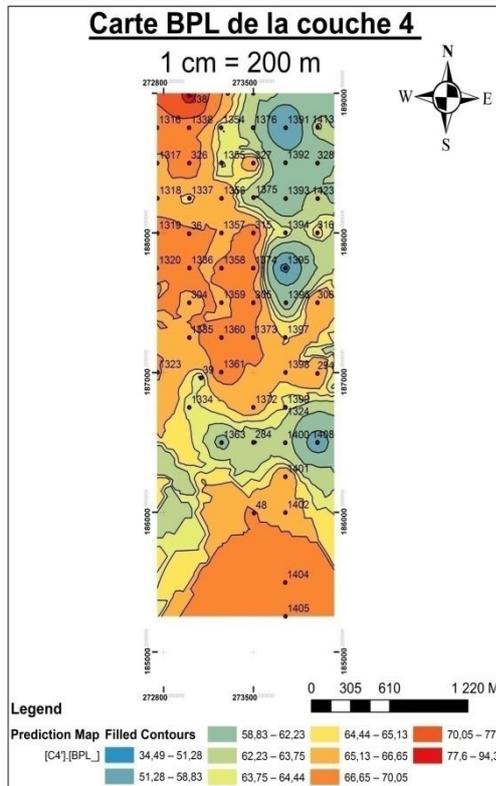


Figure 31. carte BPL de la couche 4.

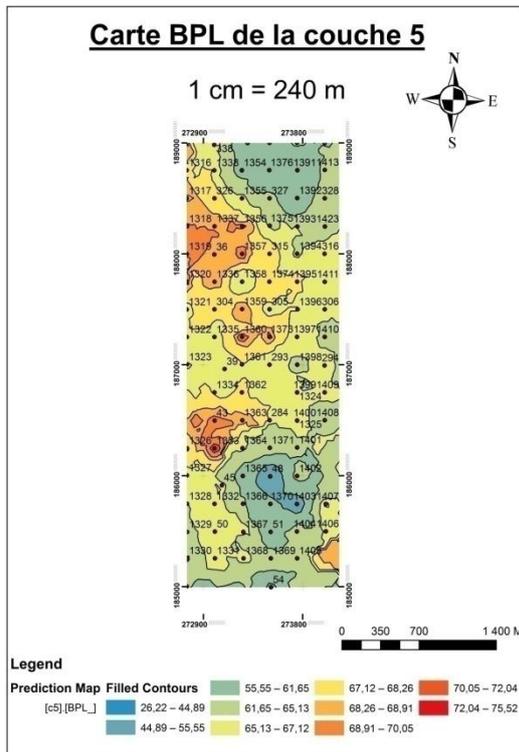


Figure 32. carte BPL de la couche 5.

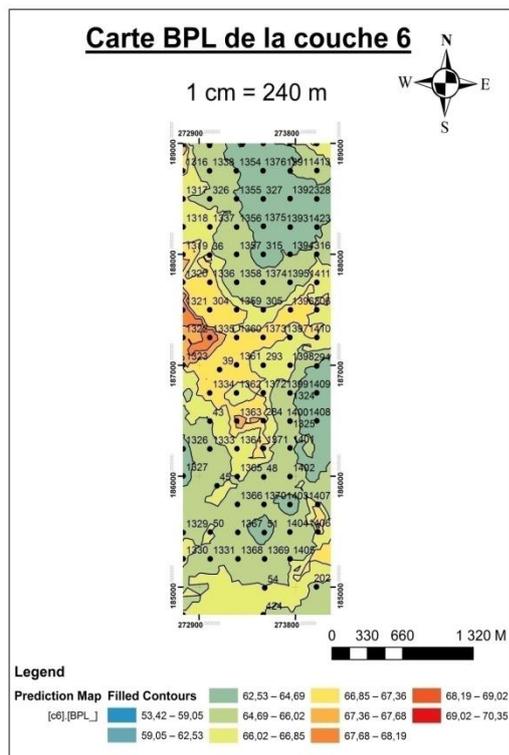


Figure 33. carte BPL de la couche 6.

Commentaires:

→ Les couches 0, 1, 3S et 3I présentent des fortes valeurs en BPL vers l'Est du panneau, qui dépassent 60%.

→ La couche 2 a une teneur générale toute au long du panneau qui varie entre 59,74% et 61,88%.

→ Les couches 4, 5 et 6 connaissent une augmentation de la teneur du BPL de l'Est vers l'Ouest (contrairement aux couches 0, 1, 3) avec présence de quelques compositions stériles. Ces teneurs atteignent 69,02% dans la couche 6 et dépassent 70% dans les couches 4 et 5.

Par conséquent, toutes les couches du panneau ont une importante zone exploitable.

❖ Les cartes Co2

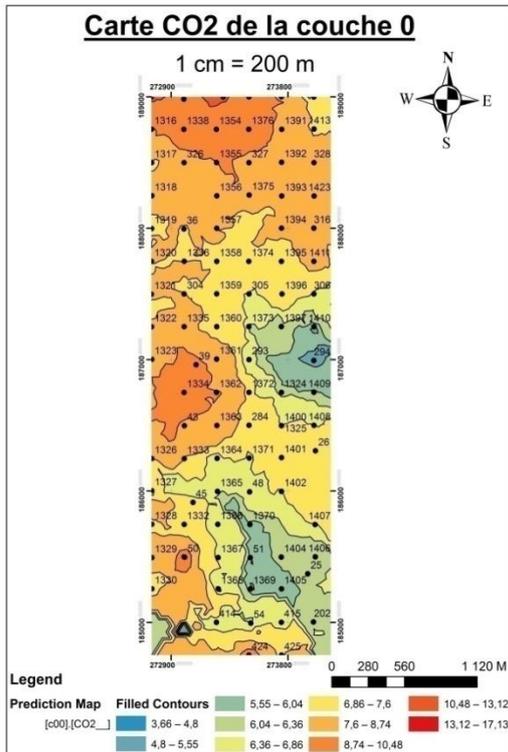


Figure 34.carte CO2 de la couche 0.

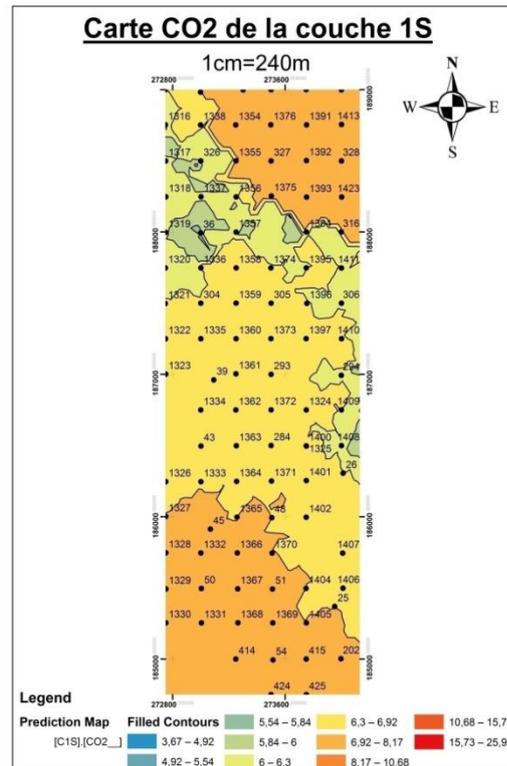


Figure 35.carte CO2 de la couche 1.

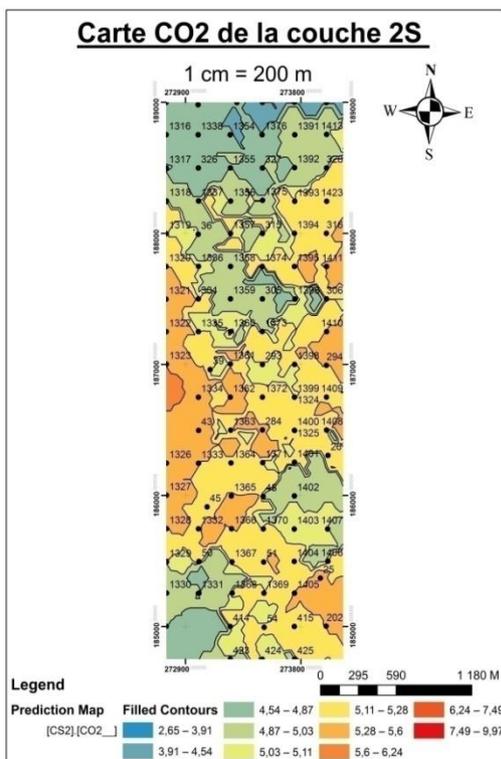


Figure 36.carte CO2 de la couche 2.

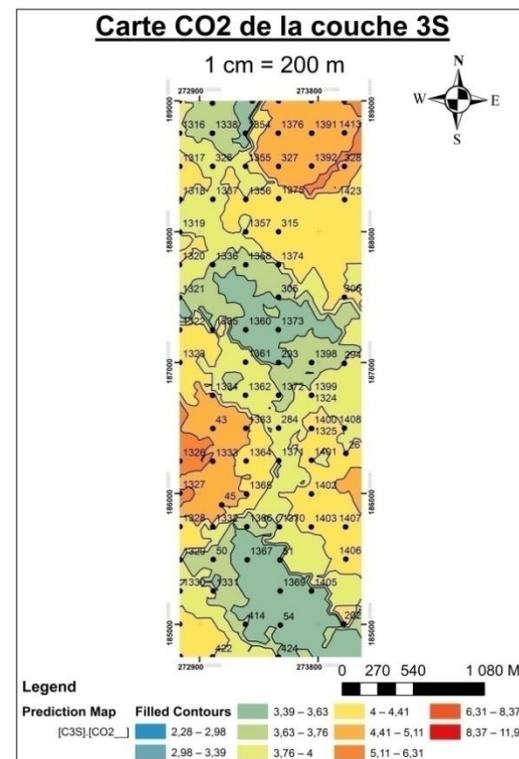


Figure 37.carte CO2 de la couche 3S.

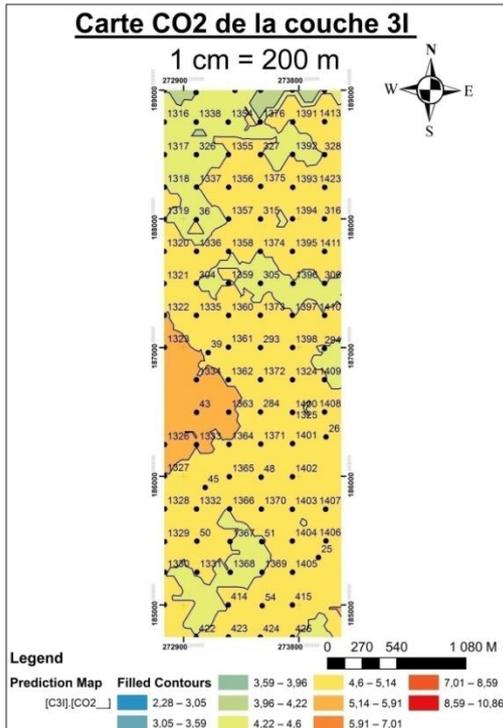


Figure 38. carte CO2 de la couche 3I.

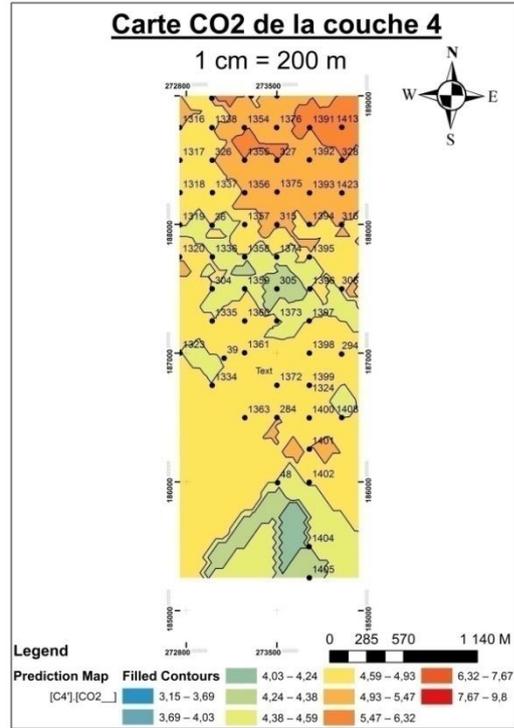


Figure 39. carte CO2 de la couche 4.

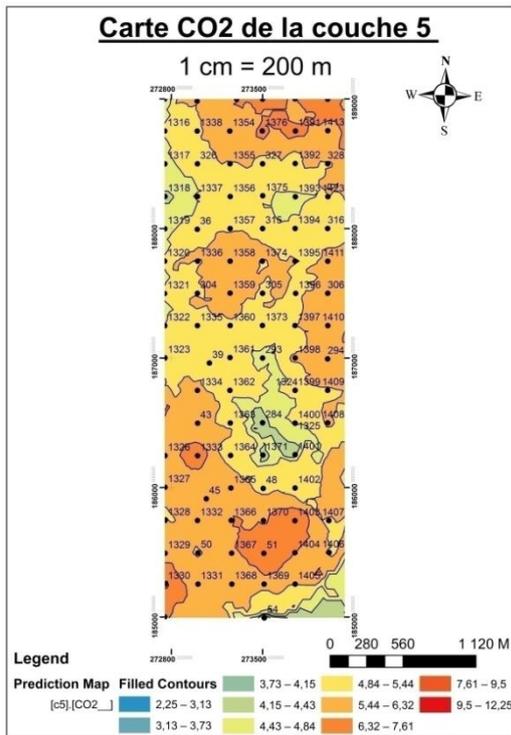


Figure 40. carte CO2 de la couche 5.

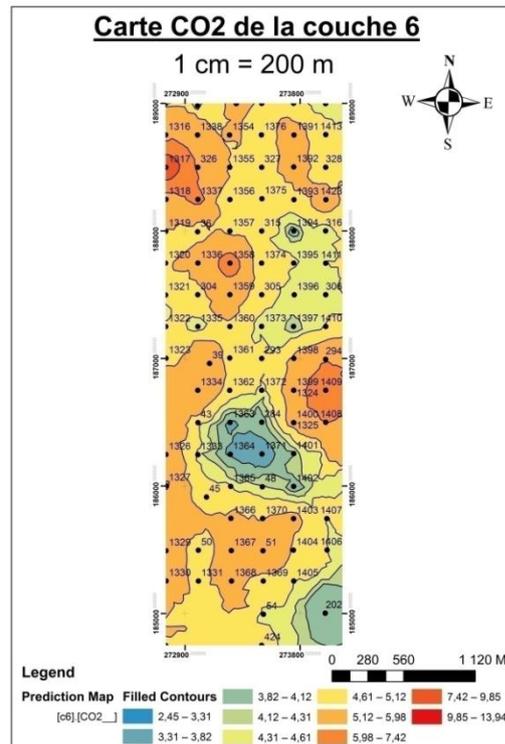


Figure 41. carte CO2 de la couche 6.

Commentaire :

En général, les couches du panneau 7 se caractérisent par des fortes teneurs en CO2 qui atteignent jusqu'à 10%, sauf les couches 2 et 3S qui ont des teneurs faibles qui s'échelonne entre 2,98 et 3,76%.

Chapitre VI : Etude de qualité

Les qualités des phosphates demandées par le client varient en fonction de la teneur BPL d'où on distingue :

Type des phosphates	Teneurs BPL	Client
TRES BASSE TENEUR (LAVEE)	51-55	SAFI
PROFIL BENGUERIR	58-62	YOUSSOUFIA
BASSE TENEUR CALICINEE	56-58	YOUSSOUFIA
APPLICATION DIRECTE ET EXPORT	> 60	YOUSSOUFIA

Tableau 2 : qualités de phosphate demandées par les clients (**OPC**)

-Lavée : Le phosphate subit un lavage qui lui augmente la pureté.

-Calciné : Elimination de la matière organique et l'humidité.

-Application directe et Export : Sa qualité est en fonction de la solubilité nitrique et formique.

1.Elaboration de cartes listing case

A l'aide de logiciel ARGIS on a établi des cartes LISTING CASE qui représente les valeurs de BPL, la teneur du CO2, et le volume de la case. Ces cartes ont pour intérêt de visualiser la distribution globale de ses paramètres en fonction de la qualité de phosphate demandée par les clients dans chaque case du panneau.

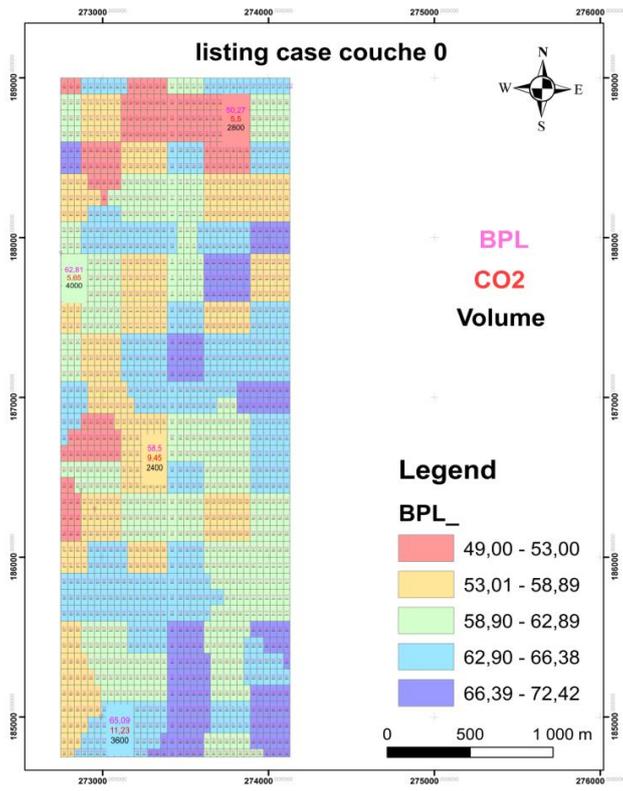


Figure 42. Listing case couche 0.

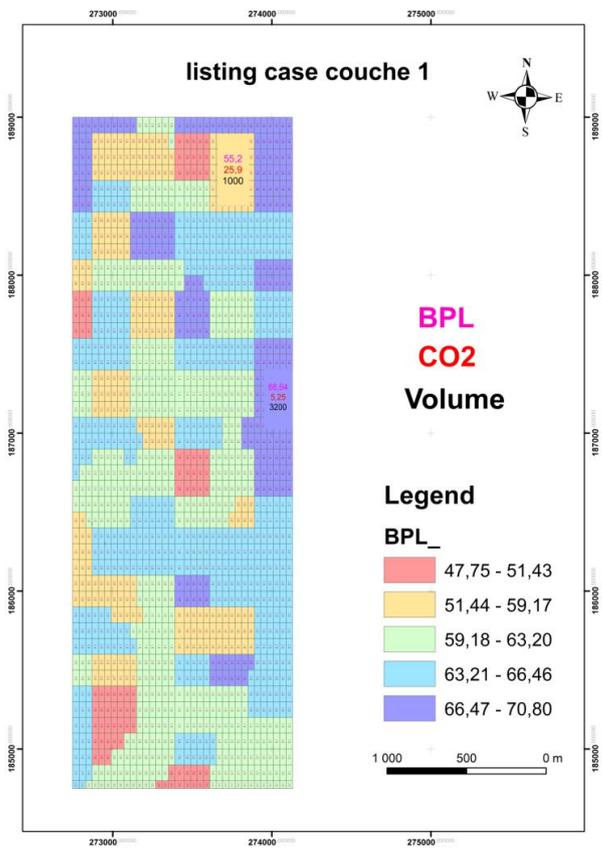


Figure 43. Listing case couche 1.

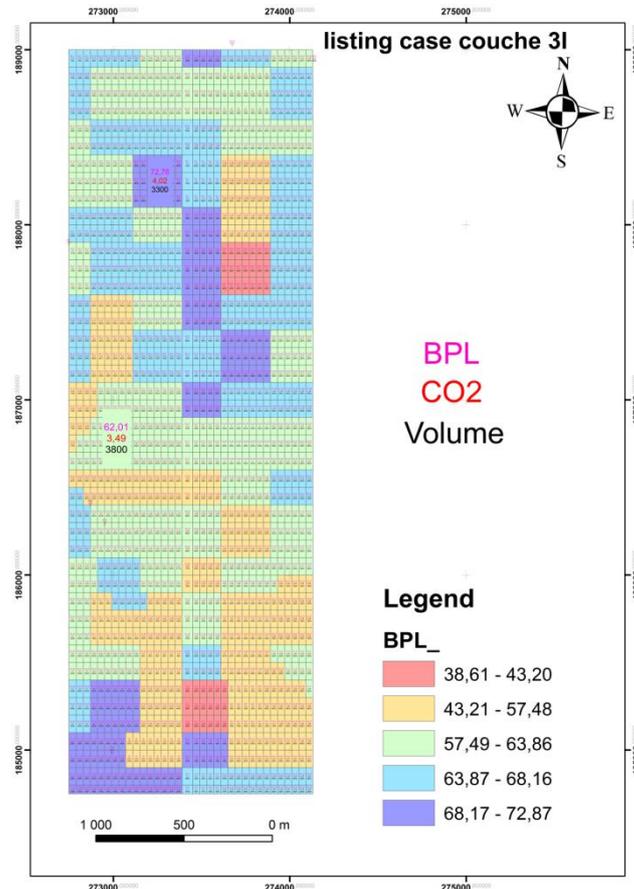


Figure 44. Listing case couche 3I.

Commentaire :

- Listing case des couches 0, 1, 2 et 3 (inf et sup)
La répartition des différentes qualités de BPL dans ces couches est moyennement en équilibre où on trouve les quatre qualités des phosphates (PBG, BT, TBT, Export) avec l'abondance des qualités de basses teneurs PBG et Export.

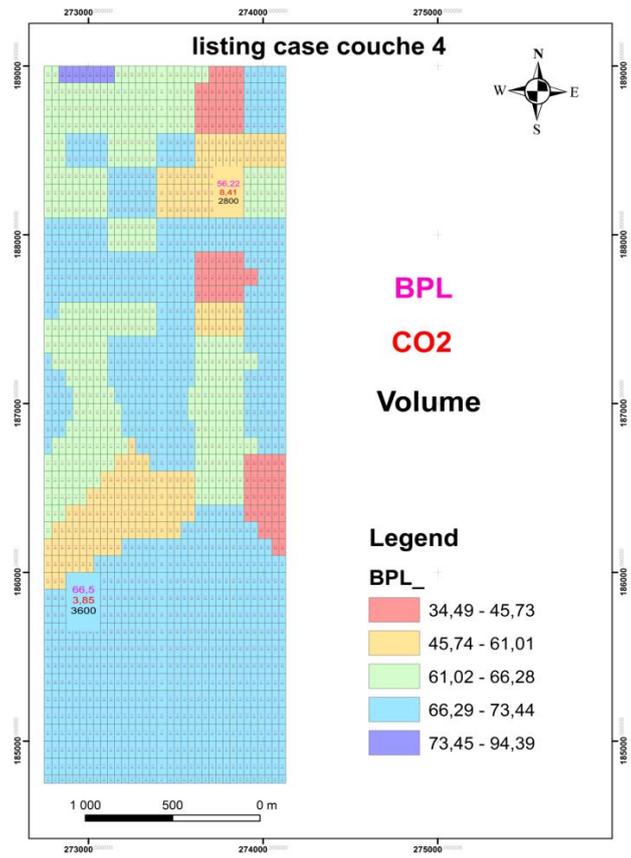


Figure 45. Listing case couche 4.

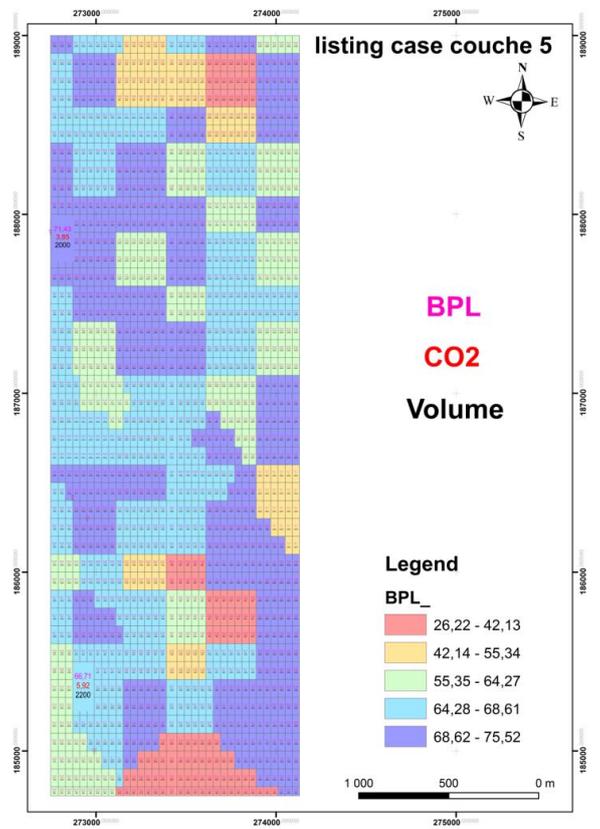


Figure 46. Listing case couche 5.

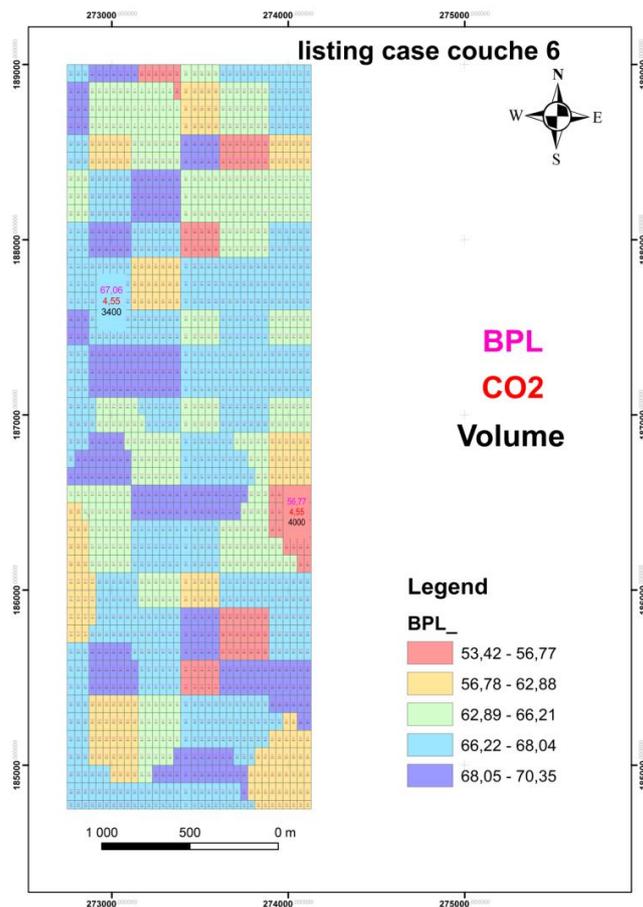


Figure 47. Listing case couche 6.

Commentaires :

- Listing case de la couche 4
Au sud et au centre de la couche, la carte dévoile une dominance des phosphates des qualités export spécialement d'une teneur de BPL qui s'échelonne entre 66 et 73 %
- Listing case des couches 5 et 6
Les cartes listing case des couche 5 et 6 montrent une forte représentation des qualités export tout au long du panneau d'une teneur qui atteint jusqu'à 75% pour la couche 5 et 70% pour la couche 6.

2. Calcul et estimation des réserves

Pour faire l'estimation des réserves pour un niveau phosphaté, on aura besoin de ses surfaces pour qu'on puisse calculer les volumes. Ces derniers

doivent être multipliés par le coefficient de densité de la couche pour avoir le tonnage humide criblé.

Volume: $VP (m^3) = S * P.moy$

VP : Volume phosphaté de la couche

S : Surface de la couche en (m²)

P.moy : puissance phosphatée moyenne en (m)

Tonnage humide criblé : $THC : VP * CD$

THC : Tonnage humide criblé (m³)

VP : Volume phosphaté de la couche

C.D : Coefficient de densité de la couche

Les résultats obtenus sont affichés dans le tableau.

Niveau	Surface (m ²)	p. moyenne (m)	Volume phosphaté(m ³)	THC (m ³)	BPL (%)
C0	5880254,082	0,98	5762649	9335491,38	61,24
C1	5573208,421	0,95	5294548	8577167,76	62,22
C2	5903265,217	0,92	5431004	8798226,48	61,07
C3SUP	5898990,588	0,85	5014142	8122910,04	51,82
C3INF	5802100	0,82	4757722	7707509,64	61,58
C4	5806296,25	0,8	4645037	7524959,94	65,03
C5	5935175	0,44	2611477	4230592,74	64,24
C6	5870624,096	0,83	4872618	7893641,16	65,54

Volume phosphate totale(m³)	38389197
THC totale (m³)	62190499,14
BPL moyenne (%)	61,5925

A partir de la comparaison des résultats du tableau ci-dessus, on remarque que toute les couches du panneau 7 ont une teneur en BPL qui dépasse 60% sauf la couche 3 supérieur qui a une teneur en BPL de 51,82% mais c'est une teneur acceptable. On conclut que toutes les couches de ce panneau sont très importantes à exploiter.

Conclusions

Cette étude nous a permis de mettre en évidence l'évolution des couches phosphatées de l'ouest vers l'est du bassin Gantour, de qualifier (cartes structurales et cartes iso-valeurs), et quantifier (calcul et estimation de réserves) les couches 0,1,2,3 (supérieur et inférieur) 4,5 et 6 du panneau 7, on a trouvé que :

- Les couches phosphatées à l'ouest du bassin Gantour se sont déposées dans un milieu calme et profond. Elles ont un BPL plus élevé donc elles sont plus importantes à exploiter. Alors qu'à l'est du bassin, les couches phosphatées sont déposées dans un milieu agité et moins profond. La plupart de ces couches renferment des intercalaires (calcaires / marnes), et elles sont faciles pour l'extraction car elles sont plus proches à la surface contrairement aux couches précédentes.
- De point de vue structural, les *couches du panneau 7* ne présentent aucun effet d'une tectonique, ni faille, ni plissement.
- Les couches de ce panneau présentent des variations infimes des puissances, ces variations peuvent être attribuées à la forme du bassin de sédimentation, La topographie des zones de dépôt ou les variations du niveau marin.
- L'étude de la variation des teneurs en BPL ont montré que toutes les couches de ce panneau sont économiquement rentables.
- Les couches du panneau 7 ont une réserve de 38 millions de tonnes de phosphate avec une teneur pouvant atteindre 77%, par conséquent, toutes les couches de ce panneau sont exploitables.

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Estimation des réserves mondiales de phosphate en milliards de tonnes (Us Geological Survey 2011).	9
Figure 2. Situation géographique des principaux bassins phosphatés.....	10
Figure 3. Evolution latéral de la série phosphatée marocaine (BOUJO, 1976).....	11
Figure 4. carte du gisement de bassin de Gantour (Boujo, 1976).	14
Figure 5. Coupe synthétique moyenne du panneau 7.....	15
Figure 6. Coupe synthétique moyenne de Nzalet laararchaa.....	16
Figure 7. Corrélation stratigraphique entre le panneau 7 et Nzalet laararcha.	17
Figure 8. log synthétique de la série phosphatée de Ben guérir	24
Figure 9. localisation du panneau 7 dans le gisement de Benguerir.....	25
Figure 10. carte structurale de la couche 0.	26
Figure 11. carte structurale de la couche 1. ..	26
Figure 12. carte structurale de la couche 2.	26
Figure 13. carte structurale de la couche 3	27
Figure 14. carte structurale de la couche 3I.	27
Figure 15. carte structurale de la couche 4.	28
Figure 16. carte structurale de la couche 5.	28
Figure 17. carte structurale de la couche 6.	28
Figure 18. carte isopaque de la couche 0.	30
Figure 19. carte isopaque de la couche 1....	30
Figure 20. carte isopaque de la couche 2.	30
Figure 21. carte isopaque de la couche 3S..	30
Figure 22. carte isopaque de la couche 3I.	31
Figure 23. carte isopaque de la couche 4....	31
Figure 24. carte isopaque de la couche 5.	31
Figure 25. carte isopaque de la couche 6....	31
Figure 27. carte BPL de la couche 1.	32
Figure 26. carte BPL de la couche 0.	32
Figure 28. carte BPL de la couche 2.	33
Figure 29. carte BPL de la couche 3S. ...	33
Figure 30. carte BPL de la couche 3I.	33
Figure 31. carte BPL de la couche 4.	33
Figure 32. carte BPL de la couche 5.	34
Figure 33. carte BPL de la couche 6.	34
Figure 34. carte CO2 de la couche 0.	35
Figure 35. carte CO2 de la couche 1.....	35
Figure 36. carte CO2 de la couche 2.	35
Figure 37. carte CO2 de la couche 3S.	35
Figure 38. carte CO2 de la couche 3I.	36
Figure 39. carte CO2 de la couche 4.	36
Figure 40. carte CO2 de la couche 5.	36
Figure 41. carte CO2 de la couche 6.	36
Figure 42. Listing case couche 0.	38
Figure 43. Listing case couche 1.	38
Figure 44. Listing case couche 3I.	39
Figure 45. Listing case couche 4.	40
Figure 46. Listing case couche 5.	40
Figure 47. Listing case couche 6.	41
Tableau 1: Description de chacune des zones étudiées.....	18
Tableau 2 : qualités de phosphate demandées par les clients (OPC)	

Références

- Boujo, A. Contribution à l'étude géologique du gisement de phosphate crétacé-éocène des Gantour (Maroc occidental) ". Notes & M. Serv. Géol., Maroc, n° 43. (1976).
- Bushinski, G.I. On shallow water origin of phosphorite sediments. *Developments in Sedimentology*, 1, p. 6270. (1964).
- Kasakov, A.V. Faciès à phosphate de chaux et genèse des phosphates de chaux sédimentaires. *Trav. Inst. Rech. Engrais et inscto-fongicides*, fasc. 142, pp. 100-119. (1937).
- McKelvey, V.E., Swanson, R.W. Sheldon R.P. The Permian phosphorite deposits of western United States. *Congrès géol. intern. Alger 1952. Section XI. fase. XI, Origine des gisements de phosphates de chaux*, pp. 45-64. (1953).
- Schematic geological map of the Cretaceous-Tertiary plateau area, after the Geological map of Morocco, 1:1, 000,000 (Geological Survey of Morocco, 1985). Errach.: Errachidia; G. Sba: Gara Sba; Goul.: Goulmima; Marrak.: Marrakech; Tin.: Tineghir
 - Succession and lateral variation of the sedimentary facies of the Phosphate Series in Western Meseta, after Boujo (1976), modified. For location, see Fig. 7.4A Montian-
 - « Le site de Benguézir » [[archive](#)], sur *OCPgroup.ma*

Annexe

Extrait de bases de données de la couche 0 du panneau 7.

	X	Y	Z	Z de toit (C0)	PM (m)	BPL (%)	CO2 (%)
1315	272748,58	189000,35	524,7	505,8	0,45	49	15,05
338	272998,11	188982,85	533,93	501,03	0,9	63,75	6,2
1353	273300,96	188999	535,1	498,9	0,9	49,11	13,65
339	273499,98	189000	525,53	498,43	0,8	60,13	7,71
1390	273748,96	189001,27	507,3	492,8	0,9	63,12	7,97
340	273999,37	188998,94	501,9	491	1,05	64,92	7,27
341	274500,06	186000,06	496	488,2	4,1	57,26	7,88
1316	272748,8	188753,29	526,4	503,95	0,55	60,56	7,73
1338	272998,38	188752,8	531,1	500	0,35	58,35	9,1
1354	273248,46	188752,78	537,25	500,75	0,55	53	10,015
1376	273497,87	188753,61	539,55	493,15	0,9	50,31	15,75
1391	273752,2	188753,17	518,25	491,65	0,7	50,27	5,5
1413	274000,58	188755,62	506,7	489,3	1	62,81	5,65
1317	272750,46	188499,51	525	496,35	0,55	67,69	5,6
326	273000	188499,76	532,34	496,34	1,5	52,91	9,92
1355	273250	188500,27	527,65	497,65	1,35	58,34	7,65
327	273500	188499,75	541,54	493,84	1,1	65,87	5,29
1392	273750,71	188502,23	545	490	0,8	50,5	10,5
328	274000,01	188499,69	545,78	484,48	0,9	65,09	11,23
329	274499,97	188500,01	534,24	479,24	1,5	69,13	4,96
1318	272751,5	188247,65	523,9	497,9	0,9	57,43	8,13

Extrait de bases de données de la couche 0 de Nzalet
laararcha.

N°Puit	X	Y	Z	Z toit C0	PM (m)	BPL%	CO2%	MGO%	SIO2%	CD%
3147	291500,83	183000,37	438,57	434,27	0,75	57,74	5,02	0,55	3,51	18,80
3030	292010,56	183356,00	437,81	427,61	1,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3129	290500,29	182000,51	431,95	420,90	0,60	56,16	7,42	0,93	3,14	17,50
105	289975,27	181979,14	432,53	426,83	0,40	59,69	8,88	1,26	5,08	16,00
3156	292000,00	182999,88	435,41	426,41	0,70	54,71	10,93	0,51	3,97	27,57
3099	290959,96	182766,24	440,96	434,76	0,65	58,46	9,65	1,47	6,31	39,31
3094	288979,84	182240,22	446,42	442,42	0,60	62,26	7,43	0,30	4,54	11,25
3205	288178,54	181715,70	435,27	419,37	1,20	58,48	10,20	0,77	3,79	24,00
3055	292110,54	183356,77	438,10	426,90	0,70	62,25	9,34	0,00	0,00	0,00
1107	290186,10	182237,53	432,87	429,37	0,30	51,95	10,50	0,00	0,00	0,00
3045	290567,41	182454,82	435,87	413,37	0,70	51,36	13,24	0,36	0,00	0,00
3100	292099,88	183760,04	441,52	436,02	0,70	57,44	10,30	0,50	3,96	17,43
3161	292499,70	183500,31	440,02	422,02	0,75	55,10	11,45	0,91	4,90	23,80
3165	291000,41	182499,98	446,11	428,41	0,90	60,74	9,22	2,16	5,17	23,22
3168	292999,62	184000,01	437,13	433,03	0,85	59,45	9,61	1,10	3,18	15,76
3126	289000,69	182000,10	443,09	436,29	0,75	60,43	9,55	0,84	3,96	33,00