



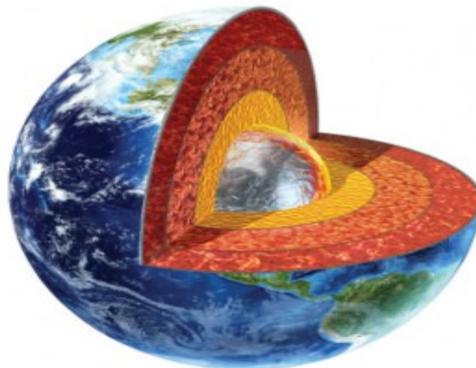
UNIVERSITE CADI AYYAD

Faculté des Sciences et Techniques – Département des Sciences de la Terre

Licence en Science et Technique Géologie Appliquée aux Ressources Minières (LST- GARM)

Projet de fin d'études :

Etude géominière des niveaux supérieurs du panneau 7 du gisement phosphaté de Ben Guérir (Bassin de Guentour, Maroc)



Réalisé par :

LAMAALIF Abderrahim

EL QUEMARY Soufiane

Encadré par :

Pr. CHAFIKI Driss (FST-Marrakech)

Mr. EL ALAMI Abdelmajid (OCP)

Soutenu le 10 juin 2016 devant Jury composé de :

Pr. AIT ADDI Abdallah (Examineur)

Pr. CHAFIKI Driss (encadrant)

Année : 2015-2016

REMERCIEMENTS :

Ce n'est pas la tradition qui exige que cette page se trouve dans notre rapport, mais parce que les gens à qui nous nous adressons méritent vraiment ce remerciement.

*Nos sincères remerciements sont destinés plus particulièrement à notre encadrant dans le groupe OCP **Mr.A.EL ALAMI, Mr.S.ZEROUALI**, et **Mme F.EL RADOUANI** pour leur honorable assistance, leurs recommandations pertinentes et leurs efforts remarquables qu'ils ont déployé durant notre stage pour nous donner le maximum d'informations.*

*Nous tenons à remercier également notre encadrant dans la FSTG-Marrakech **Pr .D.CHAFIKI** qui nous a fourni son temps pour bien expliquer et diriger notre travail.*

Nos remerciements s'adressent aussi à tous nos enseignants et nos collègues.

RESUME :

Le sujet abordé dans le cadre de notre projet de fin d'études est une contribution à la connaissance géominière des niveaux supérieurs du panneau 7 dans le gisement phosphaté de Ben Guérir au Maroc.

Dans le mémoire élaboré, nous présenterons les résultats de notre stage réalisé au sein du service de la géologie de l'OCP à Ben Guérir. En commençant par les différentes cartes réalisées, qu'elles montrent que la formation des couches supérieures du panneau 7 est due à la tectonique et la sédimentation. En passant par les coupes lithologiques obtenues qu'elles démontrent le problème de recouvrement.

En arrivant à l'étude de la qualité où on a trouvé cinq catégories de phosphate existantes au niveau du gisement phosphaté de Ben Guérir, puis nous finirons par un essai de calcul de réserves de différents couches étudiées ce qu'il indique les niveaux supérieurs du panneau 7 sont très importants à exploiter.

Sommaire :

INTRODUCTION GENERALE.....	6
Chapitre I : GENERALITE SUR LES PHOSPHATES	8
I.1 Les types de gisements phosphatés au monde :	9
I.2 Origine des phosphates :	10
I.3 Principaux bassins phosphatés marocains (Fig. 4) :	11
I.4 La répartition stratigraphique des dépôts phosphatés dans le monde :	13
I.5-Production et usage de phosphate :	15
Chapitre II : REPRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE.....	16
II.1. Géographie et situation du secteur étudié:	17
II.1.1.Le cadre géographique(Fig.6):.....	17
II.1.2.Le cadre géologique :	17
II.1.3.La géologie structurale du bassin Gantour:	19
II.1.4 Aperçu climatologique :	19
II.1.5-Aperçu hydrogéologique :	20
II.2 Stratigraphie de la série phosphatée :	20
II.2.1. Les découpages de la série phosphatée:.....	21
Chapitre III : ETUDE GEOMINIERE DES NIVEAUX SUPERIEURS DU PANNEAU 7 DE LA MINE NORD DE BENGUERIR.....	26
L'OBJECTIF DU PRESENT TRVAIL :	27
III.1.Aperçu sur les logiciels utilisés :	27
III.2.préparation des bases de donnés :	28
III .3. Etablissement des cartes:.....	28
III .3.1 Cartes structurales :.....	28
III .3.2 Cartes isopuissances :.....	32
III .3.1 Cartes isoteneurs :	37
III .3.4 Listing case:.....	45
III.4.Réalisation des corrélations à l'aide du logiciel AutoCAD :	50
III.5 Etude de la qualité de phosphate et calcul des Reserves :	51
III.5.1 Aperçu sur le laboratoire d'analyses :	51
III.5.2 La qualité du phosphate :	52
III .5.3 calcul des réserves (Tableau : 3).....	54

CONCLUSION GENERALE:	56
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES:	57
LISTE DES FIGURES :	58
LISTE DES TABLEAUX :	59
ANNEXES :	60
ANNEXE I :	61
L'exploitation du Phosphate :	61
2. Les étapes d'exploitation dans la mine de Ben Guérir :	61
ANNEXE II :	65
Bases de Données des C1, C2, SA2, SB Utilisées en ArcGIS :	65
ANNEXE III :	82
Bases de Données Utilisée en AutoCAD.....	82
(Réalisation des coupes lithologique) :	82
Notations principales et abréviations :	91
Lexique :	91

INTRODUCTION GENERALE

Le sous sol marocain contient des gisements importants de phosphate qui représentent trois quarts des réserves mondiaux. Ainsi le Maroc est le premier exportateur du phosphate et de ses dérivés, et le troisième producteur derrière les Etats-Unis et la Chine.

L'exploitation de phosphate au Maroc est maintenue par la seule et la grande entreprise nommée Office Chérifien des Phosphates(OCP).

Présentation du groupe OCP :

Le groupe OCP occupe une place importante dans le secteur économique marocain vue l'effectif des employés. Ce groupe est crée en 1920 comme un établissement public, mais il devait fonctionner dans des conditions juridiques et techniques voisines à une entreprise industrielle et commerciale privée.

Ce n'est qu'à partir de 1975 qu'il est devenu le groupe office chérifien de phosphate. Ce groupe est un opérateur mondial dans le domaine de l'industrie du phosphate et des produits dérivés, Il l'export aux cinq continents de la planète.

Le groupe OCP comprend :

- Trois centres d'exploitations à KHOURIBGA, YOUSOUFIA et BENGUERIR
- Deux centres d'exploitation chimique à SAFI et JORF LASFAR.
- Quatre ports d'embarquement à JORF LASFAR, SAFI, CASABLANCA et LAAYOUN.

Fiche technique :

- Raison sociale : Groupe Office Chérifien des Phosphates (OCP).
- Forme juridique : Établissement public.
- Date de création : le 7 août 1920.
- Conseil d'administration : le premier ministre.
- Directeur générale : Mr.TERRAB Mostafa.
- Correspondant à l'étranger : Bureau OCP-PARIS.
- Activités principales : Extraction, traitement et transformation du phosphate.
- Plan humain : 21 953 agents dont 722 ingénieurs.

Chapitre I :

GENERALITE SUR LES PHOSPHATES

I.1 Les types de gisements phosphatés au monde :

On distingue 3 types de gisements phosphatés (Fig.1) :

1. Gisements d'origine sédimentaire :

Ils sont plus représentatifs et plus volumineux et les plus riches en minerais. Les phosphates marocains sont des sédiments marins qui s'étalent stratigraphiquement du crétacé supérieur (Maastrichtien) à l'Eocène inférieur et moyen.

2. Gisements d'origine ignée :

Ces gisements sont généralement liés à des complexes intrusifs alcalins comme les syénites népheliniques (les gisements de **KHIBINY** en Russie par exemple).

3. Gisements d'origine insulaire :

Sont formés à partir de l'accumulation des déjections des oiseaux de mer au cours de longues périodes et ils contiennent environ 4 % en P_2O_5 . En général, la qualité de ces phosphates est forte intéressante vis-à-vis de leur quantité. Nous citons les gisements de l'île Nauru dans l'océan pacifique qui contiennent 90 millions de tonnes de minerai avec 39 % en P_2O_5 et les gisements de l'île Christmas dans l'océan indien qui contient 200 millions de tonnes de minerai avec une teneur de 23 jusqu'à 27 % de P_2O_5 .



Figure 1 : La répartition mondiale des gisements de phosphate.

I.2 Origine des phosphates :

Ils viennent de la décomposition d'organismes marins comme : Plésiosaures, Mosasaures, Crocodiles et Lézards. Les chairs en se décomposant dans certaines conditions forment un minéral appelé phosphate, ce qui forme, désormais la roche qui contient les fossiles.

Théories de la phosphatogenèse:

Plusieurs théories sur la phosphatogenèse ont été proposées par différents auteurs depuis les années 30 du dernier siècle. Trois d'entre elles proposent des modèles génétiques possibles :

Pour Kazakov (1937), le milieu phosphaté doit communiquer largement avec la haute mer pour permettre l'étalement des courants ascendants : Un vent fort souffle à la surface de l'océan, poussant les eaux chaudes de surface vers le large. Pour combler le vide, les eaux froides du fond de la mer remontent chargées de minéraux P, Ca, F, C, Na (Fig.2).

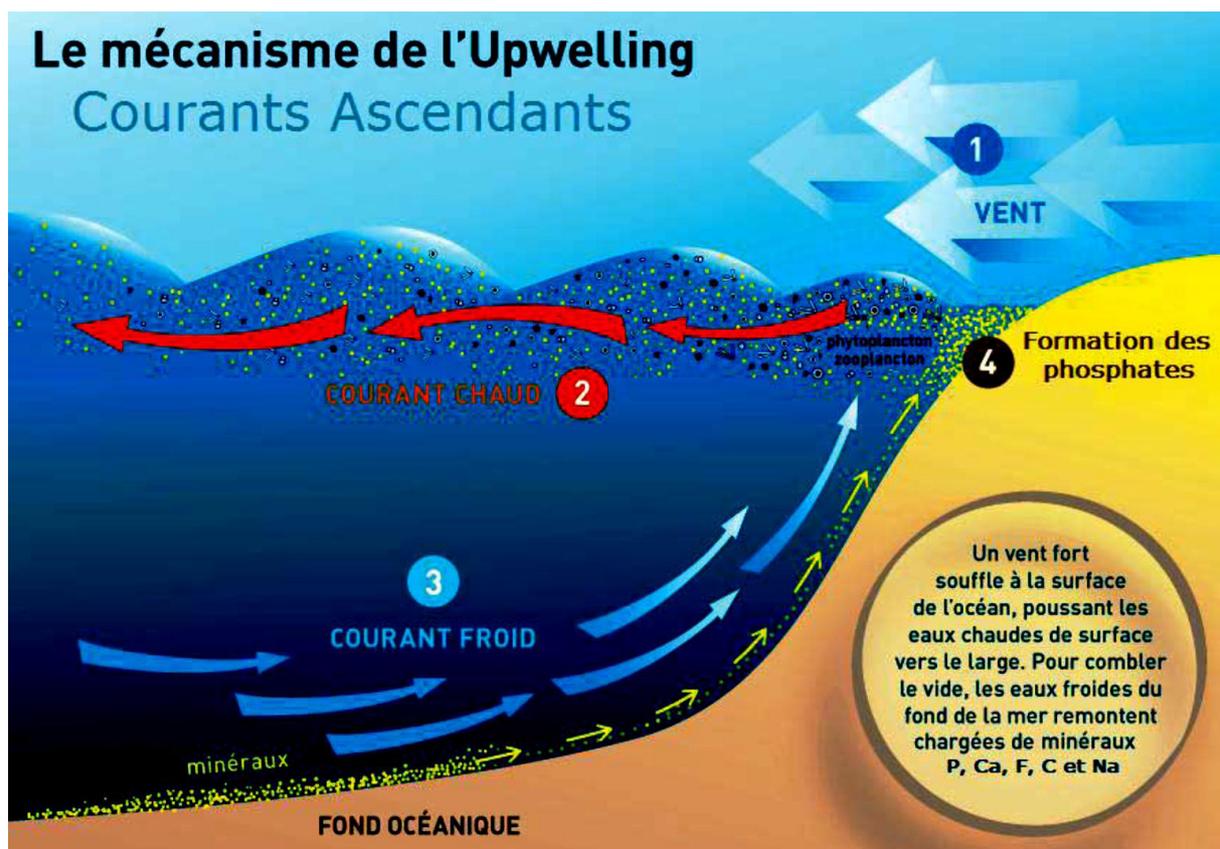


Figure 2 : Modèle de la phosphatogenèse proposé par Kazakov (1937).

Pour Keyarser et Cook (1972), les phosphates se forment au niveau d'une zone anticlinale. Ils s'étalent ensuite de part et d'autre de celle-ci. Du côté interne de l'anticlinal se déposent alors les sédiments riches en phosphates et du côté externe des dépôts moins riches (Fig.3).

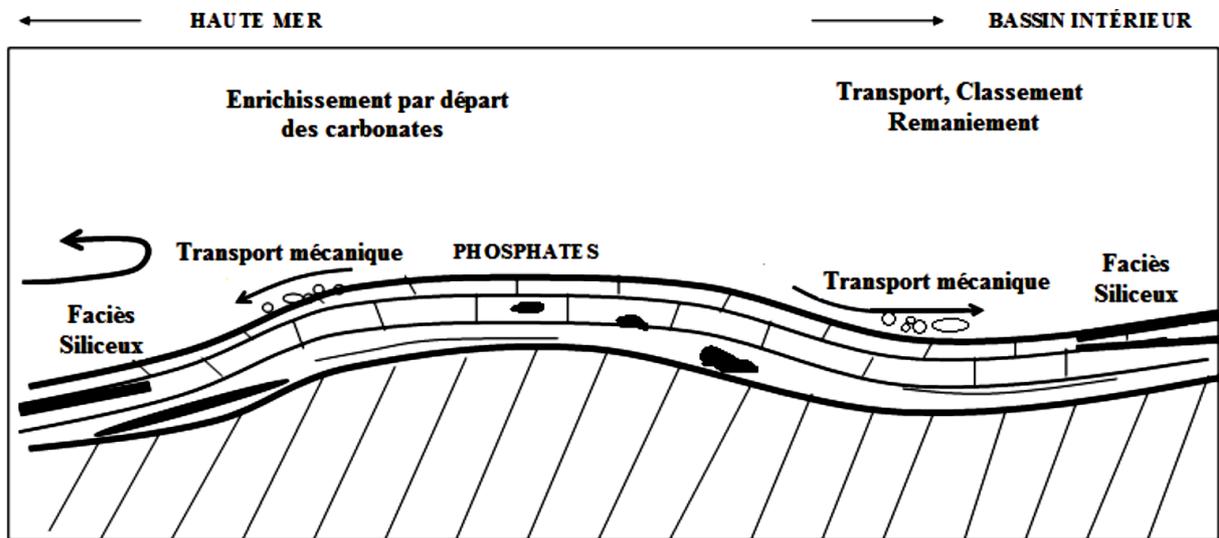


Figure 3 : Modèle de la phosphatogenèse D'après KEYSER et COOK (1972).

Pour Hite (1978) les bassins évaporitiques jouent un rôle essentiel dans la formation des phosphates. Ce modèle a été adopté pour les phosphates de Fom Selja à la Tunisie caractérisé par deux séquences gypseuses encadrant la séquence phosphatée (Lucas et al, 1979).

I.3 Principaux bassins phosphatés marocains (Fig. 4) :

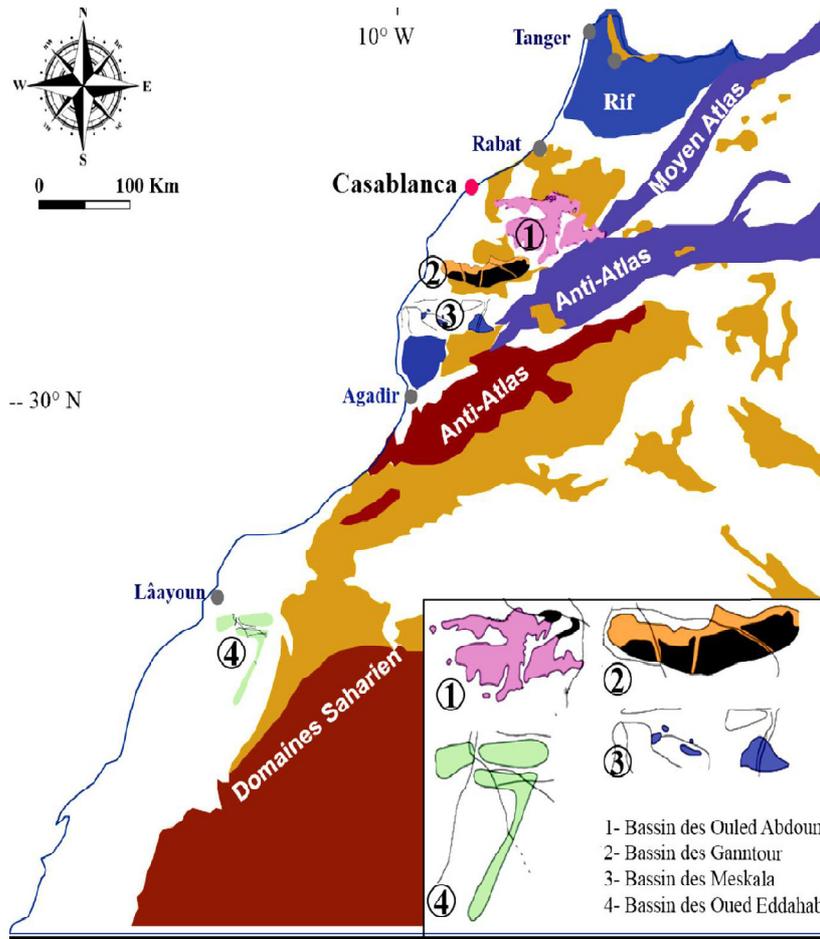


Figure 4: schéma structurale du Maroc et localisation des bassins phosphatés marocains. Piqué et al. (2001) modifié par H. El Haddi (2014).

-Bassin des ouled Abdoun

C'est le premier bassin reconnu et exploité au Maroc. Il est situé au nord de la meseta limité au sud par la plaine Beni Amir. Il occupe la moyenne partie du plateau des phosphates.

- Bassin de Gantour :

Le bassin de Gantour, s'inscrit dans un rectangle orienté Est-ouest de longueur 120 Km et de largeur de 20 à 30 Km, est situé entre les méridiens 7°10' et 8°35' et les parallèles 32°10' et 32°20', ses limites sont :

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

-Bassin de Meskala :

Le bassin de Meskala est situé dans la plaine d'Essaouira-El Haouz, limité par :

- Les Jbilet et les collines jurassiques de Mouissate au Nord.
- Le Haut Atlas au Sud.
- La plaine de l'Haouz à l'Est.
- La plaine côtière d'Essaouira.

Ce bassin est caractérisé par une série phosphatée dont la puissance totale varie entre 110m au Nord et 140 m au sud. Il est subdivisé en trois zones : Ouled Bou sbâa au Nord Est, zone Imin'Tanout au Sud Est et zone de Khémis Meskala à l'Ouest.

- Bassin d'Oued Eddahab :

Le bassin d'Oued Eddahab s'étend sur une superficie de 800 Km, dans la zone saharienne entre la Zone d'Eddchira au Sud-est de Laayoune et le sud de la ville de Dakhla où il se rétrécit. Il est limité par :

- **Les affleurements de la série phosphatée au Nord et au Nord-est.**
- **La ligne côtière à l'Ouest.**

I.4 La répartition stratigraphique des dépôts phosphatés dans le monde :

La répartition stratigraphique des dépôts phosphatés à l'échelle mondiale s'étale du Précambrien jusqu'à l'actuel. Le tableau 1 montre cette répartition spatio-temporelle des gisements phosphatés dans le monde (Cook et Mc Elhinny, 1979). (Tableau : 1).

Age	Exemple de Bassins phosphatés
Crétacé supérieur-Eocène	Bassin côtiers occidentaux et septentrionaux d'Afrique, Moyen orient, Aktynbinsk (Sud Oural, U.R.S.S) Olinda (Brésil).
Jurassique- Crétacé inférieur	Plaine Moscou-Volga ; Mexique
Permien	Gisement des montagnes Rocheuses Himalaya au Nord de Delhi en Inde
Ordovicien	Gisement de Tennessee
Cambrien	Gisement Queensland (Georgia bassin, Australie) Karatan en Syberie ; Yunnan en Chine ; Laos au Vietnam
Précambrien-infracambrien	Australie, Upper Peninsule dans le Michigan, Rajasthan Afrique Ouest (Ouest du fleuve Niger), partie orientale du Sénégal.

Tableau 1: Répartition chrono stratigraphique des gisements phosphatés dans le monde (Cook et Me Elhinny, 1979).

I.5-Production et usage de phosphate :

Au Maroc, les phosphates sont les premières ressources minières, car on a les gisements les plus importants de phosphate dans le monde (Fig.5). Ces derniers se caractérisent par leurs qualités marchandes, leurs diversités et leurs teneurs élevés en P_2O_5 .

On utilise les phosphates au développement de l'agriculture qui est la plus grande consommatrice d'engrais phosphatés. Les phosphates sont utilisés aussi dans la métallurgie (alliage), l'industrie chimique (pesticides, détergents), alimentaire, pétrolière (lubrifiant) et pharmaceutique.

Pays	Production (10 ⁶ kg)	Part mondiale (%)	Réserve mondiale (10 ⁶ kg)
 Chine	100 000	44,83	3 700 000
 Maroc	30 000	13,45	50 000 000
 États-Unis	27 600	12,37	1 100 000
 Russie	12 500	5,60	1 300 000
 Jordanie	7 500	3,36	1 300 000
 Brésil	6 700	3,00	315 000
 Égypte	5 500	2,47	1 250 000
 Tunisie	4 000	1,79	100 000
 Pérou	4 000	1,79	820 000
 Arabie saoudite	3 300	1,48	956 000
 Viêt Nam	2 700	1,21	30 000
 Australie	2 600	1,17	1 030 000
 Afrique du Sud	2 200	0,99	1 500 000
 Mexique	1 700	0,76	30 000
 Kazakhstan	1 600	0,72	260 000
 Algérie	1 200	0,54	2 200 000
 Inde	1 100	0,49	65 000
 Togo	1 000	0,45	30 000
 Sénégal	1 000	0,45	50 000
 Syrie	750	0,34	1 800 000
 Irak	200	0,09	430 000
Autres pays	2 600	1,17	380 000
Total	223 000	100	69 000 000

Figure 5: Production et réserves mondiales par pays de phosphate naturel en 2015 (USGS, 2016).

Chapitre II :

REPRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

II.1. Géographie et situation du secteur étudié:

II.1.1. Le cadre géographique (Fig.6):

Le bassin de Gantour, a un rectangle orienté E-W de longueur 120Km et de largeur 20 à 30Km.

Il est limité :

- Au Nord, par le massif paléozoïque de Rehamna.
- Au Sud, par le massif paléozoïque des Jbilet.
- A l'Est, par l'Oued Tassaout, affluent de l'Oued Oum-Er-Rabia.
- A l'Ouest, par les collines jurassiques de Mouissate.

II.1.2. Le cadre géologique :

Le gisement de Gantour représente un élément important de la couverture sédimentaire du domaine de la meseta marocaine, vieux massif hercynien qui n'apparaît qu'en trois endroits : au NE en formant du Maroc central ; centre en deux massifs qui encadrent les Gantour : le massif primaire des Rehamna au Nord et les Jbilet au Sud.

Du point de vue tectonique, deux directions essentielles de plissements et des fractures apparaissent:

- Une direction NE-SW, ou direction atlasique, bien marquée dans la chaîne atlasique et dans le massif de Maroc central.
- Une direction N-S, ou direction mésetienne très visible dans les Rehamna et les Jbilet, moins bien marquée dans le Maroc central.

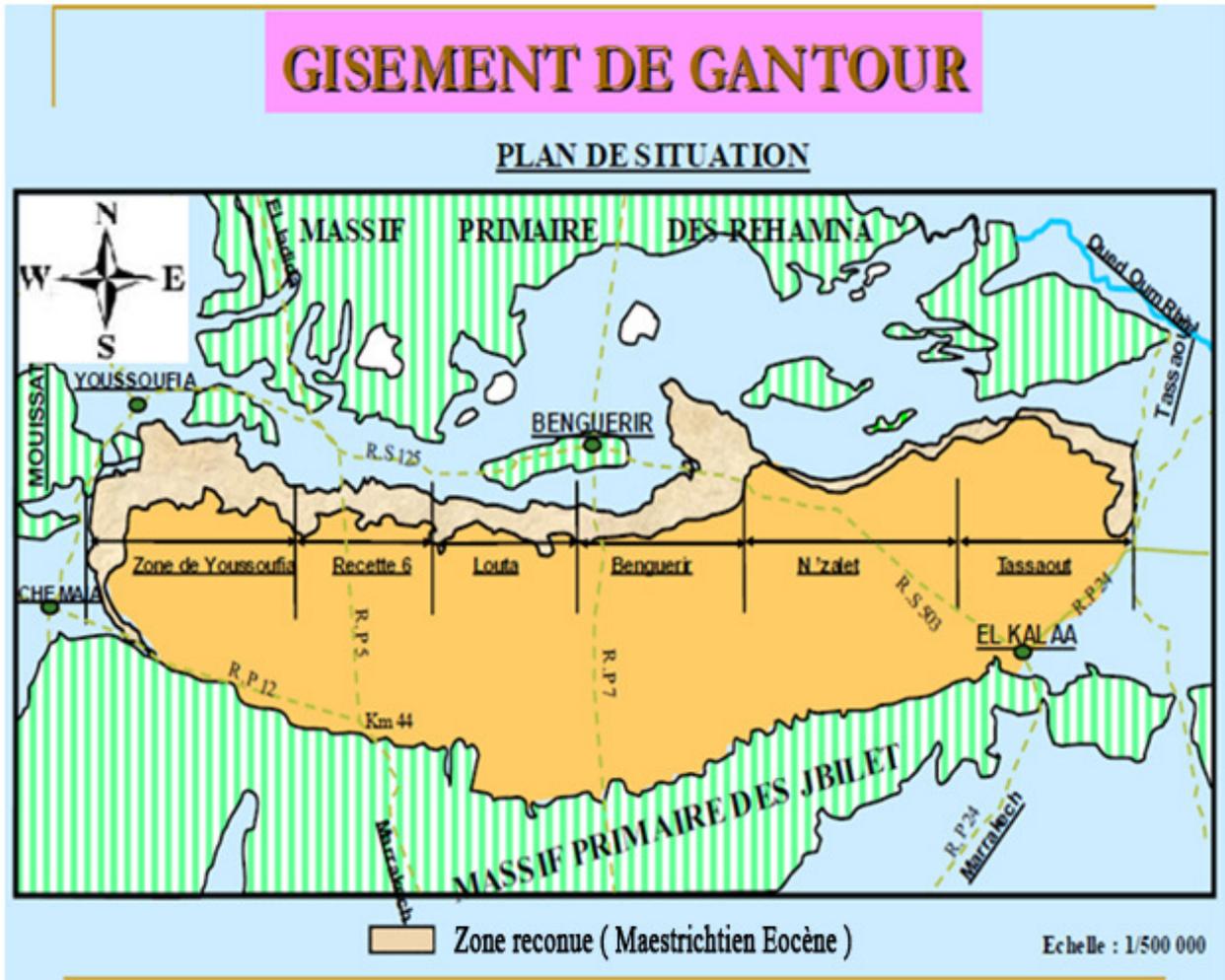


Figure 6: Plan de situation du gisement de Gantour (D'après l'OCP, 2014).

Le centre minier de Ben guérir a été ouvert en 1979. L'exploitation y est menée à ciel ouvert. Elle touche l'ensemble des niveaux phosphatés d'intérêt économique. Le centre minier de Ben guérir (Nord et Sud) a été ouvert en 1979. L'exploitation y est menée à plusieurs panneaux explorés puis exploités successivement. Nos investigations ont porté sur le panneau 7 (Fig.6') en cours d'exploration. Il est long de 4,3Km et large de presque 1,4Km. Sa surface est donc d'environ 6 km². Il se rattache à l'ensemble du secteur de Ben guérir Nord par les panneaux 4 au Nord, 3 au Sud et 2 à l'Ouest. A l'Est, il est limité par une zone non encore explorée. Ses coordonnées Lambert sont (X min =272753 ; X max=274130 et Y min=184750 ; Y max=18900.

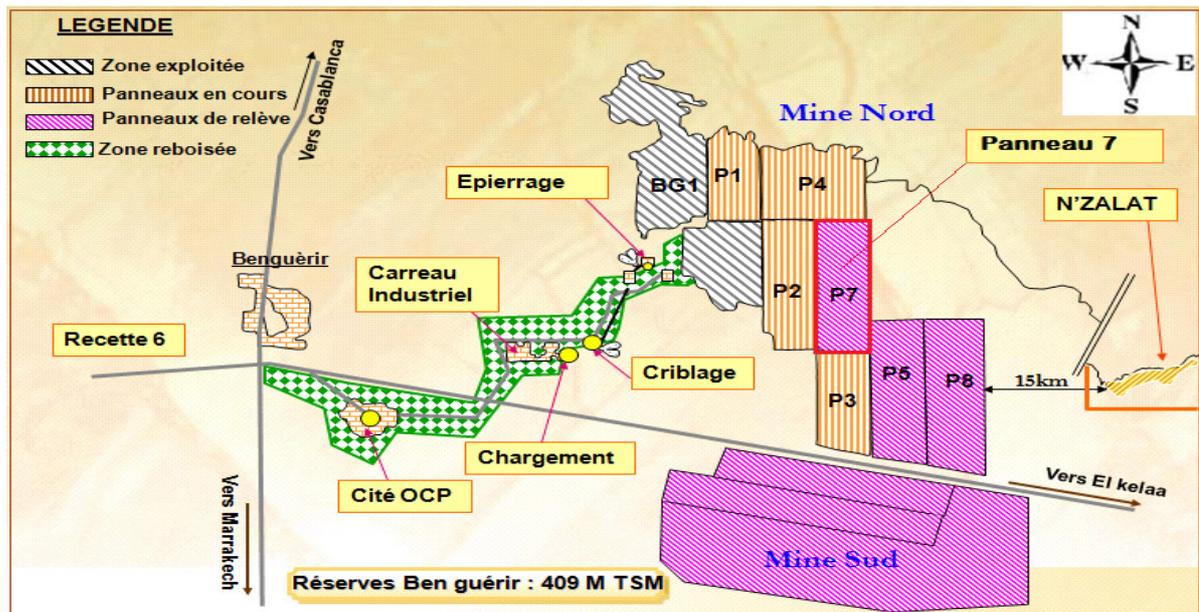


Figure 6' : Plan de situation du panneau 7 (D'après l'OCP, 2014)

II.1.3. La géologie structurale du bassin Gantour:

Le gisement de Ben Guérir est caractérisé par une structure générale tabulaire. Celle-ci est localement perturbée par la présence de failles ou de flexures 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. La flexure de Bout El Mezoud entre le gisement de Ben Guérir et celui de N'zalet Laararcha constitue un trait structural important dans la région.

II.1.4 Aperçu climatologique :

Le Maroc, au voisinage de l'Océan et du désert, subit en été les conditions de la zone aride chaude ; en hiver, il subit l'influence du domaine tempéré océanique. C'est un climat tempéré chaud de type méditerranéen.

L'humidité due à l'Océan s'atténue dès qu'on s'éloigne vers l'intérieur du pays. C'est ainsi que les Gantour forment une importante zone aride, caractérisée par une moyenne annuelle de température proche de 20°, avec un régime thermique très contrasté : hivers rigoureux, étés chauds et secs. Les précipitations rares (33 à 42 jours par an) sont faibles. L'écoulement dans les oueds est limité aux crues, la végétation est très maigre.

II.1.5-Aperçu hydrogéologique :

Le gisement de Gantour correspond à une zone noyée dont la superficie et les ressources sont plus importantes que celles de la zone sèche (zone d'affleurement).

Le complexe aquifère du bassin de Bahira Gantour se présente sous forme d'un empilement de 3 niveaux :

- La nappe inférieure ou nappe maastrichtienne.
- La nappe intermédiaire nappe danienne-thanétienne.
- La nappe supérieure ou nappe yprésienne.

- **Nappe inférieure :**

C'est une nappe captive emmagasinée dans les formations comprises entre les argiles yprésiens et les argiles maastrichtiennes, c'est-à-dire, située entre la couche 1 et les argiles du mur de la couche 2. Cette nappe présente de très faibles caractéristiques hydrodynamiques. Sa charge est située en moyenne à une vingtaine de mètres en dessous de la charge de la nappe supérieure.

- **Nappe intermédiaire :**

Cette nappe est encadrée par la couche 1 et les argiles yprésiens, caractérisée par sa faible perméabilité à cause du faciès marneux du Thanétienne et la présence de matière organique qui bouche les pores.

- **Nappe supérieure :**

Elle est localisée dans les formations qui surmontent les argiles yprésiens. Ces dernières jouent le rôle de substratum pour cette nappe.

II.2 Stratigraphie de la série phosphatée :

Du point de vue stratigraphique, la série phosphatée formée par les dépôts de phosphate, s'étend du Maastrichtien au Lutétien, (Boujo, 1972). Cette série est constituée par une alternance de niveaux de roches phosphatées, meubles à plus ou moins indurées et de niveaux stériles nommés intercalaires qui sont de nature lithologique variée (argile, marnes, calcaires et silte....). L'ensemble est coiffée par une dalle carbonatée appelée dalle à Thersite.

II.2.1. Les découpages de la série phosphatée:

a. Le découpage lithologique:

La série phosphatée de Ben Guérir est constituée d'une alternance des couches de phosphate et des niveaux silico-carbonatés stériles (intercalaires) :

- **Les couches :**

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 :

- Sous-couche supérieure : Teneur faible en BPL.
- Sous-couche médiane : Teneur moyenne en BPL.
- Sous-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 :

1. Sous-couche supérieure : Formée de phosphate meuble beige plus ou moins marneux. Sa teneur en BPL est toujours faible.

2. Sous-couche inférieure : Formée de phosphate meuble qui contient souvent du calcaire siliceux. Sa teneur en BPL est importante.

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) :

1. Sous-couche supérieure : Formée de phosphate meuble avec un banc de calcaire siliceux sur le toit. Sa teneur en BPL est importante.

2. Sous-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.

Les sillons A : Les analyses chimiques et leurs structures ont donné trois niveaux :

1. Sillon A3 : Constitué d'un phosphate meuble calcifié à faible teneur en BPL.
2. Sillon A2 : Il est exploité et constitué de fossiles caractéristiques.
3. Sillon A1 : Constitué d'un phosphate calcifié et marneux et non exploité à cause de la présence de marnes friables.

Les Sillons B : Constitué d'un phosphate sableux grossier avec rognons de silex. Sa teneur en BPL est importante.

Les intercalaires : Ce sont des niveaux stériles qui existent le long de la série phosphatée, on peut trouver :

1. Calcaire : Roche sédimentaire carbonatée de dureté faible.
2. Argile : Roche sédimentaire à grains très fins, carbonatée et fait pâte à l'eau.
3. Marne : Roche sédimentaire constituée d'un mélange d'argile et de calcaire.
4. Silex : Roche sédimentaire constituée principalement de la silice, elle est dure et de cassure conchoïdale.

b- Découpage chrono-stratigraphique :

Le découpage chrono-stratigraphique est une organisation des strates en unités géologiques en fonction de leur âge. Nos levés de terrain nous ont permis de proposer la succession chrono stratigraphique des dépôts de notre secteur d'étude, qui s'étendent 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

La figure 7 représente le log lithostratigraphique de la série phosphatée de la région de Ben Guérir La figure 8 représente la lithostratigraphique synthétique du panneau 7 du gisement de Ben Guérir.

Cette colonne comporte plusieurs indications de la gauche vers la droite :

- **Prof (m):** profondeur de toit et de mur de chaque niveau phosphaté et stérile.
- **Log :** les motifs des remplissages habituels de chaque niveau.

- **Lithologie** : la composition lithologique de chaque niveau.
- **BPL(%)** : (Bone Phosphate of lime) ou Phosphate de chaux os, il se varie selon les analyses de l'échantillon représentatif.
- **Age** : âge de niveau phosphaté et intercalaire.

DECOUPEGE CHRONOSTRATIGRAPHIQUE		DECOUPEGE SEQUENCIEL	LOG LITHOLOGIQUE	PROF	COUCHE	PUISS	BPL%	DESCRIPTION LITHOLOGIQUE				
TERTIAIRE	PALEOGENE	LUTETIEN		0.00				A luvions et terra végétale				
				2.20				Mame, mame siliceuse, bancs discontinus de silex				
				2.80	D			Sable Phosphaté				
				4.30				Mame, mame siliceuse et silex				
				5.10	C			Sable Phosphaté				
		YPERSIEN	MEGASEQUENCE YPERSIENNE		8.00				Argile			
					8.90	B	0.90	6.42	Phosphate sableux, argile au toit			
					10.50				Mame et argile			
					11.30	AB			Sable phosphaté			
					12.20				Mame + calcaire argileux au toit			
					15.32	A1			Sable phosphaté +/- calcifié			
					18.75	A2	3.43	57.87	Phosphate sableux			
					20.50	A3			Sable phosphaté, calcaire au toit et au mur			
					THANETIEN	MEGASEQUENCE THANETIENNE		28.60				Mame siliceuse mame et calcaire argileux, bancs discontinus de silex au toit
								28.90				Sable mameux calcifié
	30.50							calcaire phosphaté argileux à la base				
	30.50	C0	2.68	63.34				Phosphate sableux				
	31.21							Calcaire phosphaté discontinu				
	31.88	C1	2.68	63.34				Phosphate sableux oolithique				
	33.18							Mame, mame siliceuse et calcaire, passée de sable Phosphate induré				
	SECONDAIRE	CRETACE SUPERIEUR	MASTRICHTIEN "Phosphaté"		36.18				Mame, mame siliceuse et calcaire, passée de sable Phosphate induré			
					37.85	C2SUP	1.68	64.87	Phosphate sableux mameux au toit Bone bed au mur			
					40.00	C2INF			Sable mameux phosphaté +/- calcifié au toit et à la base			
					42.55				Argile jeune + mame 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				Mame et mame siliceux			
46.80					C4	1.44	63.78	Phosphate sableux à rongrons de calcaire siliceux				
48.60								Mame, mame siliceuse et silex				
49.70								Sable mameux phosphaté bancs lent de mame siliceuse				
51.45								Mame siliceuse mame et silex				
53.40					C5	2.75	59.60	Sable mameux phosphaté, calcaire siliceux au toit phosphate sableux, cal. phos au tiers inférieur & au toit				
54.20				Mame siliceux à silex, passée irrégulière de phosphate sableux vers le haut								
57.05				Phosphate sableux organo-détritique								
57.20	C6	0.45	64.51	Phosphate sableux organo-détritique								

Figure 7 : Log stratigraphique synthétique de la série phosphatée de Ben Guérir (OCP, 2013).

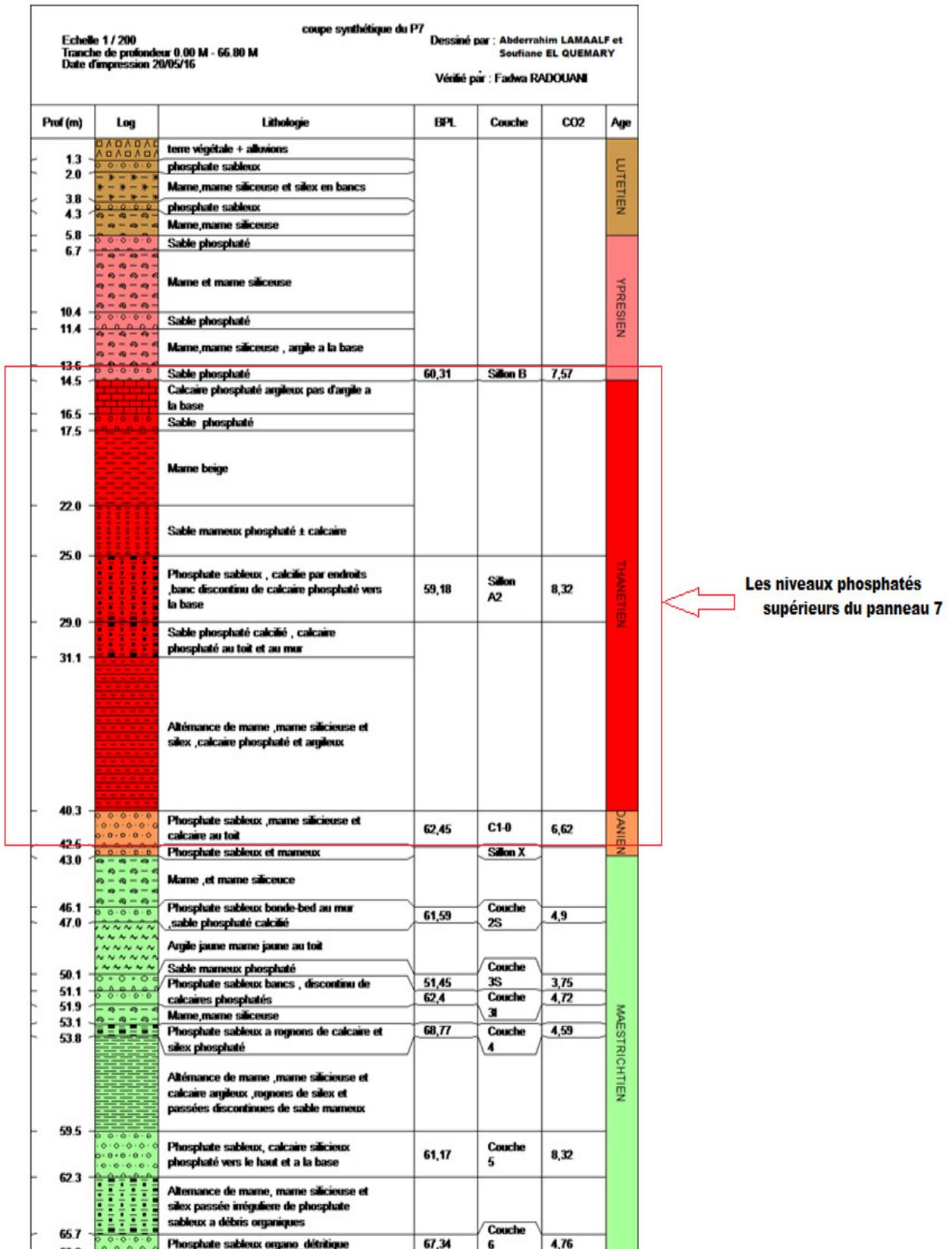


Figure 8 : Coupe synthétique du panneau 7 du gisement de Ben Guérir.

Notre étude concerne les couches C0, C1, les sillons SA2 et SB, qui constituent les niveaux supérieurs du panneau 7 du gisement de Ben Guérir.

c -Découpage adopté pour l'exploitation :

Pour exploiter une zone phosphatée, il faut la diviser en un certain nombre d'éléments (Fig. 9) :

Panneaux : Chaque panneau correspond à un terrain ou une portion du gisement dont l'étendue est limitée en fonction de facteurs tels que le nombre de couches phosphatées en présence, le recouvrement et la qualité du phosphate (teneurs en BPL). Chaque exploitation d'un panneau, commence par la mise en place d'une partie de largeur comprise entre 60 et 70 m appelée « Box- Cut ».

Tranchées : Une tranchée correspond donc à une partie ou une unité du panneau dont la longueur est celle de tout le panneau et la largeur d'environ 40m

Cases : Une case est une unité de tranchée longue de 100m et large de 40m.

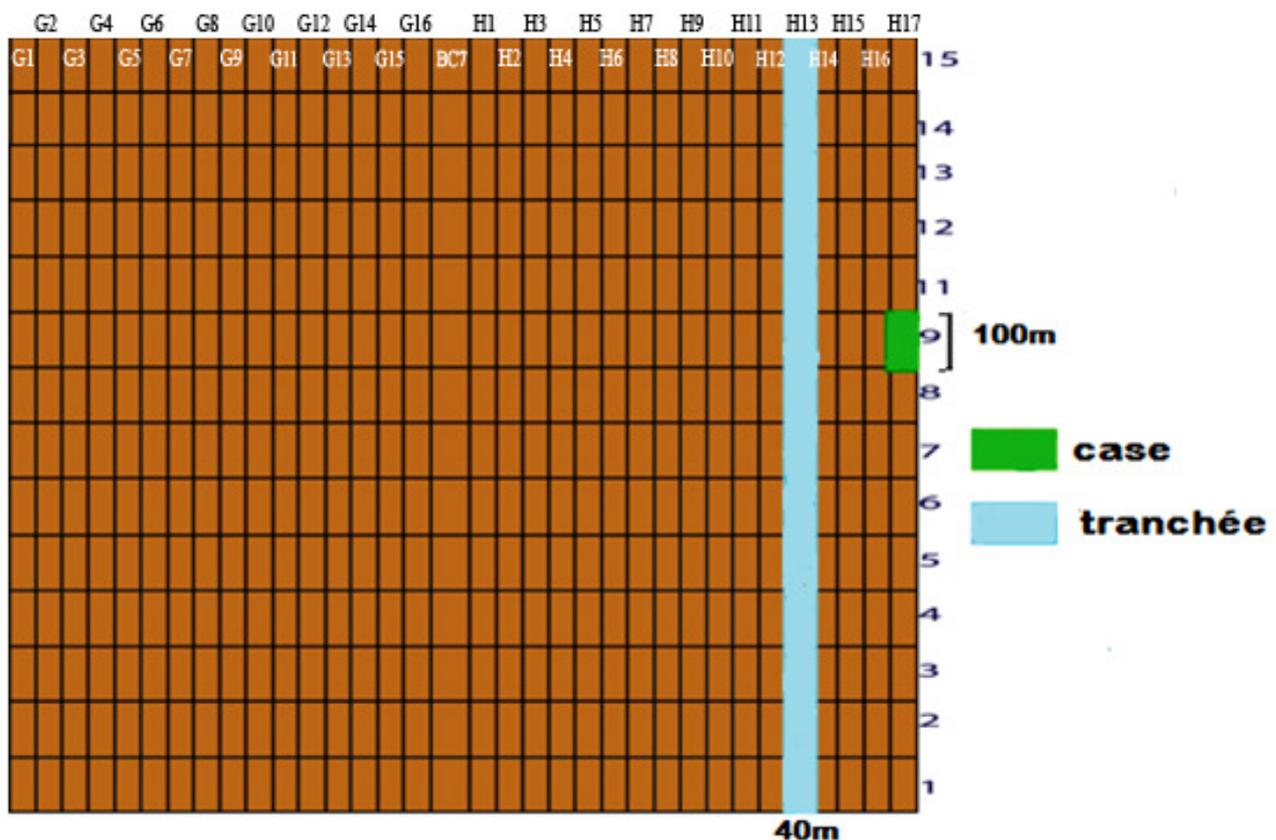


Figure 9 : Schéma de découpage d'une partie du panneau 7 (de la case 1 à la case 15).

Actuellement, la zone minéralisée de Ben Guérir est divisée en huit panneaux en cours d'exploitation. Chaque panneau est découpé en tranchées parallèles orientées Nord – Sud. Le panneau 7 qui est notre zone d'étude, présente une longueur de 4,3Km et une largeur presque de 1,4Km, avec une série de 34 tranchées (de G1 à G16, Box- Cut 7 et H1 à H16), et chaque tranchée contient 43 cases.

Chapitre III :

ETUDE GEOMINIERE DES NIVEAUX SUPERIEURS DU PANNEAU 7 DE LA MINE NORD DE BENGUERIR

L'OBJECTIF DU PRESENT TRVAIL :

Le sujet abordé dans le cadre de notre stage est une étude géominière des niveaux supérieurs (C1-0, SA2, SB) du panneau 7 du gisement phosphaté de Ben Guérir au Maroc. La méthodologie adoptée consiste en le traitement des données recueillies sur le terrain par les logiciels **ArcGIS** et **AutoCAD**. Ces données sont utilisées pour élaborer des cartes iso-puissance, iso-teneur et listings case des niveaux supérieurs du panneau 7.

- Les cartes structurales permettent de suivre la disposition des couches dans l'espace en tenant compte de leur pendage.
- Les cartes d'iso-puissances permettent de visualiser la variation et l'évolution dans l'espace des épaisseurs des couches phosphatées supérieures du panneau 7.
- Les cartes d'iso-teneurs permettent de délimiter dans l'espace les zones à forte teneurs notamment en BPL et Co_2 , et donc d'orienter l'extraction.
- Les listings cases sont nécessaires puisqu'ils regroupent l'ensemble des informations précédentes pour pouvoir répondre aux demandes et aux critères en termes de qualité imposées par les clients sur le marché.
- Enfin, un essai de calcul des réserves pour chacune des couches phosphatées étudiées a été réalisé.

III.1.Aperçu sur les logiciels utilisés :

Excel : C'est un tableur ; c'est-à-dire un programme permettant gérer tous types de données numériques, textuelles, etc. Il est capable d'effectuer de nombreux calculs très rapidement.

ArcGIS : C'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. Il permet la publication des informations géographiques afin qu'elles puissent être accessibles et utilisables par quiconque.

AutoCAD: c'est un logiciel de dessin assisté par ordinateur, créé en 1982 par Autodesk. Il est utilisé dans plusieurs domaines. C'est un logiciel de dessin technique pluridisciplinaire: Industrie, Cartographie, Topographie, Électronique, Architecture, Mécanique.

Son succès est surtout dû au fait qu'il permette à l'utilisateur de créer ses propres menus et de développer des applications.

III.2.préparation des bases de donnés :

L'étude d'un niveau phosphaté consiste à rassembler les données sur un dossier Excel qui sera utile par la suite dans le travail informatisé sur ArcGIS, dans le but d'étudier la variation des teneurs et des structures d'une couche a une autre. La base des données est basée sur des puits de la prospection et de l'exploration.

Les puits du panneau sont classés selon des profils (Est-Ouest, Nord-Sud), chaque puits porte des valeurs qui caractérisent la géologie de la zone tel que (X, Y, Z, BPL de chaque couche, la puissance phosphaté, la puissance totale, les faciés, la nature stratigraphique...).

A partir des puits on calcule z du toit, z du mur. La teneur pondérée pour chaque couche exploitable.

Les tableaux (ANNEXE II) représentent la base de données calculée et utilisée en ArcGIS pour établir les différentes cartes des niveaux supérieures C1, C0, SA2 et SB du panneau 7.

III .3. Etablissement des cartes:

III .3.1 Carte structurale :

C'est une carte qui représente une succession de courbes de même équidistance. Ces courbes sont obtenues à partir de l'interpolation des points ayants les mêmes côtes de toit (ou de mur) d'une même couche dans une zone bien définie. La carte structurale a pour objectif l'étude de la structure d'une couche.

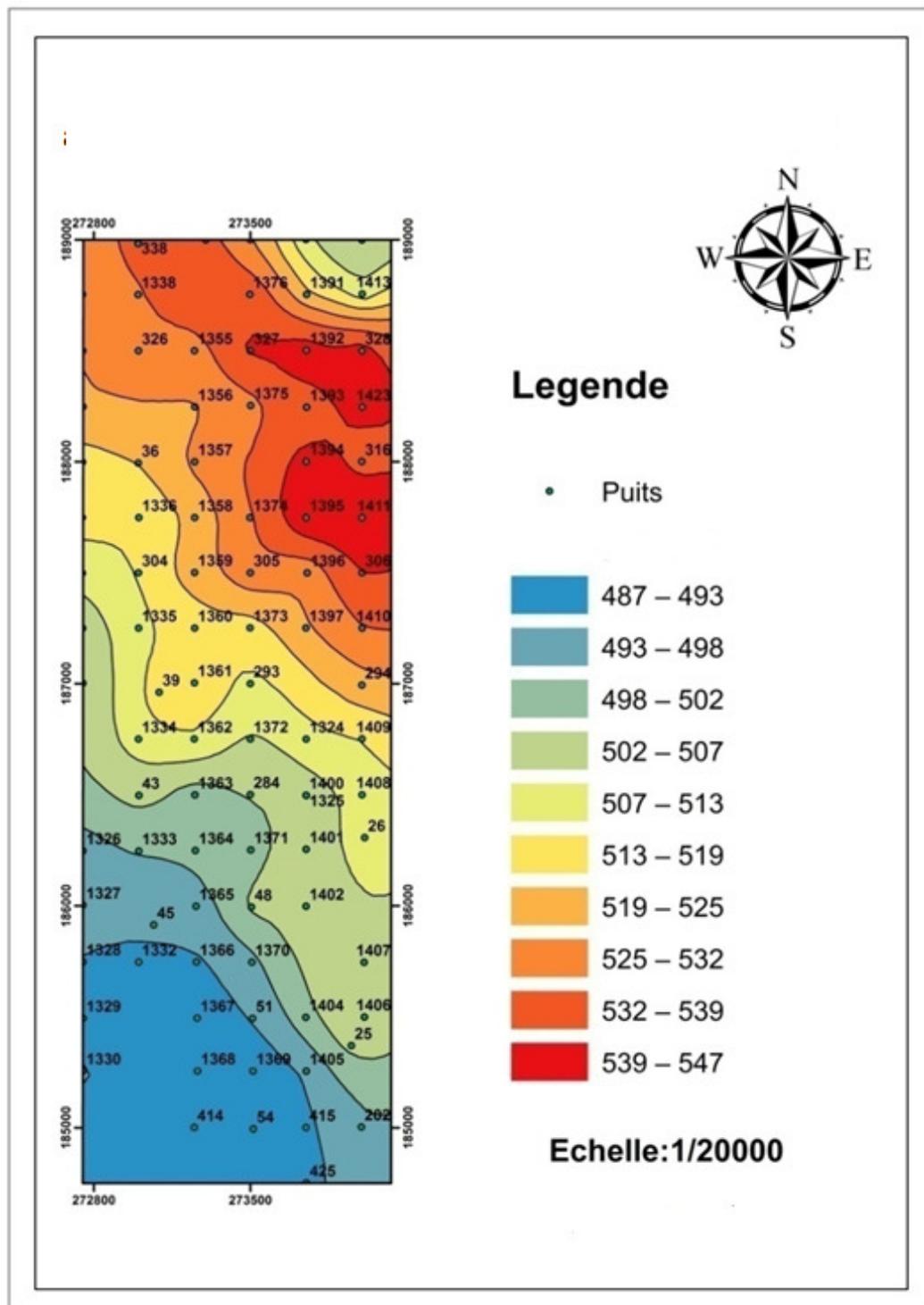


Figure 10.a : Carte structurale de la couche (C0).

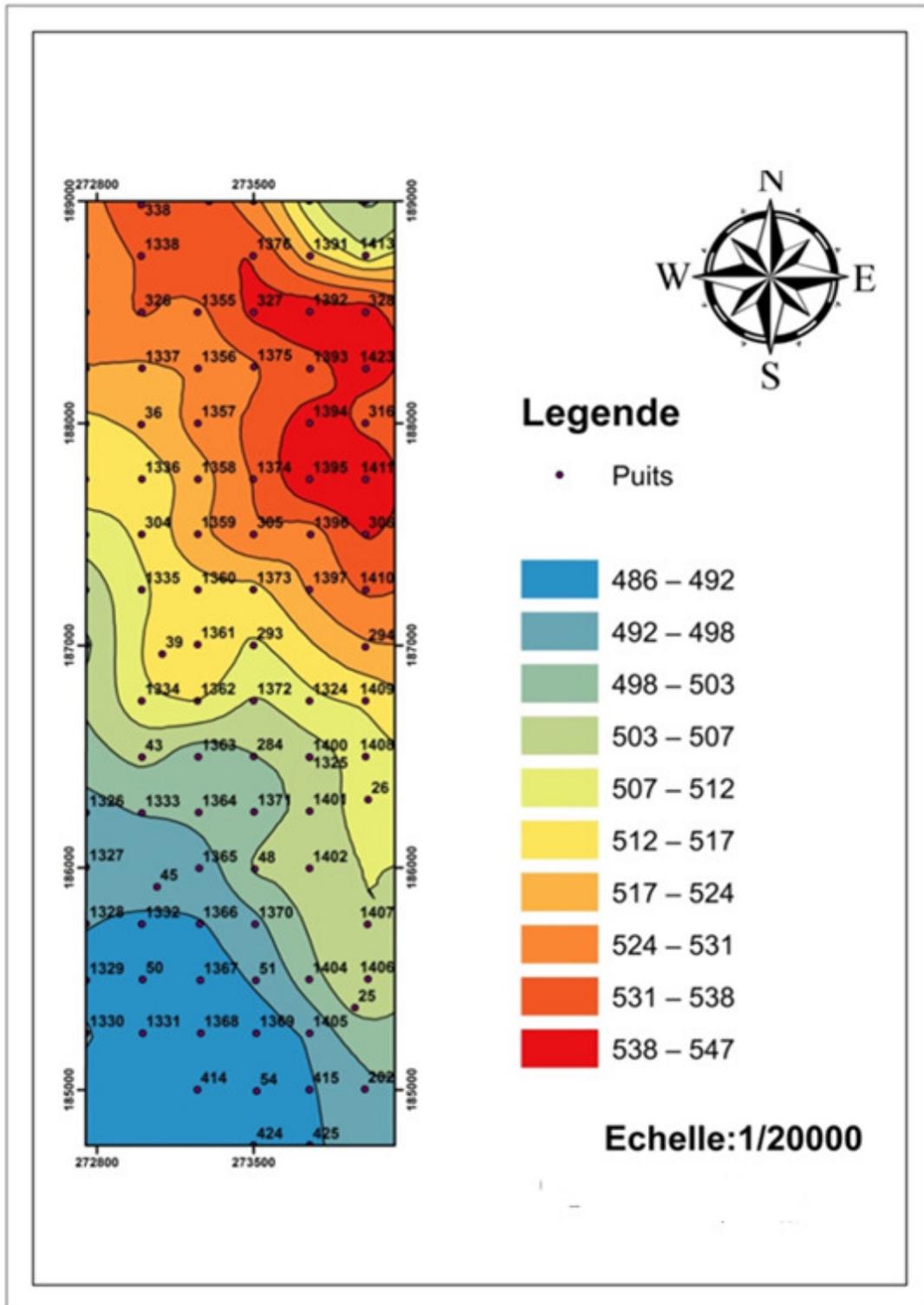


Figure 110.b : Carte structurale de la couche (C1).

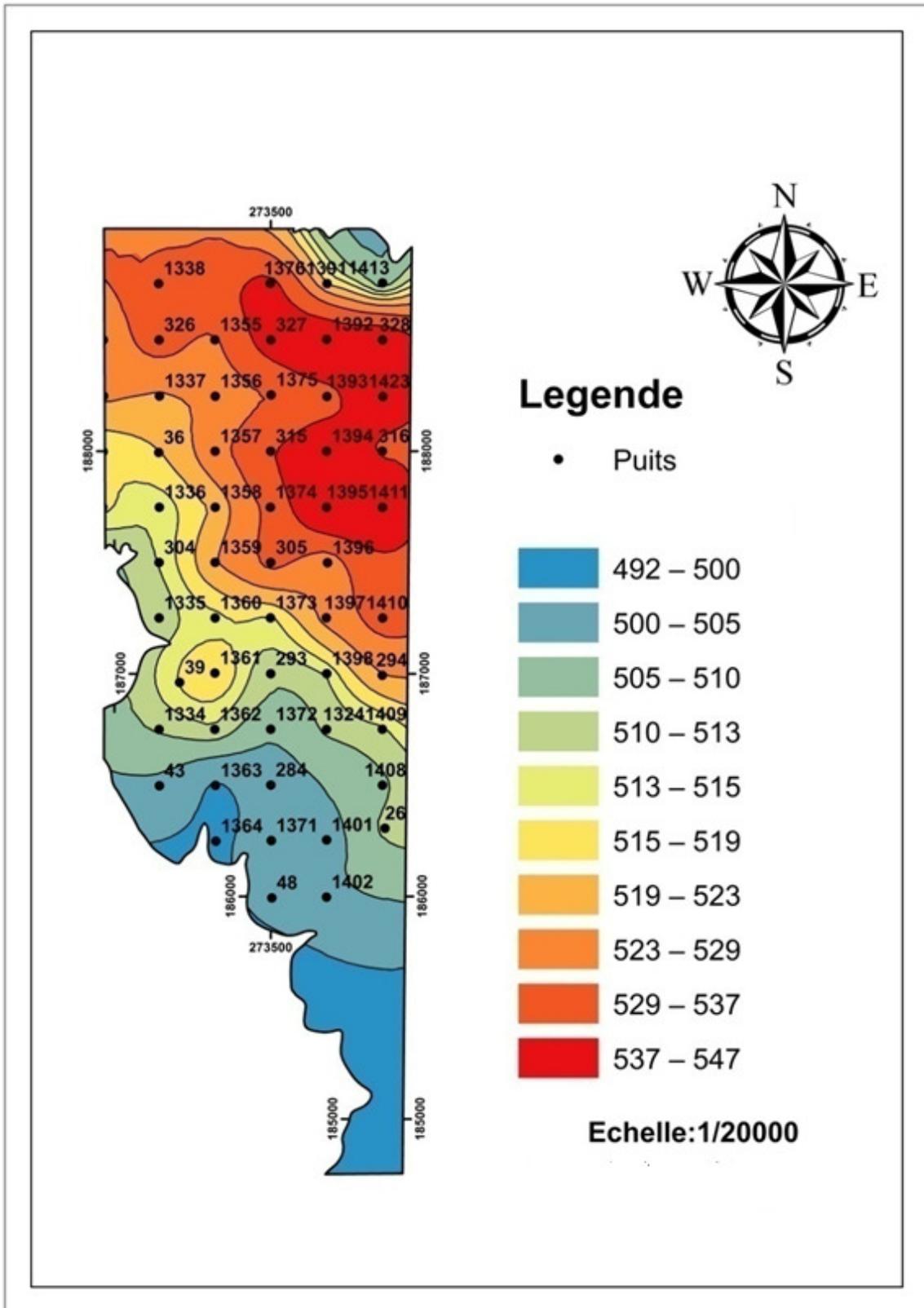


Figure 10.c : Carte structurale du sillon (SA2).

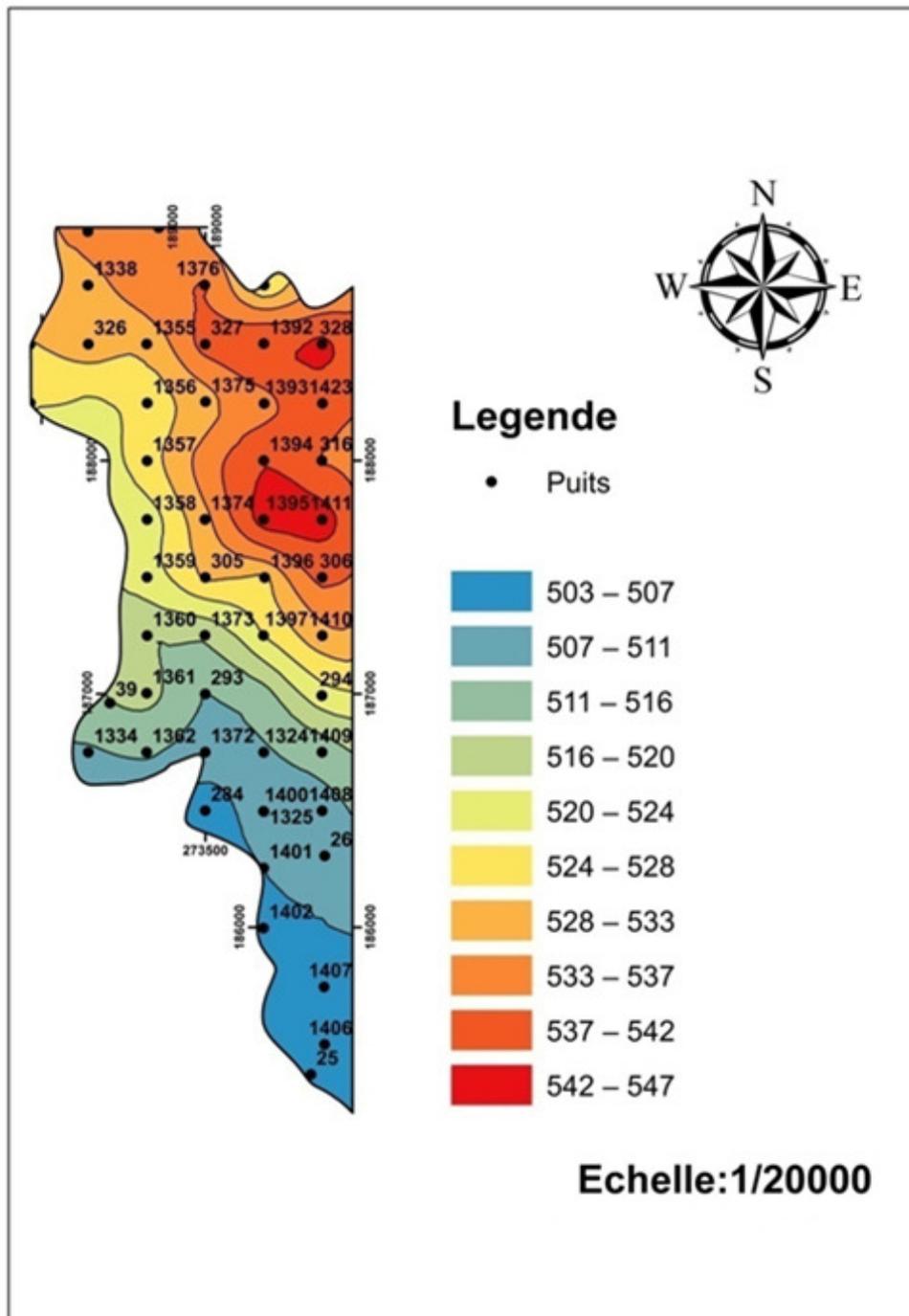


Figure 10.d : Carte structurale du sillon (SB).

- **Commentaire :**

L'examen de toutes les cartes (Fig.10a,b,c,d) montre que les courbes structurales ont la même allure et plus ou moins espacées. Ceci révèle que tous les niveaux dessinent un dispositif monoclinale, avec un faible pendage vers sud-ouest. (z est plus élevé en nord-est).

III.3.2 Cartes iso-puissances (cartes isopaches) :

La carte d'isopaches est formée par l'ensemble des courbes joignant les points ayant la même épaisseur d'une même couche et qui sont tracés suivant une équidistance constante.

Elle a pour but de déterminer :

- La variation des puissances par zone et par couche.
- L'orientation de la méthode de l'exploitation.

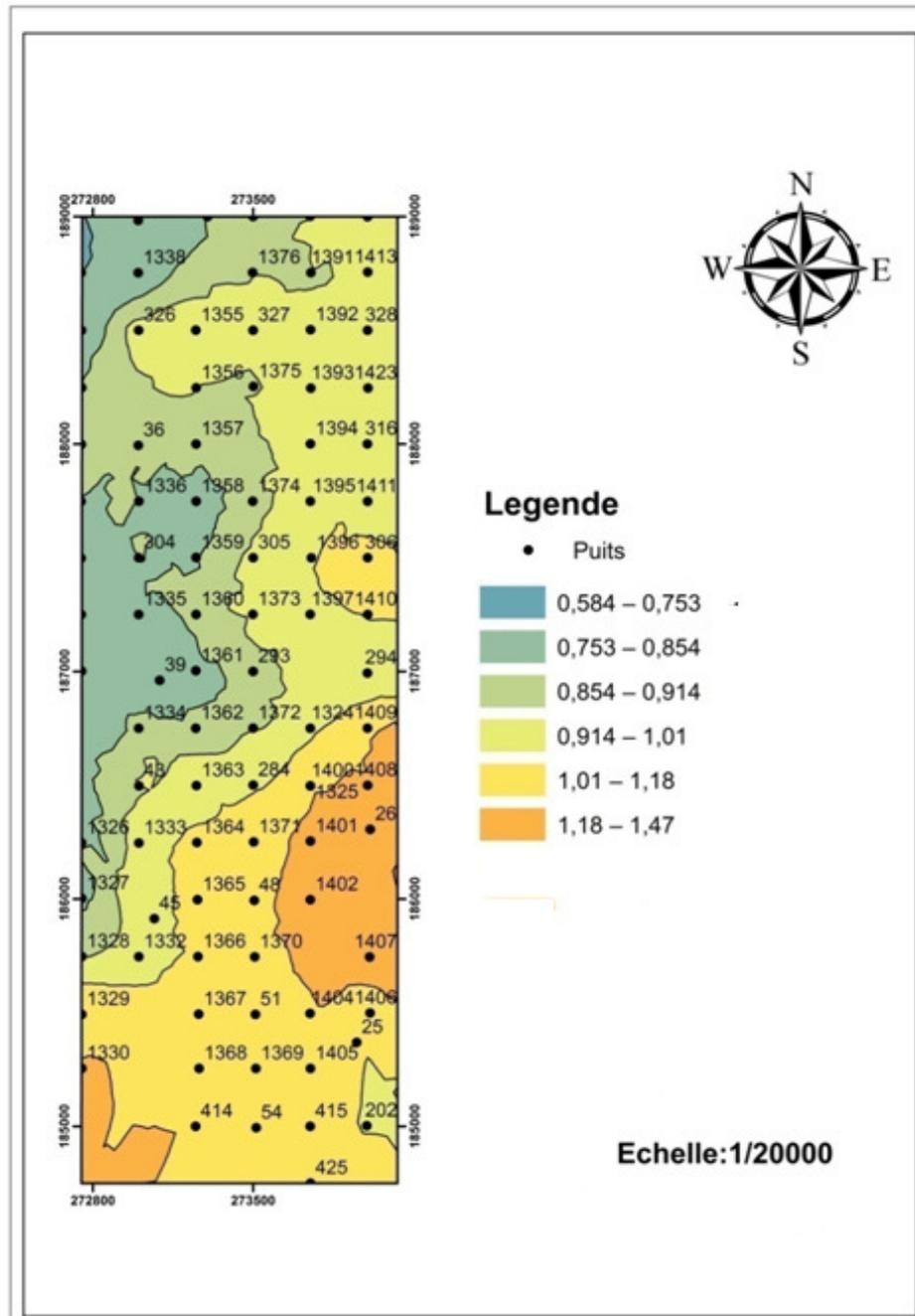


Figure 11.a : Carte iso puissance de la couche (C0).

- **Commentaire :**

La carte (Fig.11.a) montre que la puissance la plus faible est située à l'ouest du panneau 7 avec une moyenne de 0,8m. Cette puissance augmente en allant vers l'est et le sud-ouest où elle atteint 1,47 m. Cette variation de puissance est à mettre en relation avec la paléo morphologie de la surface de dépôt à l'époque thanétienne-yprésienne.

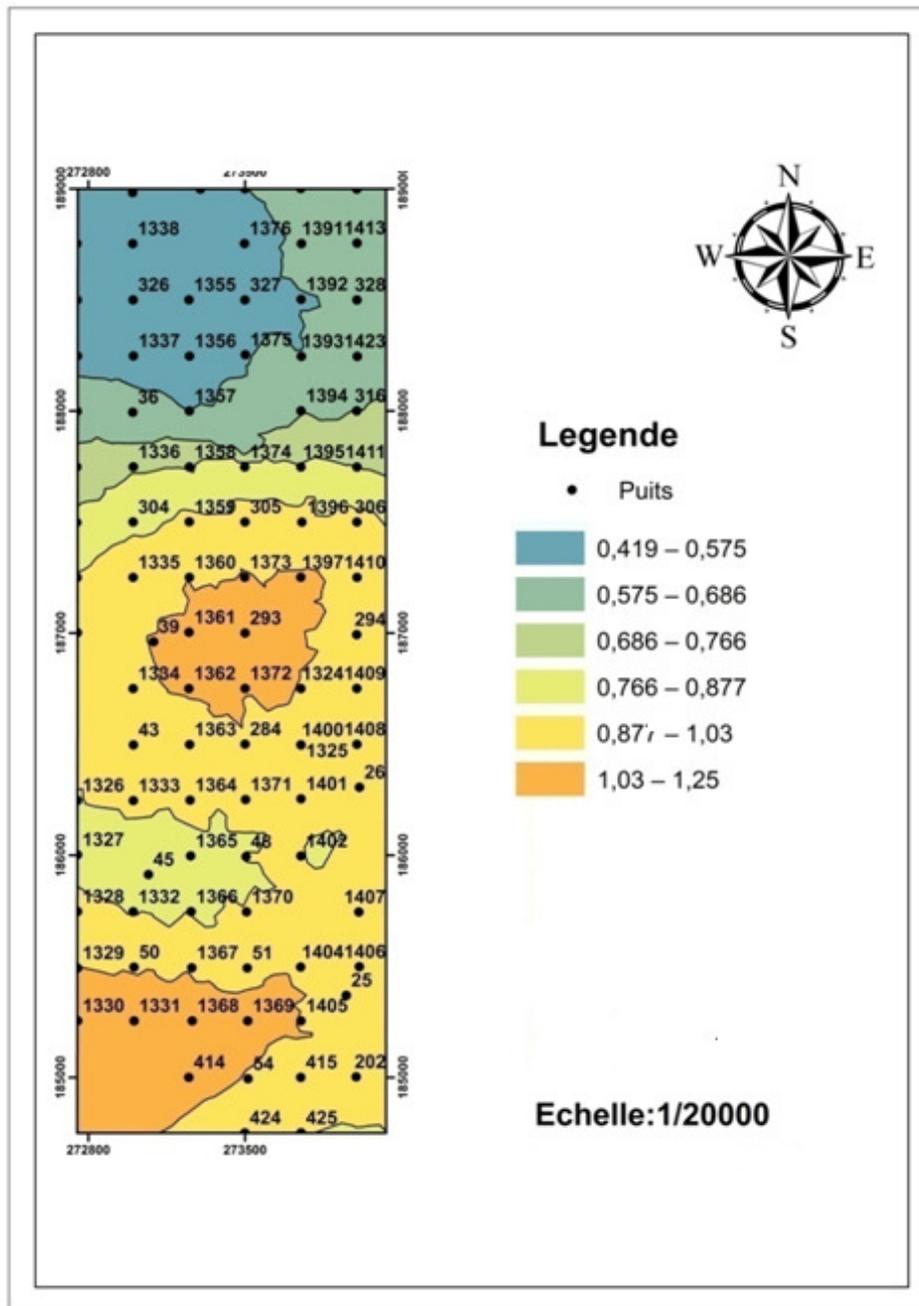


Figure 11.b : Carte iso puissance de la couche (C1).

- **Commentaire :**

La puissance la plus faible de la couche C1 se situe dans le nord-ouest du panneau avec une moyenne de 0,3m. Cette puissance augmente en allant vers le sud et vers le centre où elle atteint

1,25m. les épaisseurs les plus dominantes sont 0.877 et 1.03m (Fig. 11.b). Cette évolution pourrait être liée à la tectonique à l'époque de dépôt avec probablement une tectonique en blocs basculés.

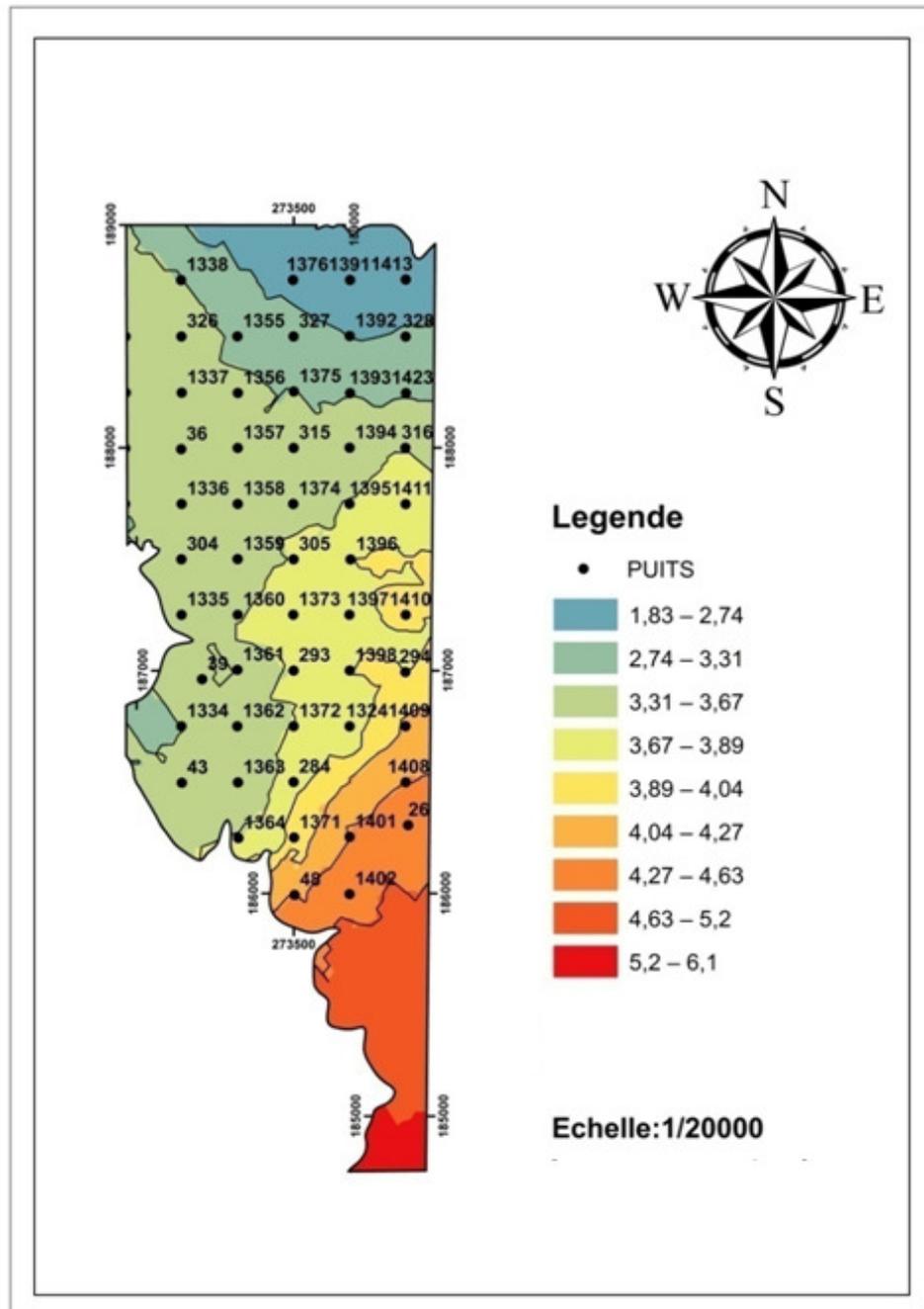


Figure 11.c :Carte iso puissance du sillon(SA2).

- **Commentaire :**

La puissance la plus faible se trouve dans le nord du panneau avec une moyenne de 2,28m. Cette puissance augmente en allant vers le sud pour atteindre les 6m (Fig. 11.c). L'évolution

générale de la puissance de SA2 est progressive et pourrait être expliquée par les variations eustatiques, la tectonique et la subsidence.

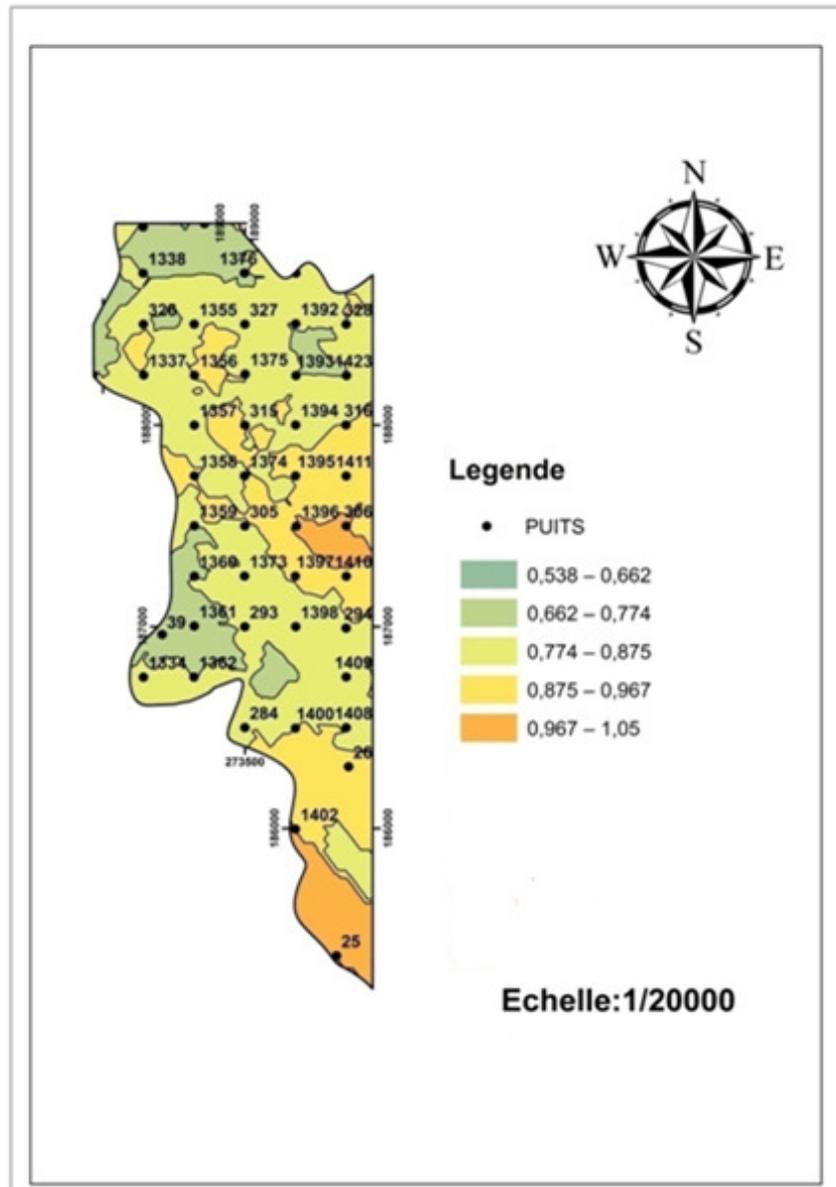


Figure 11.d : Carte iso puissance du sillon (SB).

- **Commentaire :**

La puissance la plus élevée est en moyenne 1m se trouve à l'est et au sud du panneau 7. La puissance la plus faible est en moyenne 0,6 m se localise à ouest et au nord (Fig.11.d). Généralement les puissances plus dominantes sont 0,774 et 0,875 m atteste donc d'une tectonique très peu active au Thanétien et à l'Yprésien.

Remarque : On constate donc une variation latérale d'épaisseur dans les 4 cartes, ceci témoigne probablement de l'interaction des conditions du milieu de dépôt et de la tectonique à l'époque du dépôt.

III.3.3 Cartes isoteneurs :

Elle représente la variation des paramètres : BPL/brut, BPL/lavé, Co₂, MgO, Cadmium, Silice.

On utilise le même principe d'établissement des cartes structurales

Elle a pour but de déterminer la variation des teneurs par zone et par couche.

a. Cartes iso teneurs en BPL % :

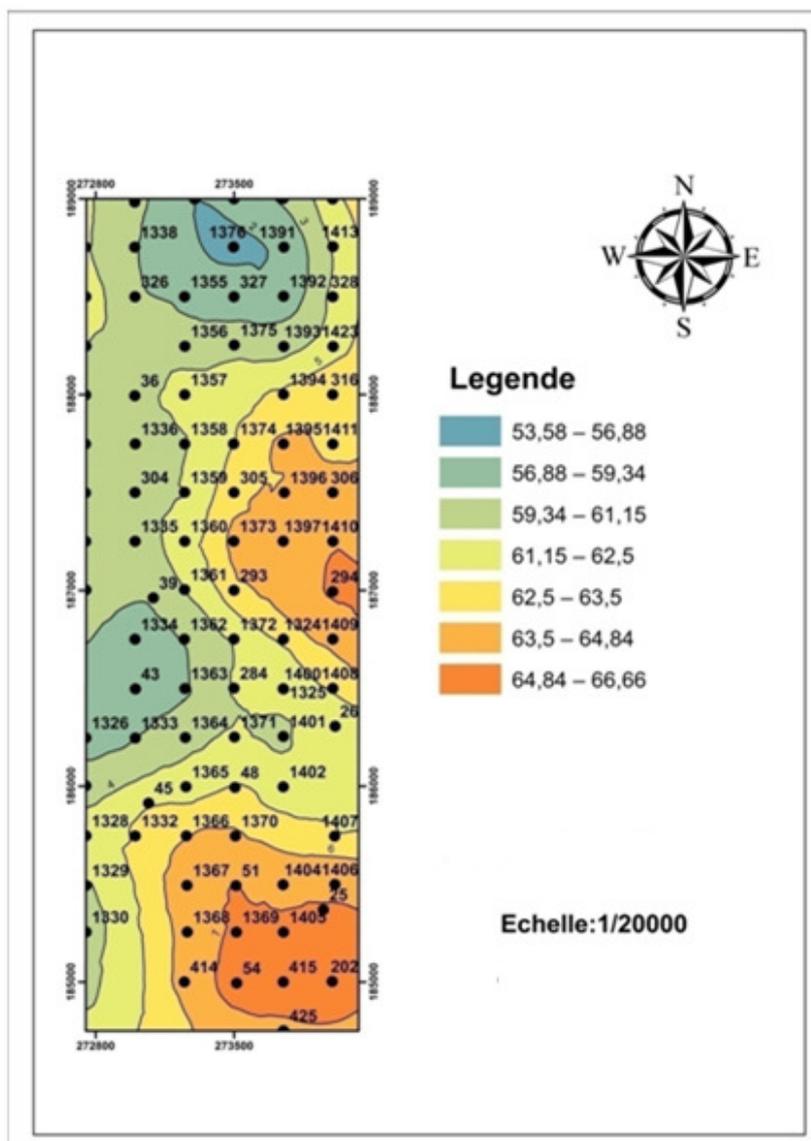


Figure 12.a : Carte iso teneur en BPL de la couche (C0).

- **Commentaire :**

La teneur la plus faible en BPL se trouve au nord et à l'ouest du panneau avec une moyenne de 51,54% en BPL. Cette teneur augmente en allant vers le sud et vers l'est et elle atteint 66,66% en BPL (Fig.12.a). Compte tenu à la fois de la carte d'iso puissance et celle iso teneur de la couche C0, on peut dire que la teneur en BPL est inversement proportionnelle à l'épaisseur.

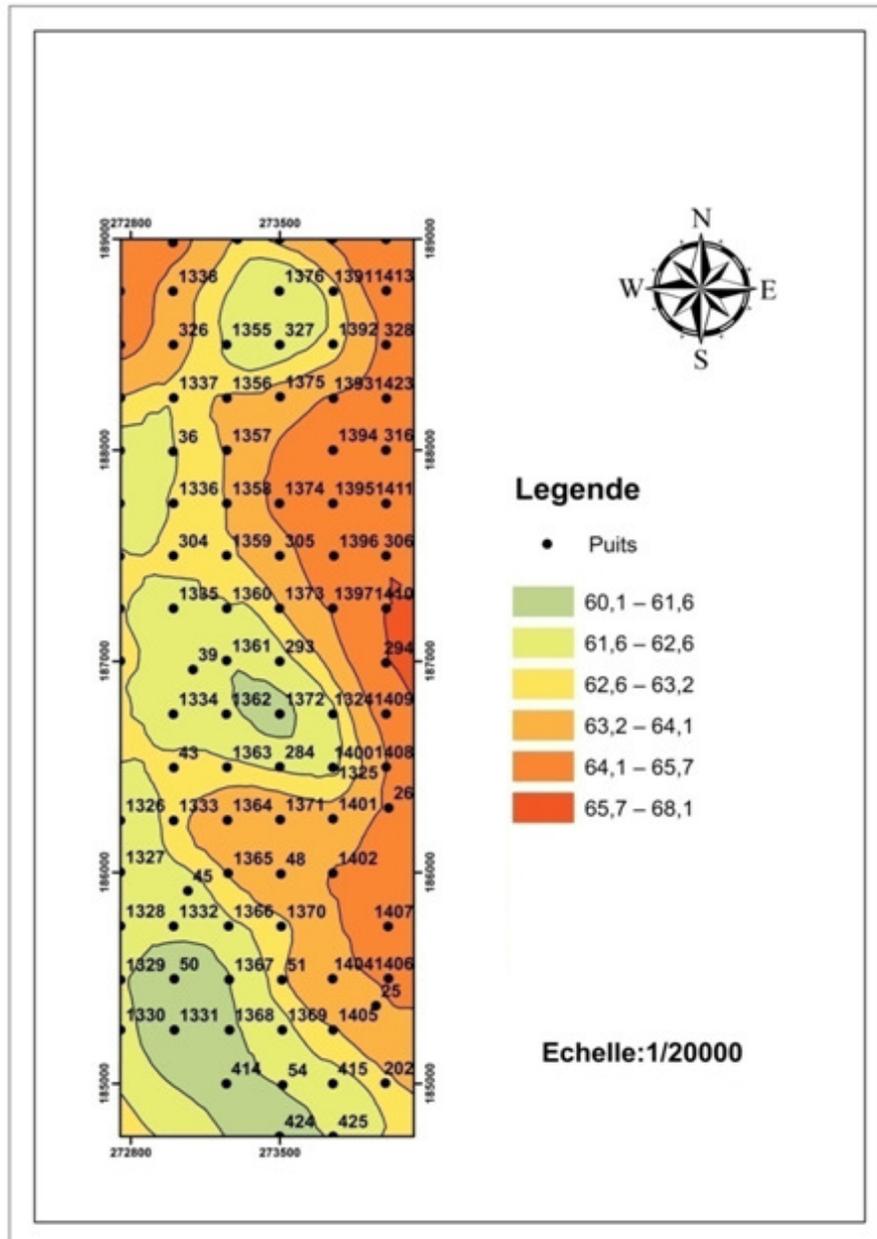


Figure 12.b : Carte iso teneur en BPL de la couche (C1).

- **Commentaire :**

La teneur la plus élevée se localise à l'est du panneau avec une moyenne de 66,1% en BPL. Cette teneur diminue en allant vers l'ouest et au sud-ouest (57.1-60.1% BPL), (Fig.12.b). Si l'on essaie de superposer la carte d'iso puissance à celle d'iso teneur en BPL de la même couche C1, on aperçoit là encore, une évolution inversement proportionnelle des deux paramètres Puissance/BPL.

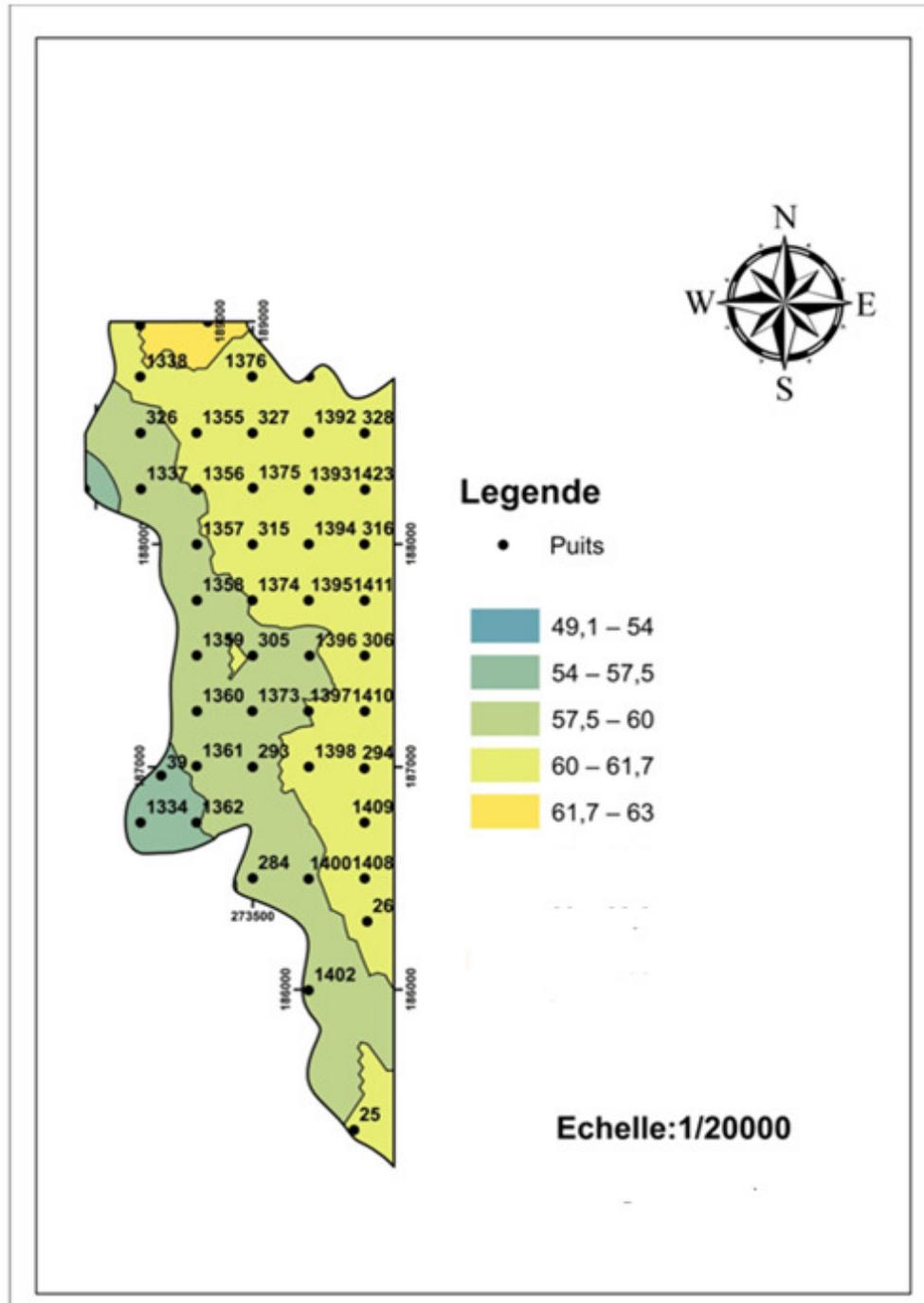


Figure 12.c : Carte iso teneur en BPL du sillon (SB).

- **Commentaire :**

La teneur la plus faible se trouve à l'ouest du panneau avec une moyenne de 51,55% en BPL. Cette teneur augmente en allant vers l'est pour atteindre 60,85% en PBL comme une moyenne. Au nord, on a une petite zone avec une teneur élevée qui arrive jusqu'à 63% BPL (Fig.12.c). La superposition des cartes d'iso puissance et d'iso teneur du sillon SB, ne nous permet pas d'avancer une nette relation entre les deux paramètres BPL/puissance du fait que leurs valeurs oscillent autour d'une moyenne qui n'est pas loin des deux extrêmes.

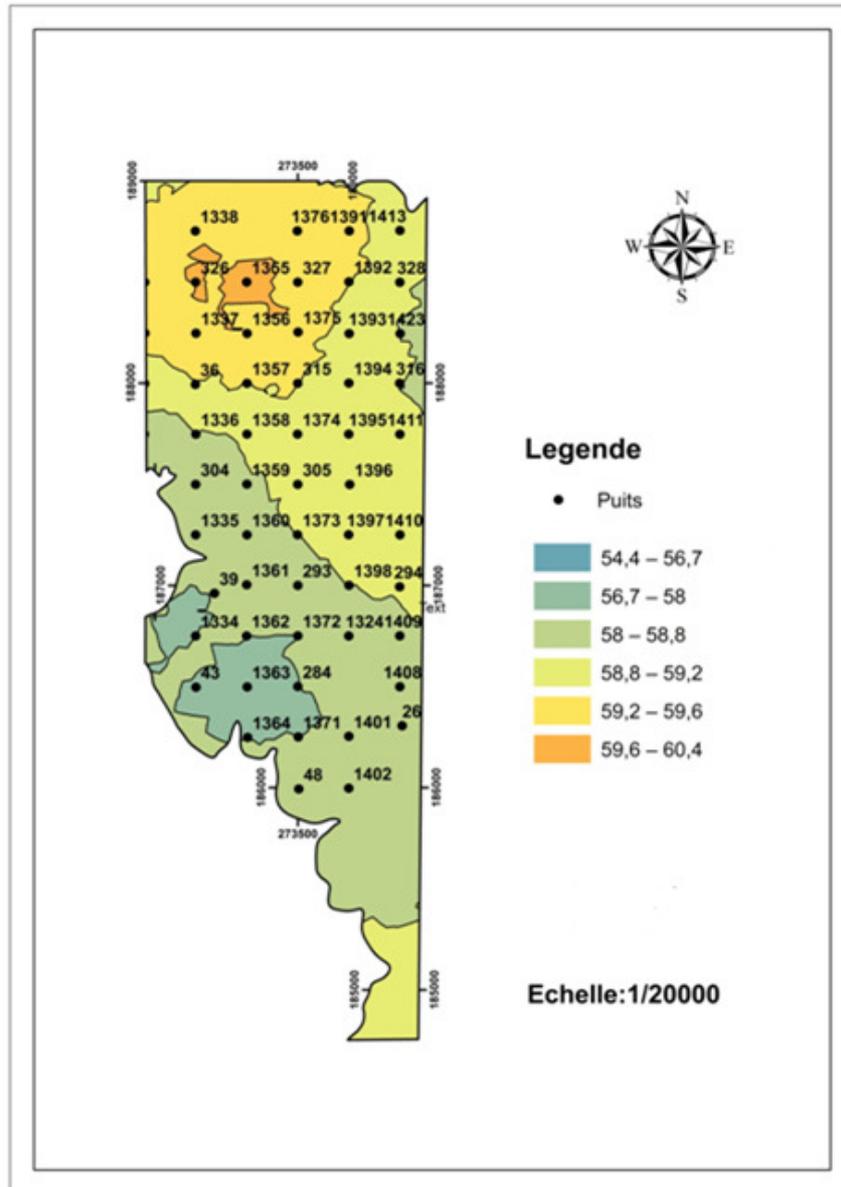


Figure 12.d : Carte iso teneur en BPL du sillon (SA2).

- **Commentaire :**

La teneur la plus élevée se trouve au nord du panneau 7, avec une moyenne de 60% en BPL. La teneur diminue en allant vers le sud pour arriver à 56.7% en BPL. Les teneurs les plus dominantes sont 58 et 58.8% en BPL (Fig.12.d). La superposition de la carte d'iso puissance et celle iso teneur du sillon A2, montre que la teneur en BPL est inversement proportionnelle à l'épaisseur.

b.Cartes iso teneurs en CO₂ % :

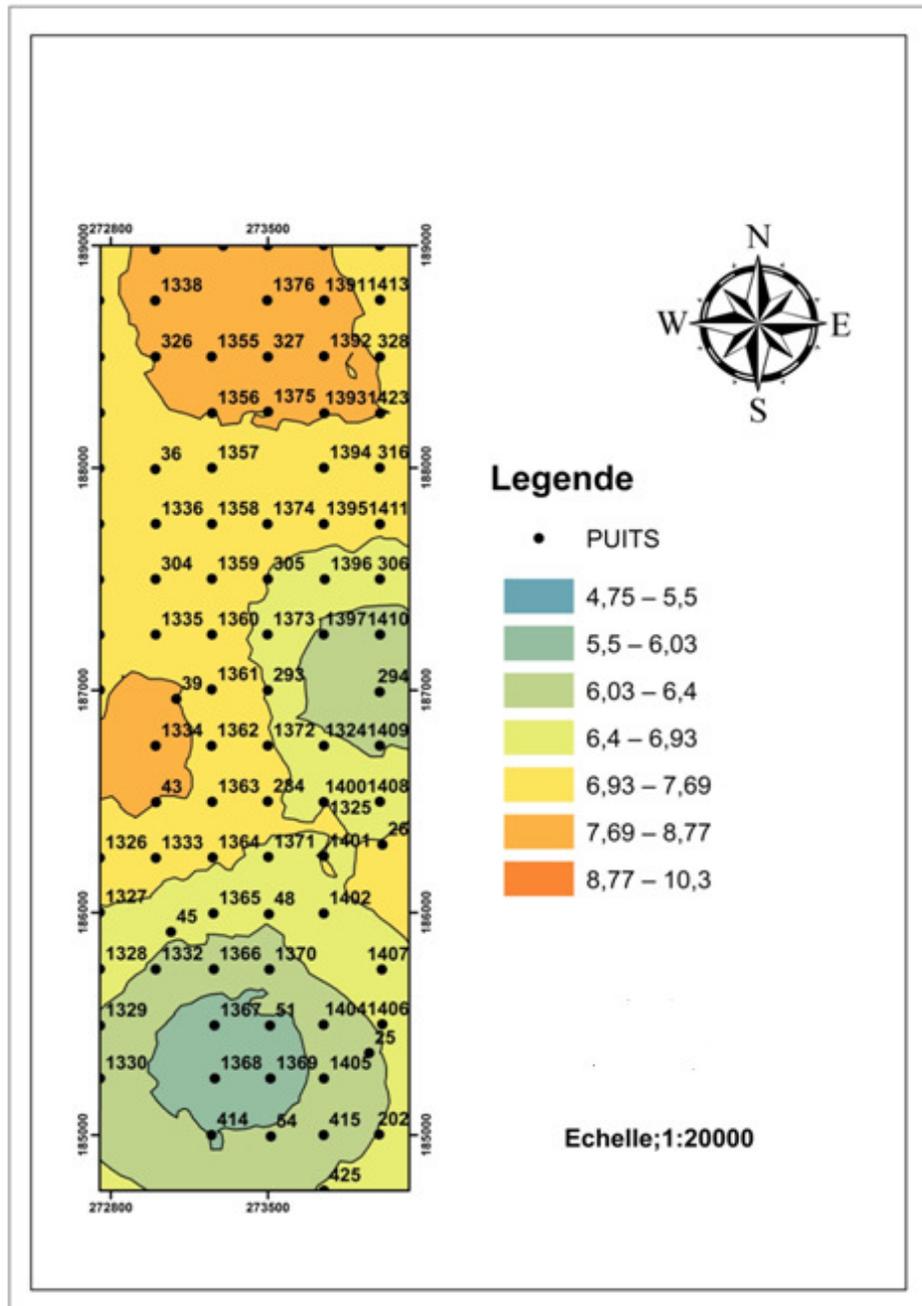


Figure 13.a : Carte iso teneur en Co₂ de la couche (C0).

- **Commentaire :**

La teneur en CO_2 est élevée dans le nord du panneau 7 avec une moyenne de 8,53%. Cette teneur diminue en allant vers le sud et le sud-est où elle atteint 5.5%. Les teneurs les plus dominantes sont 6.93 et 7.69 % (Fig. 13.a). La superposition de la carte d'iso teneur en BPL et celle d'iso teneur en CO_2 de la couche C0 démontre que la teneur en BPL est inversement proportionnelle à celle de CO_2 .

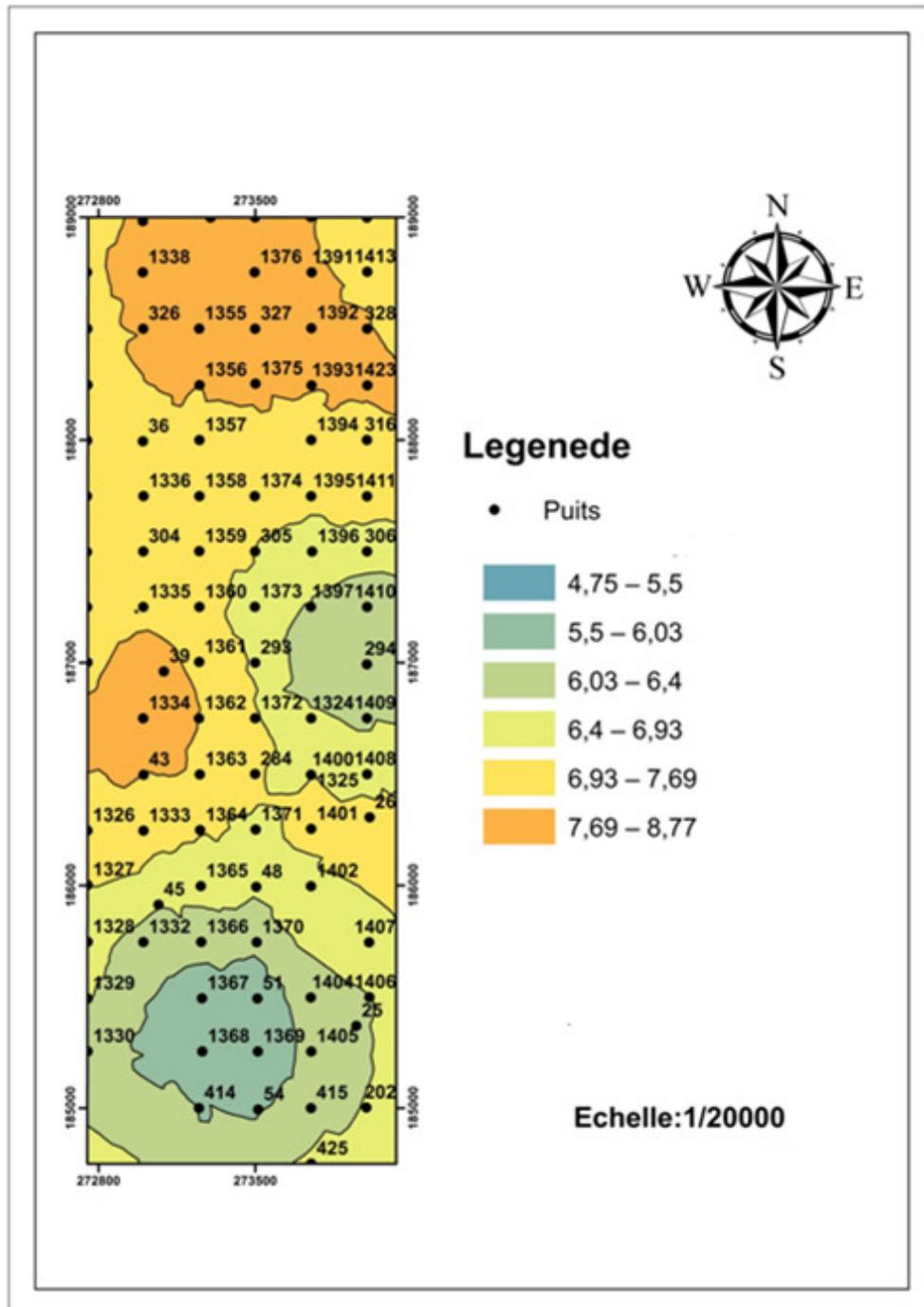


Figure 13.b : Carte iso teneur en CO_2 de la couche (C1).

- **Commentaire :**

Les teneurs de CO_2 les plus élevées sont situées au nord du panneau avec une moyenne de 8,53%. Ces teneurs vont diminuer en allant vers le sud où elles arrivent à 4.75 % (Fig.13.b). La superposition de la carte d'iso teneur en BPL et celle d'iso teneur en de la couche C1 montre que la teneur en BPL est relativement inversement proportionnelle à celle de CO_2 notamment dans la partie centrale du panneau 7 (axe reliant le puits 1334 à l'ouest au puits 294 à l'est).

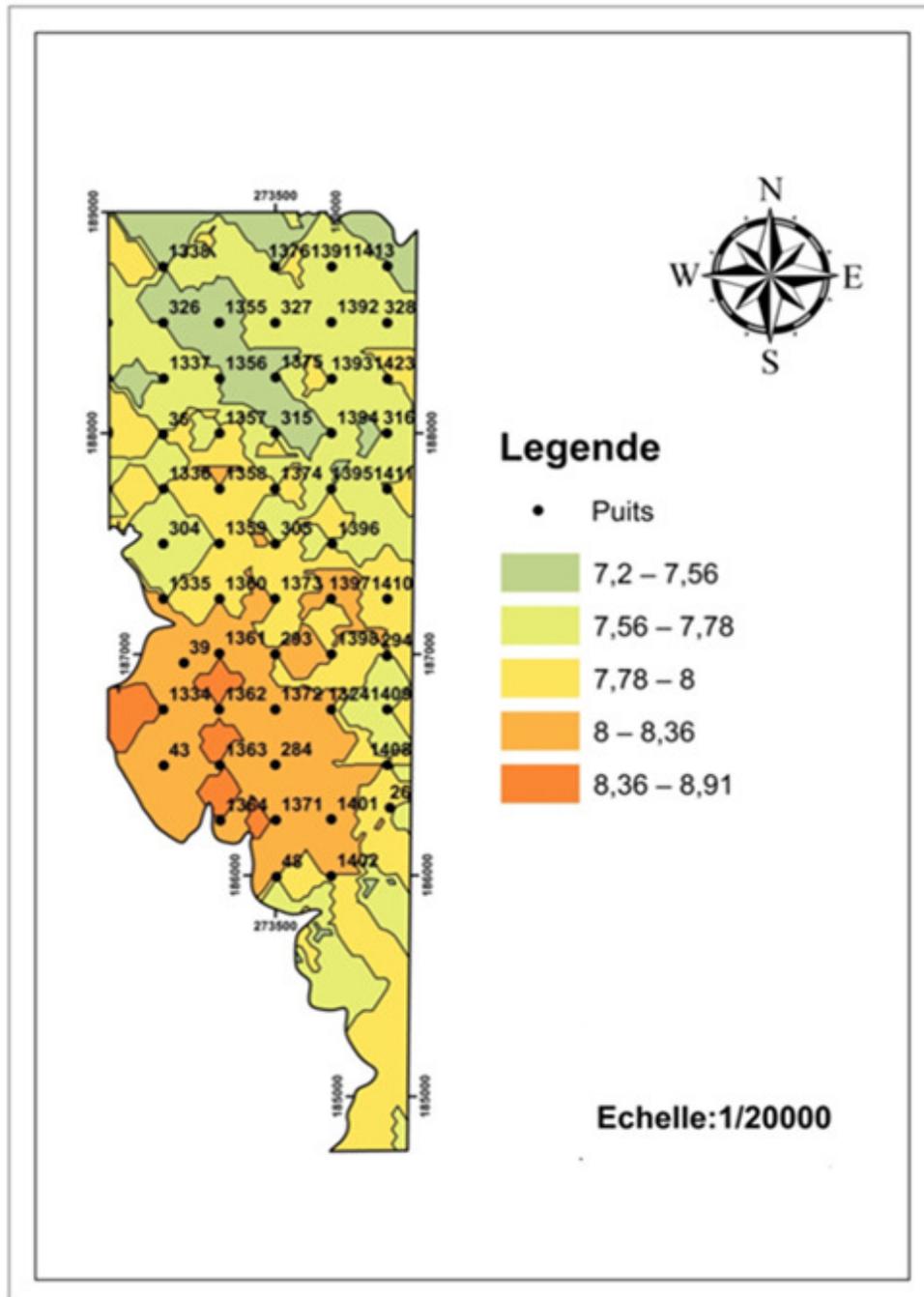


Figure 13.c : Carte iso teneur en CO_2 du sillon (SA2).

- **Commentaire :**

L'examen de cette carte montre une augmentation de la teneur en CO_2 du nord (7,2%) vers le sud où elle atteint 8,91%. Les teneurs les plus dominantes en CO_2 sont 7.20 et 8.91% (Fig.13.c). La superposition de la carte d'iso teneur en BPL et celle d'iso teneur en CO_2 du sillon SA2 montre que la teneur en BPL est inversement proportionnelle à celle de CO_2 particulièrement au long de l'axe reliant le puits 1364 au sud et le puits 1365 au nord.

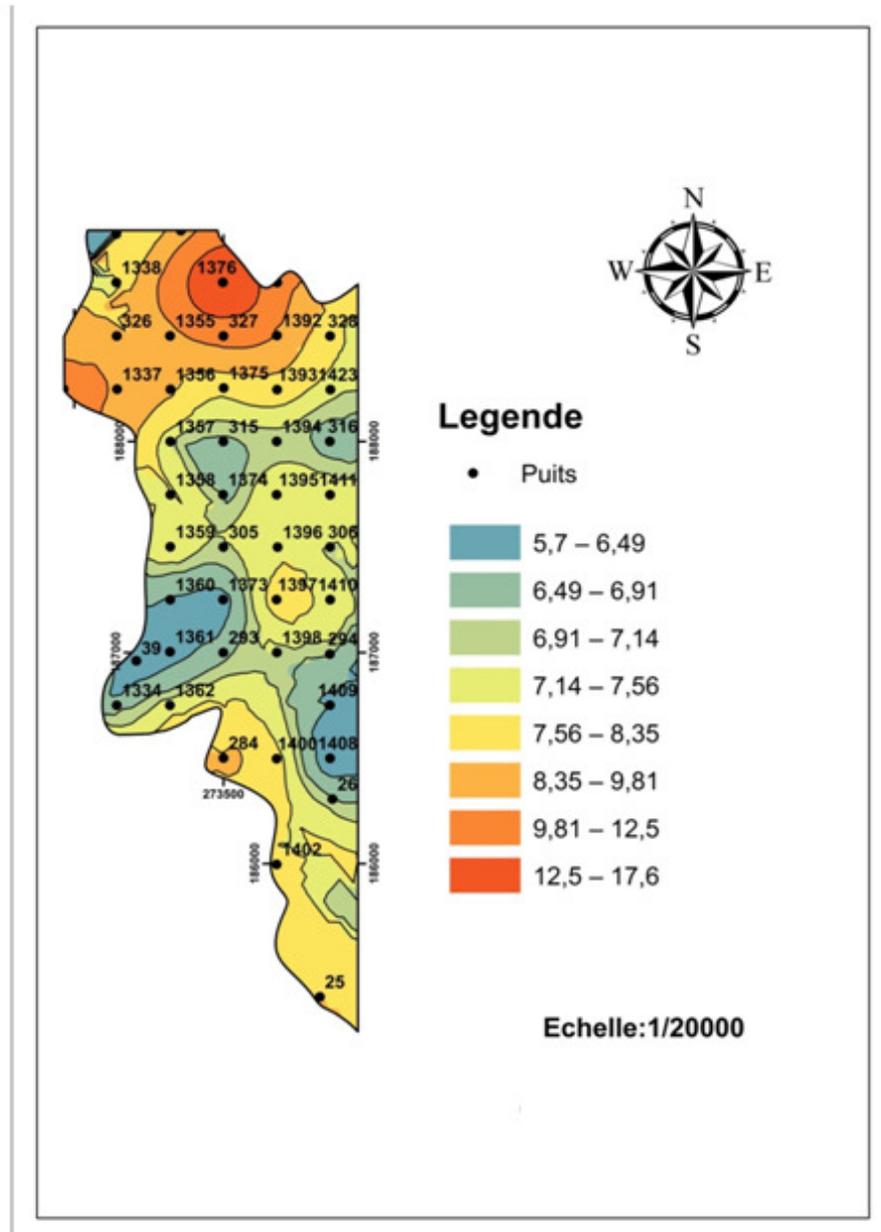


Figure 12 : Carte iso teneur en CO_2 du sillon (SB).

- **Commentaire :**

Les valeurs les plus fortes de CO_2 sont 12,5 et 17,6% se localisent dans le domaine nord et nord-ouest du panneau 7 étudié. Ces teneurs diminuent en allant vers le centre du panneau (5.70%), puis on a une faible augmentation suivie par une chute de teneur qui arrive à des teneurs les plus basses 4.25%. En continuant vers le sud, on a une autre augmentation (9.81%) (Fig.13.d). Cette irrégularité dans l'évolution spatiale de la teneur en CO_2 du sillon B ne nous permet pas d'établir sa relation avec les deux paramètres précédents (puissance/BPL).

CONCLUSION :

D'une manière générale, on peut dire qu'il y a une forte liaison entre la teneur en BPL et la puissance des couches. En effet, quand la puissance est faible, la teneur est élevée. Cela est bien visible dans les niveaux : C0, C1 et SA2, tant dis que le sillon SB montre une exception. Ensuite, on remarque une proportionnalité inverse entre la teneur en CO_2 et celle en BPL.

III .3.2 Listing case:

Listing case est une fonction qui a pour but le regroupement des informations d'une couche minéralisée sur les cases pour déterminer les propriétés d'une zone précise et de faire un raccourci rapide aux caractéristiques des pourcentages de BPL et CO_2 et des valeurs de puissance et Volume. Cette fonction se fait à l'aide du logiciel ArcGIS en se basant sur le même principe de la réalisation d'une carte d'iso-valeurs.

Les informations doivent être fixées sur les cases pour faciliter la détermination de n'importe quelle information en faisant zoom sur la case voulue.

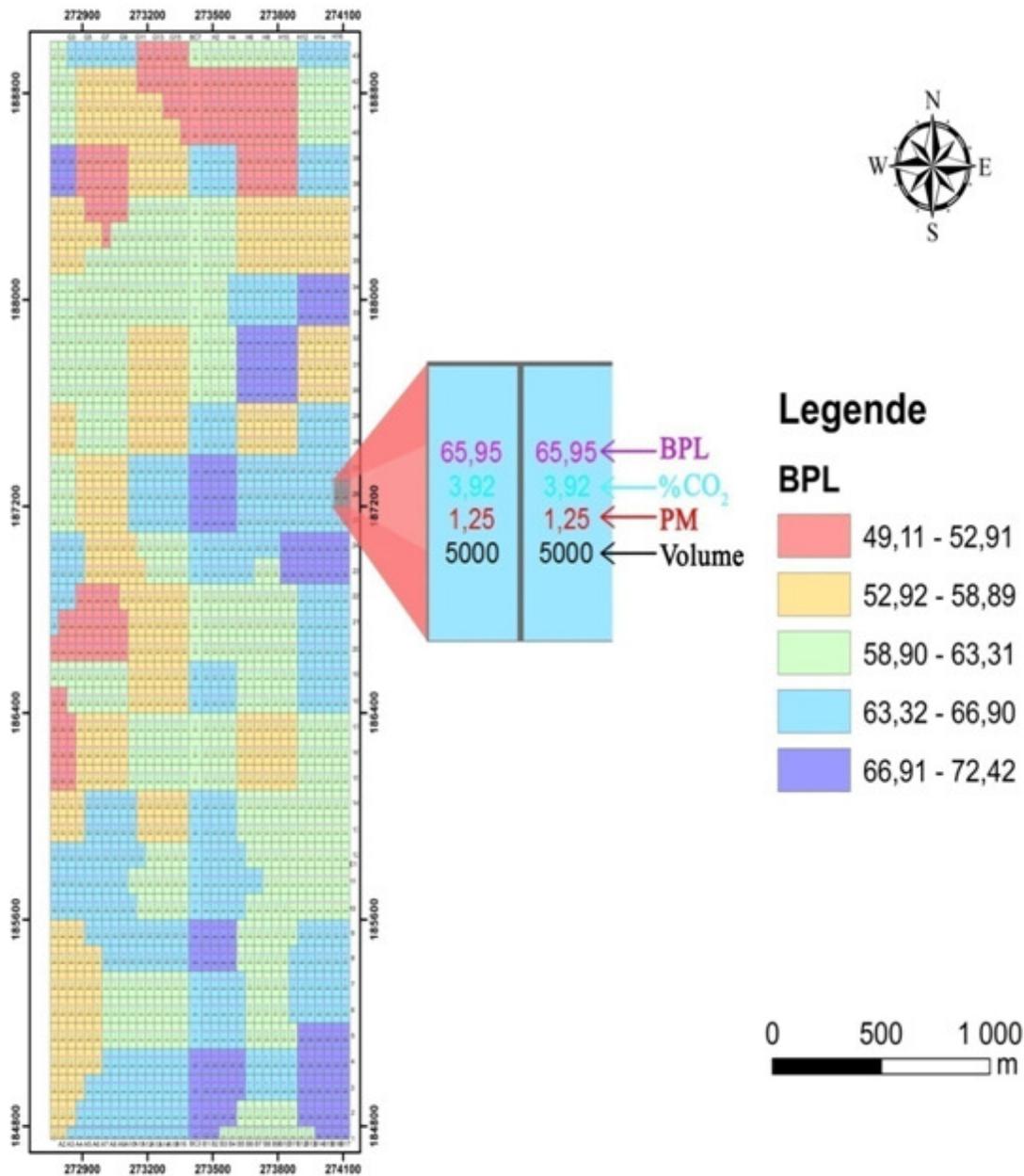


Figure 14.a : Listing case de la couche (C0).

- **Commentaire :**

Au niveau de cette couche on remarque la dominance de la couleur verte (BPL%=58.9 et 63.31) sur les autres couleurs. Les teneurs les moins représentés sont les teneurs de de valeurs sont comprise entre 49.1 et 52.91 (Fig.14.a).

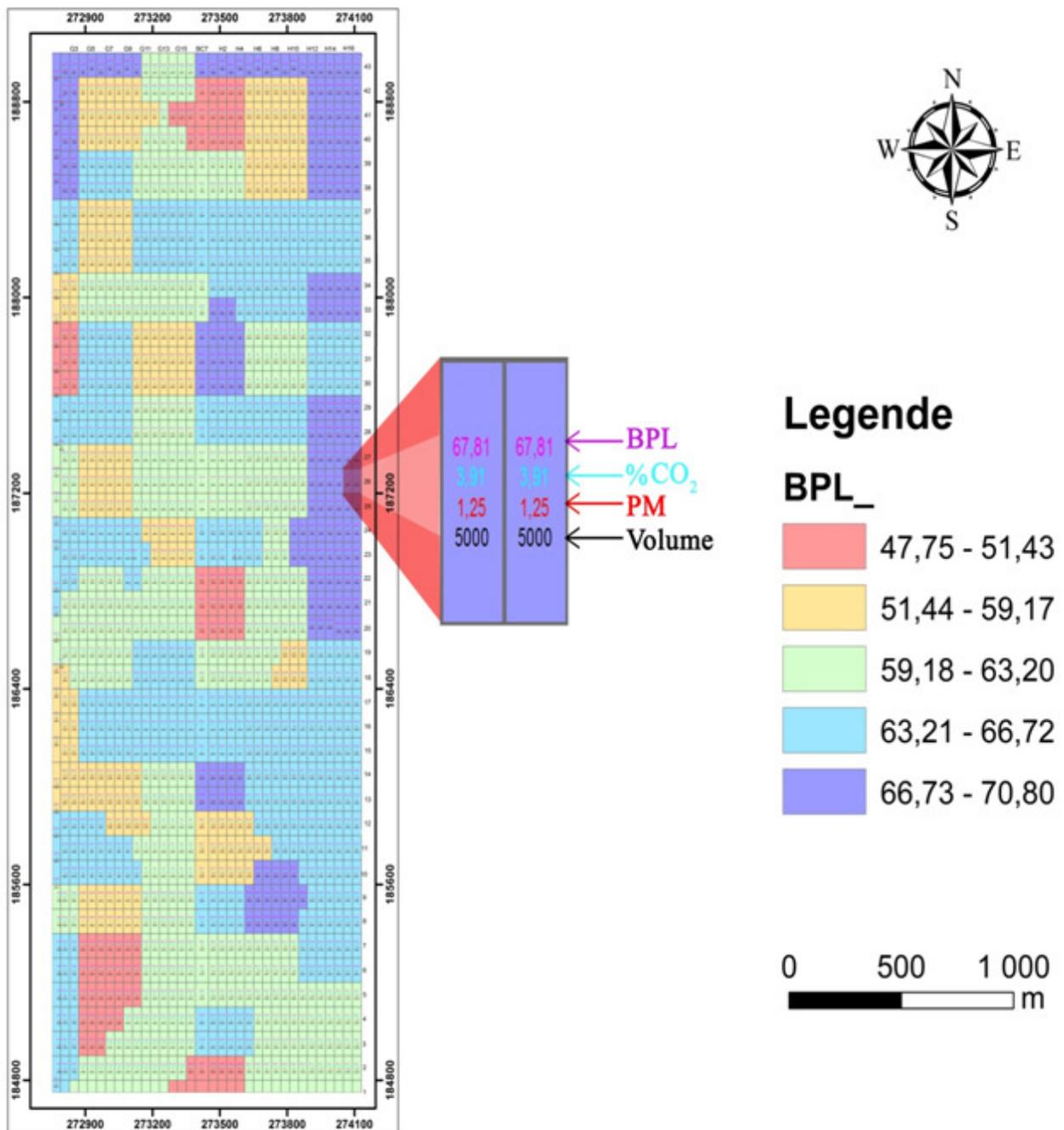


Figure 14.b : Listing case de la couche (C1).

- **Commentaire :**

En plus de la dominance des cases colorées en vert ($59.1 \leq \%BPL \leq 63.2$), la couche 1 connaît une importante présence des cases de couleur bleue ($63.2 \leq \%BPL \leq 66,7$). Les cases roses (47.75-51.43) sont les moins répandues dans cette couche (Fig.14.b).

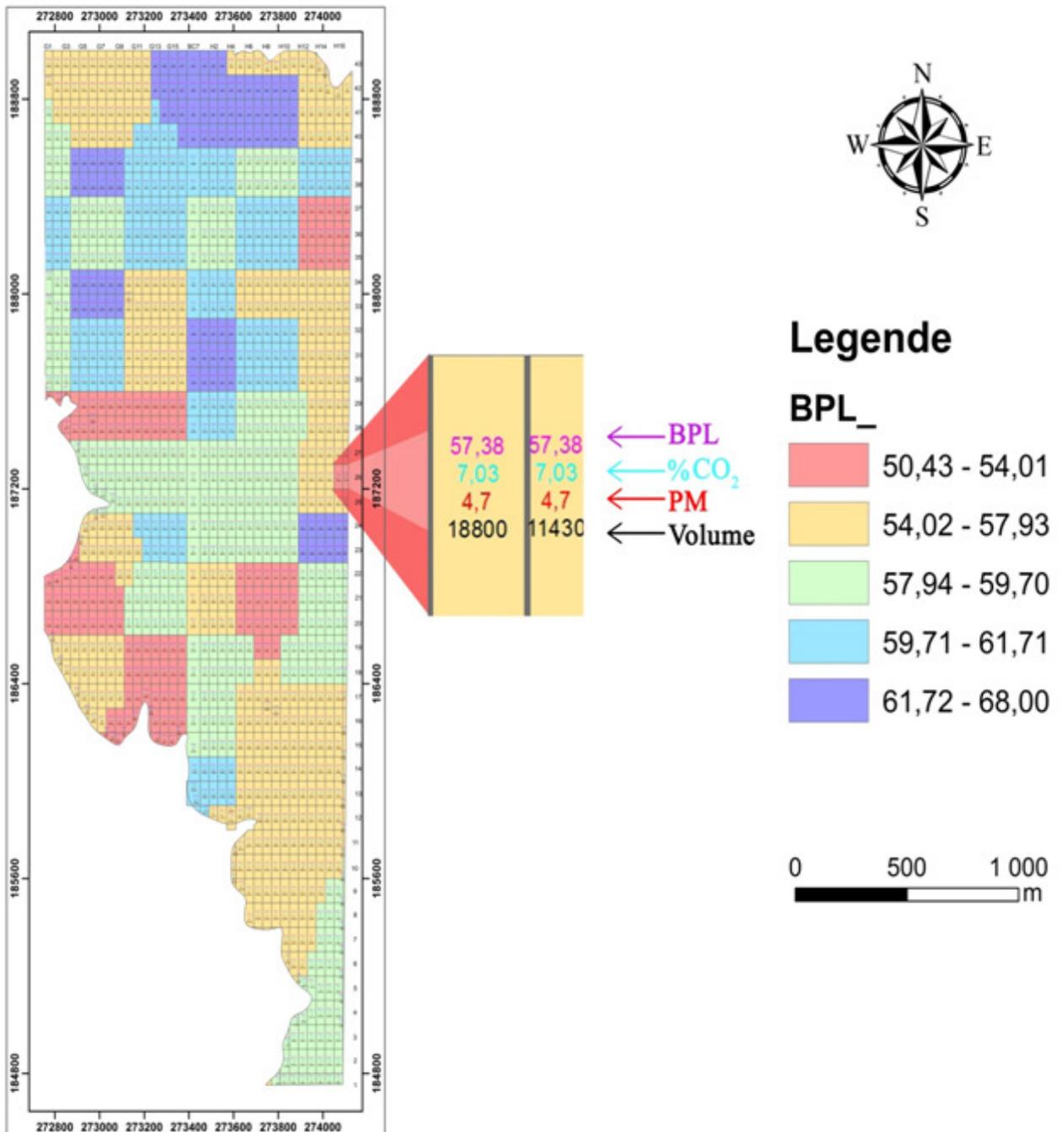


Figure 14.c : Listing case du sillon (SA2).

- **Commentaire :**

Les teneur comprise entre (54.02-57.93 %BPL) et (57.94-59.70 %BPL) sont les plus répandues dans ce sillon et Les teneurs en BPL comprises entre (50.43-59.70) et (61,43-59,70%) sont les moins présents dans ce sillon (Fig.14.c).

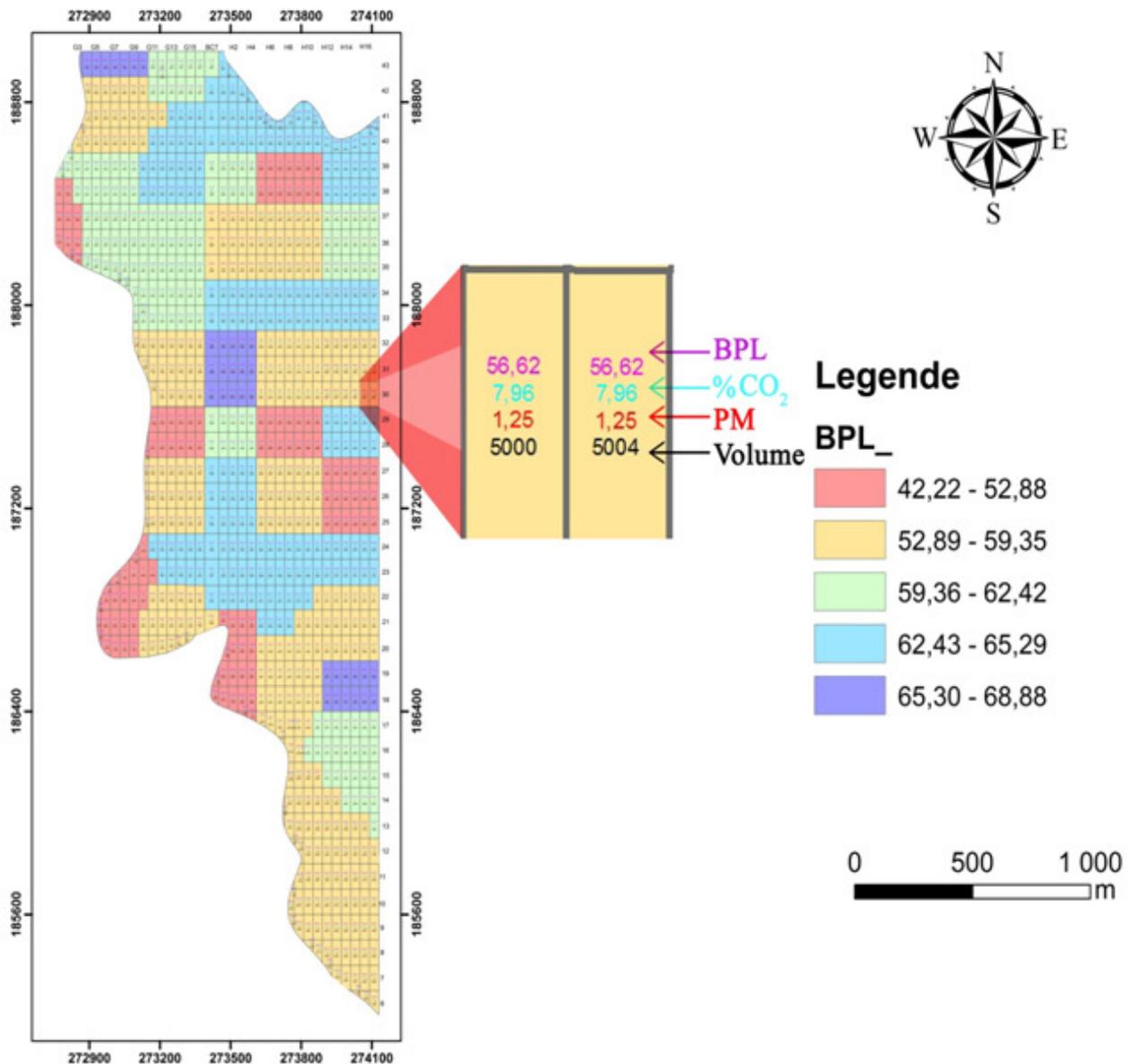


Figure 14.d : Listing case du sillon (SB).

- **Commentaire**

Les teneurs plus répandues dans ce sillon sont 52,89 et 59,35% en BPL, la répartition des autres teneurs est moyennement équilibrée. Par contre les teneurs 42,22 et 52,88% sont moins représentées (Fig. 14.d).

CONCLUSION :

D'une manière générale, le listing case est un très bon guide pour l'exploitation, car il nous aide à répondre facilement à la charte clientèle demandée.

L'explication de la variation des différents paramètres dans les cases revient à dire les mêmes raisons évoquées dans les cartes précédentes.

III.4.Réalisation des corrélations à l'aide du logiciel AutoCAD :

Les tableaux regroupés dans l'ANNEXE III représentent la base de données utilisée pour obtenir les coupes lithologiques suivantes :

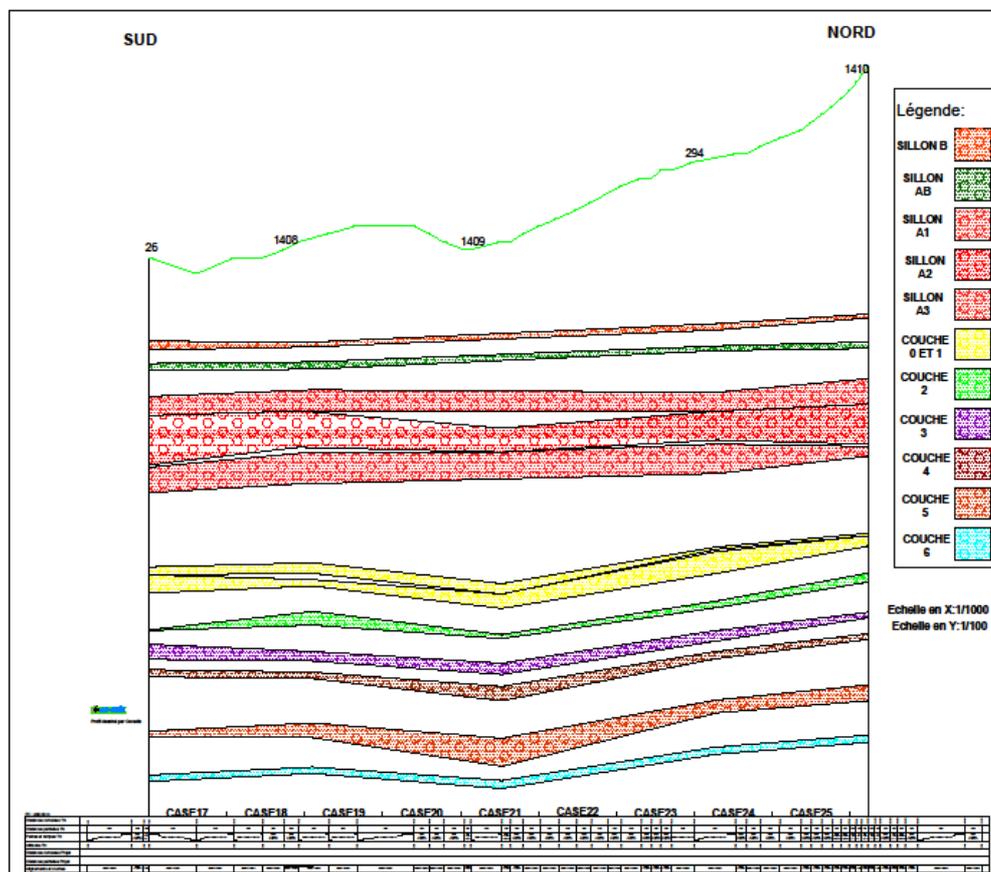


Figure 15 : coupe lithologique de la tranchée 16 située à l'Est du panneau 7 (de la case 17 à la case 26) .

Remarque : les niveaux blancs dans la coupe sont des intercalaires.

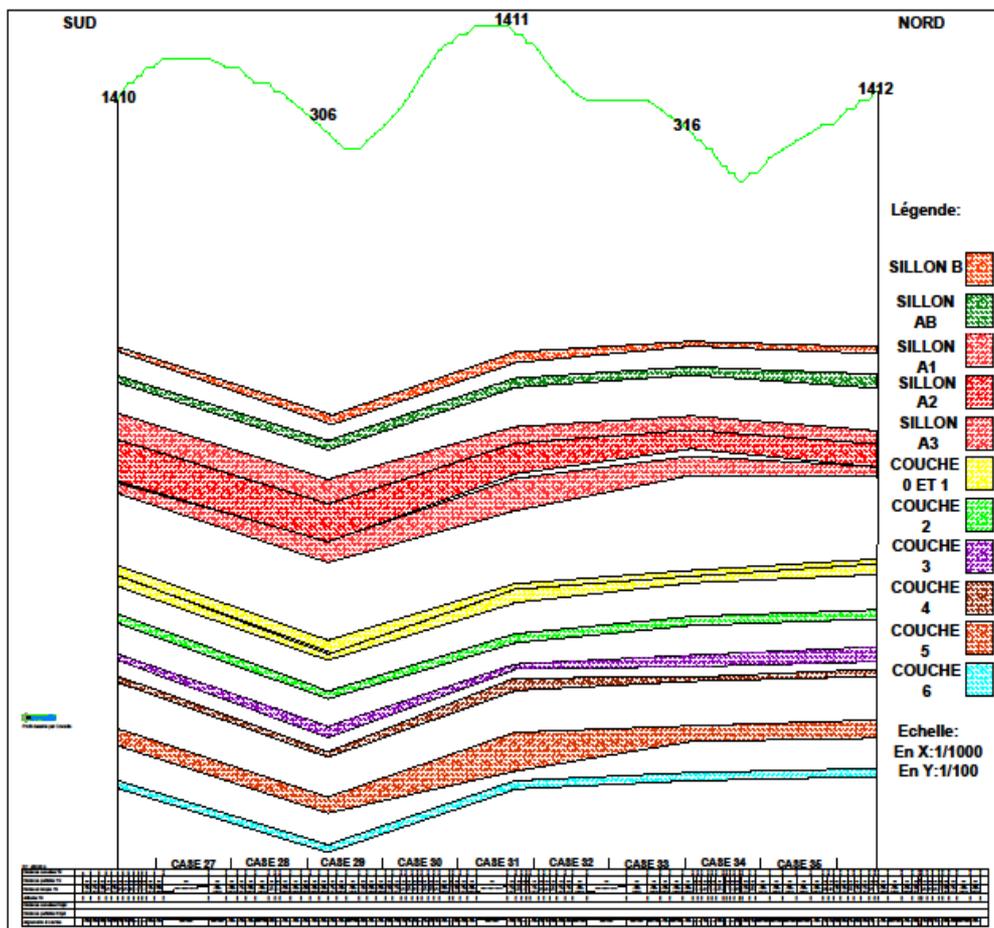


Figure 16 : La coupe lithologique de la tranchée 16 située à l'est du panneau 7 (de la case 26 à la case 36) .

- **Commentaire :**

Les couches et les sillons phosphatés sont tabulaires ou presque tabulaires, sauf au niveau de la deuxième coupe où on note l'effet de deux flexures qui apparaissent, au prime à bord, comme topographique. L'examen de leur orientation pourrait être utile pour les attribuer ou non à la compression post-paléocène. Entre les niveaux phosphatés, on note la présence du matériel stérile qui s'alterne avec les couches du phosphate (Fig.15, Fig.16).

Au delà de sillon B, on a une très grande épaisseur de stérile ce qui pose un grand problème de recouvrement, donc on aura beaucoup de décapages, beaucoup d'argent et surtout la perte du temps (Fig.16).

III.5 Etude de la qualité de phosphate et calcul des Reserves :

III.5.1 Aperçu sur le laboratoire d'analyses :

Après l'échantonnage dans les différentes couches phosphatées pour contrôler la qualité et la variation de teneur des différents constituants de ces couches, OCP Ben Guérir dispose un laboratoire pour analyser tous les échantillons récoltés du terrain pour valoriser le traitement et répandre à une charte clientèle de plus en plus exigeante.

Matériel :

Spectroscopie d'absorption atomique – spectrophotomètre - étuve - four - plaque chauffante - calcimètre Bernard - balance – dessiccateur...

Les différents éléments analysés :

- BPL (bone phosphate of lime) $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$: spectrophotométrie.
- Le gaz carbonique CO_2 : calcimètre de Bernard.
- La silice SiO_2 : gravimétrie.
- Éléments traces comme MgO et Cadmium Cd : absorption atomique.

Méthodes d'analyses et préparation de l'échantillon :

- **Les méthodes utilisées sont :**

Gravimétrie, volumétrie, calcimétrie, spectroscopie, granulométrie....

- **La préparation d'un échantillon passe par les étapes suivantes :**

1-réception

2-criblage : tamisage (éliminer le stérile).

3-quartage : homogénéiser l'échantillon pour devenir représentatif.

4-le séchage : Eliminer l'humidité.

5-le broyage.

III.5.2 La qualité du phosphate :

D'une vue qualitative, le phosphate est disposé en plusieurs qualités, selon les teneurs de différents composants du phosphate à savoir :

%BPL : la qualité du produit phosphaté devient bonne si la teneur en BPL est supérieure à 45%.

SiO₂ et **MgO** : l'existence de ces éléments dans le phosphate diminuent sa qualité, car ils sont des éléments indésirables de la part des clients en raison de leurs dureté énorme.

Cd : le Cadmium est agent causal qui abouti à la pollution de notre environnement, c'est la raison pour laquelle la qualité du phosphate diminue quand la teneur de Cd est grande.

CO₂ : le CO₂ n'est pas considéré comme un élément nuisible mais parfois les clients précisent des teneur exacte qu'il faut respecter selon leurs propres utilisations.

Le Tableau 2 résume Les qualités existantes au niveau du gisement de Ben Guérir et leurs critères:

	Qualité	BPL	CO ₂	MgO	SiO ₂	Cd	
Safi	PBG	58.7 - 60	5.60	-	1.00 - 1.40	≤ 13.50	≤ 11.5
			7.00				
Youssoufia	BG Lavé	55 - 57	7.00	-	1.20 - 1.40	11.00 - 12.50	17 - 26
			9.00				
	Export	65-67	5-6	≤ 0.80	3-6	≤ 20	
	AD	≥60	5-6	≤ 0.80	3-6	8 - 12	
	BG BT	58-60	6-8	≤ 1,00	5-8	≤ 20	

Tableau 2: charte client de différents produits phosphatés demandé en 2015.

Avec : **PBG** : Profil Ben Guérir – **BG Lavé** : Ben Guérir Lavé – **AD** : Application Directe

BG BT : Ben Guérir Basse Teneur.

- **Commentaire :**

En se basant sur cette charte de clients on remarque l'existence de cinq qualités différents les plus bonnes sont AD et Export et les autres qualités qu'ils viennent après sont successivement : PBG, BG Lavé, puis BG BT.

On constate aussi que les produits de phosphate sont exportés principalement vers les villes de Youssoufia et Safi où se trouvent les clients.

III .5.3 calcul des réserves (Tableau : 3)

Le calcul de réserve représente une étape importante dans le processus de l'exploitation d'un nouveau gisement, dans l'OCP de Ben Guérir ce calcul consiste à déterminer le volume des niveaux phosphatés.

Pour effectuer ce calcul, on est besoin de connaître la surface et la puissance moyenne de chaque niveau .

On a la relation suivante : $V_p (m^3) = S * P_{moy}$

V_p : volume phosphaté de la couche en m³.

S : surface de la couche en m².

P_{moy} : Puissance phosphatée moyenne en m.

On peut aussi calculer ce qu'on appelle le Tonnage Humide Criblé en tenant compte d'un coefficient qui dépend de la densité des niveaux phosphatés.

$$THC = V_p * Cd$$

THC : Tonnage Humide Criblé.

V_p : Volume phosphaté de la couche.

Cd: Coefficient de densité de la couche.

Ce coefficient de densité dépend de la composition lithologique de la couche phosphatée considérée, il a été estimé à :

- **1,42** dans les couches C5, C4 et C3 (lithologie très dense à dominance de silice).
- **1,62** dans les couches ou sillons : SB, SA2, C0, C1, SX, C2 et C6 (lithologie moyennement dense).

Pour notre étude le coefficient est égale : **1.62**.

Le tableau 3 représente les résultats du calcul des réserves pour les couches C0, C1 et les Sillons SA2, SB (niveaux supérieurs du panneau 7)

	Couche 0	Couche 1	Sillon A2	Sillon B
Volume totale (m3)	5758577	5221020	15572722	2730875
Area totale(m)	5852246	5852246	4297101	3142216
PM Moyenne(m)	0,9869015	0,93686731	3,64473451	0,8696256
BPL Moyenne(%)	61,296751	62,3382079	58,1645133	59,5408213
THC (m3)	9328894,74	8458052,4	25227809,6	4424017,5

Tableau 3 : Résultats obtenus du Calcul des réserves des niveaux supérieurs de panneau 7.

CONCLUSION :

A partir ces résultats obtenus par le calcul des réserves (tableau 3), On peut conclure que les niveaux supérieurs du panneau 7 de gisement de Ben Guérir (Maroc), ont une très grande potentialité en phosphate, notamment la teneur la plus faible en BPL parmi ces couches dépasse 58%, ce qui est déjà considéré comme une bonne teneur puisque le seuil d'exploitation en BPL est 45%.

CONCLUSION GENERALE:

Le sujet qui nous a été confié pour notre stage de fin d'étude est une contribution selon une optique géominière à la connaissance des niveaux supérieurs du panneau 7 du gisement phosphaté de Ben Guérir au Maroc. La démarche suivie repose sur le traitement des données recueillies sur le terrain par les logiciels ArcGIS et AutoCAD. Ces données ont servi par la suite à l'esquisse de cartes d'iso-puissance, d'iso-teneur (BPL et CO₂) et des listings case des niveaux supérieurs du panneau 7.

L'examen des différentes cartes élaborées révèle une forte liaison entre la teneur en BPL et la puissance des couches phosphatées supérieures ici considérées. En effet, quand la puissance est faible, la teneur est élevée. Cela est bien visible dans les couches C0,C1 et SA2, tandis que le sillon B montre une exception. On note, par ailleurs, qu'il y a une proportionnalité inverse entre la teneur en CO₂ et celle en BPL.

L'usage des listings case s'avère comme un très bon guide pour l'exploitation, car il nous aide à répondre facilement à la charte clientèle demandée. L'interprétation proposée pour expliquer la variation des différents paramètres dans les cases est en accord avec celle évoquées précédemment pour les cartes d'iso-puissance et d'iso-teneur.

Enfin, l'étude de la qualité est une étape primordiale, puisqu'elle nous donne une idée sur la valorisation de différents types du phosphate dans le marché, en se basant sur les critères (BPL, CO₂...), Et pour connaître la quantité du phosphate dans les couches étudiés, il suffit de réaliser des calculs en utilisant des relations.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES:

- **Bakun (1990)** ; A. Global climate change and intensification of coastal ocean upwelling. *Science*, vol. 247, p. 198-201.
- **Cook, P.J., Mc Elhinny M.W (1979)** ; A Reevaluation of the Spatial and Temporal Distribution of Sedimentary Phosphate Deposits in the Light of Plate Tectonics. *Economic Geology*, Vol.74, p. 315-330.
- **Embry, A.F, Cloven, J.E (1971)** ; A Late Devonian reef tract on northeastern Banks Island, Northwest Territories. *Bull. Can. Pet. Geol.* 33, p. 730–781.
- **Kazakov, A.V (1950)** ; L'équilibre du système fluo-apatite dans les conditions de formation des roches sédimentaires. *Trav. Inst. Geol. Akad Nauk, URSS*, n°114, sér. Géologie, n°40.pp. 1-21.
- **OCP Group (2014)** ; Annual report.
- **OCP (2016)** ; Présentation institutionnelle, communication financière, Rapport et bilan de l'année 2016 du groupe OCP.
- **Lucas, J. Prévôt, L. El Mountassir, M (1979)** ; Les phosphorites rubéfiées de Sidi Daoui. Transformation météorique locale du gisement de phosphate des Ouled Abdoun (Maroc). *Sci. Géol., Bull.* 32, 1-2, pp. 21-37.
- **Hite, R.J (1978)**; Possible genetic relationships between evaporates phosphorus and iron-rich sediments. *The Mountain Geol.*, 14, 3, p. 97-107.
- **Folk, R.L (1959)**; Practical petrographic classification of limestones. *American Association of Petroleum Geologists, Bulletin*, 43, 1–38.
- **Piqué, A. (2001)**; “Geology of Northwest Africa”: Beiträge zur regionalen Geologie der Erde. *Borntraeger, Berlin Stuttgart*. p. 310.
- **H. EL Haddi, H. Benbouziane, A. Mouflih, M., and Laadila, M. (2014)** ; Silicification in the phosphate deposits of Maastrichtian-Lutetian age in the Ouled Abdoun basin (Morocco): Sedimentology, mineralogy, geochemistry. *Arabian Journal of Earth Sciences*. V: 1, p. 16-25.

Les sites web consultés :

- <http://geologie.wallonie.be>
- www.GeologyofMorocco.ma
- www.ocpgroup.ma
- <http://resources.arcgis.com>

LISTE DES FIGURES :

Figure 1 : La répartition mondiale des gisements de phosphate.	9
Figure 2 : Modèle de la phosphatogenèse proposé par Kazakov (1937).	10
Figure 3 : Modèle de la phosphatogenèse d'après KEYSER et COOK(1972).	11
Figure 4 : schéma structurale du Maroc et localisation des bassins phosphatés marocains. Piqué et al. (2001) modifié par H. El Haddi (2004).	12
Figure 5 : Production et réserves mondiaux par pays de phosphate naturel en 2015 (USGS, 2016).	15
Figure 6: Plan de situation du gisement de Gantour	18
Figure 6' : Plan de situation du panneau 7 (D'après l'OCP,2014).....	18
Figure 7 : Log stratigraphique synthétique moyen de la série phosphatée de Ben Guérir (OCP, 2013).	23
Figure 8 : Coupe synthétique du panneau 7 de gisement de Ben Guérir.	24
Figure 9 : Schéma de découpage d'une partie du panneau 7 (de la case 1 à la case 15).	25
Figure 10.a : Carte structurale de la couche (C0).....	29
Figure 10.b : Carte structurale de la couche (C1).	30
Figure 10.c : Carte structurale du sillon (SA2).....	31
Figure 10.d : Carte structurale du sillon (SB).	32
Figure 11.a : Carte iso puissance de la couche (C0).....	33
Figure 11.b : Carte iso puissance de la couche (C1).	34
Figure 11.c : Carte iso puissance du sillon (SA2).....	35
Figure 11.d : Carte iso puissance du sillon (SB).	36
Figure 12.a : Carte iso teneur en BPL de la couche (C0).....	37
Figure 12.b : Carte iso teneur en BPL de la couche (C1).	38
Figure 12.c : Carte iso teneur en BPL du sillon (SB).....	39
Figure 12.d : Carte iso teneur en BPL du sillon (SA2).	40
Figure 13.a : Carte iso teneur en CO2 de la couche (C0).	41
Figure 13.b : Carte iso teneur en CO2 de la couche (C1).	42
Figure 13.c : Carte iso teneur en CO2 du sillon (SA2).....	43

Figure 13.d : Carte iso teneur en CO2 du sillon (SB).	44
Figure 14.a : Listing case de la couche (C0).	46
Figure 14.b : Listing case de la couche (C1).	47
Figure 14.c : Listing case du sillon (A2).	48
Figure 14.d : Listing case du sillon (SB).	49
Figure 15 : coupe lithologique du tranchet 16 située à l’Est du panneau 7 (de la case 17 à la case 26)	50
Figure 16 : La coupe lithologique du tranchet 16 située à l’est du panneau 7 (de la case 26 à la case 36)	51
Figure 17 : image de la machine de foration (sondeuse).	62
Figure 18 : Image de sautage de terrain par un explosif.	62
Figure 19 : photographie d’une dragline.	63
Figure 20 : Image de transport du phosphate.	63

LISTE DES TABLEAUX :

Tableau 1: Répartition chrono stratigraphique des gisements phosphatés dans le monde	14
Tableau 2 : Charte client de différents produits phosphatés demandé en 201 3.	55
Tableau 3 : Résultats obtenus d’après le Calcul de réserve des niveaux supérieurs de panneau 7.	57

ANNEXES :

ANNEXE I :

L'exploitation du Phosphate :

1. Critères d'exploitation et niveaux exploitables :

L'exploitabilité des niveaux dépend de plusieurs facteurs que sont : les teneurs en minerai (notamment en BPL), la puissance phosphatés ainsi que le taux de découverte (ratio d'exploitation).

La détermination des niveaux miniers (à exploiter) du gisement souscrit, pour sa part, aux conditions suivantes :

- **BPL/Brut $\geq 45\%$**
- **Puissance phosphatée $\geq 0.5m$**
- **Niveau non altéré.**

2. Les étapes d'exploitation dans la mine de Ben Guérir :

La mine à ciel ouvert de Ben Guérir chargé de l'exploitation et de l'extraction. Pour cela il est nécessaire d'effectuer certaines opérations sont les suivantes :

- **Au niveau de l'extraction on trouve :**

a. La Foration :

Elle consiste à forer des mailles disposées d'une façon ordonnées à l'aide des machines de Foration appelées sondeuses (Fig. 17) :



Figure 17 : image de la machine de foration (sondeuse).

b. Le Sautage (Fig. 18):

Le Remplissage des mailles forées par l'explosif (ammonix qui se compose de 94% de NH_4NO_3 et 6% de fuel) qui permet de fragmenter les intercalaires durs pour qu'ils puissent être enlevés par les engins de décapage.



Figure 18 : Image de sautage de terrain par un explosif.

c. Le Décapage :

Cette étape est réalisée par les machines de draglines et consiste à enlever la terre stérile en guise de préparation au défruitage. (Voici ci-dessous une photo de dragline, Fig. 19).



Figure 19 : photographie d'une dragline.

d. Le Défruitage :

C'est la phase de la récupération du phosphate. Actuellement, on définit six couches de qualités, différents teneurs (qualités du phosphate).

e. Le Transport :

Il est effectué à l'aide d'un staff composé de camions d'une énorme capacité, qui transportent le phosphate vers les stations de traitement appelées installations fixes (figure 20).

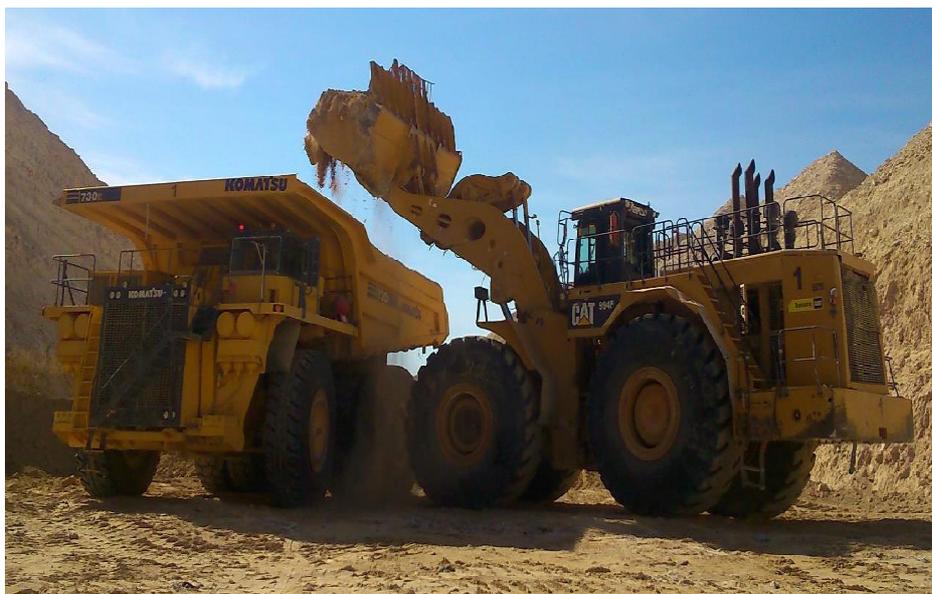


Figure 20 : Image de transport du phosphate.

- **Au niveau du traitement on trouve :**

- a. L'Épierrage :**

Après le transport du phosphate vers les stations mécaniques appelées installations fixes, il est versé dans deux trémies qui alimentent deux cribles de maille 90*90 mm destinés à l'élimination des gros pierres.

- b. Le Criblage :**

C'est l'épierrage du phosphate pour la 2ème fois à l'aide des cribles de mailles de 10*10 mm. Le phosphate criblé est stocké dans un parc secondaire appelé parc d'homogénéisation, ils sont aux nombres de quatre, de 125000 m³. Le transport du parc primaire au parc secondaire est assuré par un convoyeur à bande de 1000mm de largeur et de 1000t/h à l'aide d'une roue pelle mécanisée de 8 godets engendre un débit horaire de 1400t/h, du parc d'homogénéisation.

- c. Le Chargement :**

Cette opération consiste à charger des wagons dans une station de chargement à double voie alimentée par une roue pelle via une trémie de réception et une cascade de convoyeurs, le positionnement des wagons est commandé par deux locotracteurs.

ANNEXE II :

Bases de Données des C1, C2, SA2, SB Utilisées en ArcGIS :

- Les données de la couche 0 :

N° Profil	N° Puits	X(m)	Y(m)	Z(m)	Toit (m)	PT(m)	PM(m)	BPL%	CO2 %
14	338	272 998,11	188 982,85	533,93	32,90	0,90	0,90	63,75	6,20
	1353	273 300,96	188 999,00	535,10	36,20	0,90	0,90	49,11	13,65
	339	273 499,98	189 000,00	525,53	27,10	0,80	0,80	60,13	7,71
	1390	273 748,96	189 001,27	507,30	14,50	0,90	0,90	63,12	7,97
	340	273 999,37	188 998,94	501,90	10,90	1,05	1,05	64,92	7,27
	341	274 500,06	186 000,06	496,00	7,80	4,10	4,10	57,26	7,88
15	1316	272 748,80	188 753,29	526,40	22,45	0,55	0,55	60,56	7,73
	1338	272 998,38	188 752,80	531,10	31,10	0,35	0,35	58,35	9,10
	1376	273 497,87	188 753,61	539,55	46,40	0,90	0,90	50,31	15,75
	1391	273 752,20	188 753,17	518,25	26,60	0,70	0,70	50,27	5,50
	1413	274 000,58	188 755,62	506,70	17,40	1,00	1,00	62,81	5,65
16	1317	272 750,46	188 499,51	525,00	28,65	0,55	0,55	67,69	5,60

	326	273 000,00	188 499,76	532,34	36,00	1,50	1,50	52,91	9,92
	1355	273 250,00	188 500,27	527,65	30,00	1,35	1,35	58,34	7,65
	327	273 500,00	188 499,75	541,54	47,70	1,20	1,10	65,87	5,29
	1392	273 750,71	188 502,23	545,00	55,00	0,80	0,80	50,50	10,50
	328	274 000,01	188 499,69	545,78	61,30	0,90	0,90	65,09	11,23
	329	274 499,97	188 500,01	534,24	55,00	1,50	1,50	69,13	4,96
17	1318	272 751,50	188 247,65	523,90	26,00	0,90	0,90	57,43	8,13
	1356	273 251,81	188 246,81	523,55	30,70	0,85	0,85	62,19	8,07
	1375	273 501,40	188 253,05	528,80	35,80	0,50	0,50	59,62	9,00
	1393	273 751,86	188 245,58	533,35	46,30	1,40	1,40	55,67	7,39
	1423	274 001,41	188 245,80	541,10	56,90	0,60	0,60	58,50	9,45
	1507	274 499,58	188 248,36	532,65	56,80	0,90	0,90	64,26	10,27
18	1319	272 749,60	187 998,16	515,50	19,30	1,00	1,00	60,97	7,73
	36	272 998,83	187 994,22	518,41	24,10	0,95	0,95	63,25	6,52
	1357	273 251,30	187 999,79	527,35	35,50	0,70	0,70	63,24	8,05
	1394	273 750,24	188 000,62	543,15	57,70	1,40	1,40	65,11	6,65
	316	273 999,02	188 000,49	535,34	54,30	0,70	0,70	67,85	6,61
	317	274 499,58	188 248,36	532,65	56,80	0,90	0,90	64,26	10,27
19	1320	272 748,45	187 748,08	516,35	22,10	0,70	0,70	60,41	7,95
	1336	273 001,10	187 748,32	513,35	21,50	0,90	0,90	61,63	7,35
	1358	273 251,39	187 748,13	519,20	29,50	0,60	0,60	55,93	8,40

	1374	273 498,58	187 748,18	530,35	45,10	0,80	0,80	62,00	7,70
	1395	273 749,79	187 748,18	547,30	63,90	1,00	1,00	68,90	4,27
	1411	273 999,93	187 747,63	546,50	67,95	0,70	0,70	56,29	11,90
20	1321	272 748,21	187 498,05	508,50	17,50	0,85	0,85	57,52	7,90
	304	273 000,05	187 500,10	513,20	24,90	1,00	1,00	61,36	7,36
	1359	273 250,86	187 500,98	522,90	35,80	0,75	0,75	56,75	7,00
	305	273 500,05	187 500,15	530,91	47,50	0,80	0,80	64,19	6,66
	1396	273 754,25	187 499,45	523,75	41,50	1,10	1,10	58,89	9,46
	306	273 999,97	187 500,03	540,06	62,80	1,50	1,50	66,35	6,38
21	1322	272 749,59	187 250,05	504,35	14,00	0,80	0,80	61,26	6,30
	1335	273 000,34	187 250,76	510,85	22,50	1,00	1,00	58,54	11,20
	1360	273 251,25	187 250,77	514,40	31,60	0,90	0,90	63,73	5,64
	1373	273 498,80	187 251,35	514,75	33,90	1,20	1,20	67,55	5,25
	1397	273 749,00	187 251,24	524,70	47,30	0,95	0,95	63,59	7,33
	1410	274 000,47	187 250,68	532,15	56,70	1,25	1,25	65,95	3,92
22	1323	272 750,88	187 002,15	501,35	11,45	0,55	0,55	64,58	5,08
	39	273 092,21	186 961,50	515,65	32,60	0,55	0,55	54,82	11,11
	1361	273 250,06	187 003,83	519,05	38,95	0,75	0,75	63,31	7,09
	293	273 500,13	187 000,32	510,40	31,60	0,90	0,90	66,38	5,87
	294	273 999,07	186 993,50	522,88	48,30	0,30	0,30	67,98	4,59
	295	274 499,71	186 999,72	523,55	55,80	0,90	0,90	69,17	4,75

23	1324	273 749,87	186 750,42	510,60	17,65	0,85	0,85	60,84	6,09
	1334	272 999,98	186 750,40	510,20	27,70	1,10	1,10	52,35	15,40
	1362	273 249,33	186 750,63	512,65	34,10	0,75	0,75	54,37	9,80
	1372	273 500,11	186 751,06	506,12	30,85	0,75	0,75	59,66	6,67
	1409	273 999,59	186 751,11	512,50	41,90	1,30	1,30	63,93	6,30
24	1325	273 750,39	186 496,63	498,20	14,70	1,50	1,50	60,01	6,56
	43	273 001,80	186 497,02	504,44	23,20	0,80	0,80	62,89	6,23
	1363	273 252,43	186 498,75	498,65	20,70	1,20	1,20	55,21	10,50
	284	273 500,21	186 500,50	502,57	29,20	0,80	0,80	66,32	5,03
	1400	273 749,51	186 497,61	511,15	39,10	1,00	1,00	61,08	7,29
	1408	274 000,00	186 499,72	509,05	39,30	1,30	1,30	64,25	6,65
	285	274 500,01	186 500,02	515,68	45,60	1,20	1,20	66,68	6,81
25	1326	272 751,10	186 247,00	495,30	11,60	0,90	0,90	51,93	7,46
	1333	273 001,21	186 246,18	498,20	18,70	1,20	1,20	56,49	7,87
	1364	273 254,44	186 248,53	499,05	21,30	1,10	1,10	62,36	5,95
	1371	273 502,33	186 251,07	501,35	25,60	0,60	0,60	61,46	5,95
	1401	273 750,09	186 254,23	502,95	29,20	1,30	1,30	54,87	10,36
	26	274 011,33	186 306,32	510,82	39,80	1,60	1,60	61,35	7,94
26	1327	272 751,19	186 002,59	493,90	11,10	0,40	0,40	56,87	9,10
	45	273 068,50	185 913,60	494,06	13,20	0,75	0,75	65,86	5,88
	1365	273 257,21	185 997,15	494,85	14,50	1,75	1,75	56,17	6,68

	48	273 505,00	185 993,70	504,08	25,55	1,15	1,15	65,12	6,59
	1402	273 749,59	185 997,04	505,00	29,70	1,30	1,30	62,49	6,20
	268	274 500,00	185 997,00	506,97	37,55	0,85	0,85	63,52	7,36
27	1328	272 751,70	185 746,95	492,80	6,80	0,45	0,45	65,78	4,95
	1332	273 000,69	185 745,97	491,55	8,70	0,80	0,80	65,41	4,73
	1366	273 259,24	185 746,48	491,75	12,20	0,90	0,90	63,14	6,30
	1370	273 507,11	185 745,49	496,15	17,40	1,10	1,10	64,08	5,72
	1407	274 008,73	185 744,84	507,60	34,80	1,10	1,10	60,49	7,00
28	1329	272 751,96	185 492,80	490,05	1,40	1,70	1,70	55,11	10,04
	1367	273 262,35	185 493,62	489,70	8,90	0,95	0,95	64,40	5,95
	51	273 510,00	185 492,60	493,20	14,60	1,00	1,00	68,90	4,55
	1404	273 748,45	185 496,96	500,75	24,80	1,90	1,90	61,18	7,08
	1406	274 010,61	185 498,55	508,55	35,50	0,50	0,50	66,90	4,90
	52	274 508,40	185 492,70	494,14	25,70	0,65	0,65	66,95	6,82
29	1330	272 752,09	185 255,56	493,65	9,50	2,20	1,50	57,30	3,66
	1368	273 264,08	185 255,11	488,05	5,70	1,10	1,10	62,33	5,60
	1369	273 512,10	185 255,00	488,40	10,30	1,00	1,00	66,82	4,90
	1405	273 750,30	185 254,95	492,95	16,50	0,90	0,90	62,80	6,65
	25	273 952,20	185 369,70	504,19	29,90	1,20	1,20	65,34	6,59
30	414	273 249,10	185 000,60	487,94	7,30	1,00	1,00	63,99	6,12
	54	273 513,70	184 994,40	487,35	8,30	1,05	1,05	69,52	4,96

	415	273 749,25	185 000,49	491,58	16,10	1,20	1,20	66,10	5,27
	202	273 996,50	185 003,00	497,13	24,60	0,80	0,80	72,42	6,65
31	425	273 750,52	184 750,88	491,57	10,50	1,40	1,40	62,51	6,65

- **Les donnés de la couche C1 :**

N° Profil	N° Puits	X(m)	Y(m)	Z(m)	Toit (m)	PT(m)	PM(m)	BPL %	CO2 %
14	338	272 998,11	188 982,85	533,93	33,80	0,20	0,20	70,57	4,61
	1353	273 300,96	188 999,00	535,10	37,10	1,10	1,10	60,82	7,85
	339	273 499,98	189 000,00	525,53	27,90	0,50	0,50	66,83	4,70
	1390	273 748,96	189 001,27	507,30	15,50	0,50	0,50	67,07	4,25
	340	273 999,37	188 998,94	501,90	12,20	0,50	0,50	70,43	4,63
	341	274 500,06	186 000,06	496,00	20,70	1,00	1,00	68,47	4,18
15	1316	272 748,80	188 753,29	526,40	23,00	0,25	0,25	69,44	5,60
	1338	272 998,38	188 752,80	531,10	31,90	0,20	0,20	55,73	9,45
	1376	273 497,87	188 753,61	539,55	47,30	1,30	1,30	50,65	10,44
	1391	273 752,20	188 753,17	518,25	27,45	0,25	0,25	55,20	25,90
	1413	274 000,58	188 755,62	506,70	18,40	0,80	0,80	68,64	5,25
16	1317	272 750,46	188 499,51	525,00	29,20	0,55	0,55	68,34	5,43
	326	273 000,00	188 499,76	532,34	37,00	0,40	0,40	64,29	5,03
	1355	273 250,00	188 500,27	527,65	31,00	0,30	0,30	61,33	6,30

	327	273 500,00	188 499,75	541,54	49,20	0,20	0,20	63,01	4,90
	1392	273 750,71	188 502,23	545,00	56,30	0,80	0,80	55,70	5,00
	328	274 000,01	188 499,69	545,78	61,50	0,70	0,70	67,62	4,98
17	1318	272 751,50	188 247,65	523,90	27,30	0,50	0,50	64,07	5,60
	1337	273 001,58	188 247,82	522,25	29,50	1,20	1,20	57,71	5,95
	1356	273 251,81	188 246,81	523,55	31,55	0,55	0,55	66,72	5,60
	1375	273 501,40	188 253,05	528,80	36,90	0,50	0,50	64,71	4,20
	1393	273 751,86	188 245,58	533,35	48,30	0,30	0,30	64,81	5,60
	1423	274 001,41	188 245,80	541,10	57,50	1,30	1,30	64,44	6,14
	1507	274 499,58	188 248,36	532,65	57,70	0,60	0,60	60,44	9,45
	1507	274 499,58	188 248,36	532,65	57,70	0,60	0,60	60,44	9,45
18	1319	272 749,60	187 998,16	515,50	20,70	0,50	0,50	59,14	6,66
	36	272 998,83	187 994,22	518,41	25,35	0,25	0,25	62,80	3,67
	1357	273 251,30	187 999,79	527,35	37,00	0,60	0,60	61,62	6,65
	1394	273 750,24	188 000,62	543,15	58,60	0,50	0,50	66,34	8,40
	316	273 999,02	188 000,49	535,34	55,40	0,40	0,40	70,80	4,91
	317	274 500,01	188 000,25	520,46	47,40	0,40	0,40	65,65	5,31
19	1320	272 748,45	187 748,08	516,35	23,40	0,80	0,80	51,43	9,80
	1336	273 001,10	187 748,32	513,35	22,80	0,60	0,60	66,02	5,60
	1358	273 251,39	187 748,13	519,20	30,10	1,20	1,20	59,17	4,90
	1374	273 498,58	187 748,18	530,35	46,60	0,40	0,40	68,33	5,25

	1395	273 749,79	187 748,18	547,30	65,40	0,65	0,65	62,00	11,90
	1411	273 999,93	187 747,63	546,50	68,65	1,60	1,60	65,82	6,30
20	1321	272 748,21	187 498,05	508,50	18,60	0,70	0,70	64,90	5,60
	304	273 000,05	187 500,10	513,20	26,70	1,50	1,20	65,75	5,56
	1359	273 250,86	187 500,98	522,90	37,10	0,65	0,65	62,72	7,00
	305	273 500,05	187 500,15	530,91	48,70	1,20	1,20	63,69	5,42
	1396	273 754,25	187 499,45	523,75	43,10	1,40	1,40	66,46	6,65
	306	273 999,97	187 500,03	540,06	64,50	0,70	0,70	68,48	5,72
	307	274 499,80	187 499,98	521,60	49,90	0,40	0,40	63,00	5,44
21	1322	272 749,59	187 250,05	504,35	15,60	0,70	0,70	60,96	6,90
	1335	273 000,34	187 250,76	510,85	23,30	1,35	1,10	57,49	6,72
	1360	273 251,25	187 250,77	514,40	33,00	2,00	2,00	61,13	7,17
	1373	273 498,80	187 251,35	514,75	35,40	1,00	1,00	63,16	7,00
	1397	273 749,00	187 251,24	524,70	48,70	1,20	1,05	62,07	6,75
	1410	274 000,47	187 250,68	532,15	57,95	1,25	1,25	67,81	3,91
22	1323	272 750,88	187 002,15	501,35	12,65	0,55	0,55	63,87	5,60
	39	273 092,21	186 961,50	515,65	33,40	1,00	1,00	64,64	6,70
	1361	273 250,06	187 003,83	519,05	40,25	1,25	1,00	59,04	7,42
	293	273 500,13	187 000,32	510,40	32,90	1,20	0,80	63,70	7,16
	294	273 999,07	186 993,50	522,88	48,90	2,70	2,50	69,77	5,24
	295	274 499,71	186 999,72	523,55	57,20	0,50	0,50	71,18	5,09

23	1324	273 749,87	186 750,42	510,60	19,10	1,25	0,90	60,34	5,63
	1334	272 999,98	186 750,40	510,20	38,80	2,30	1,85	60,43	7,37
	1362	273 249,33	186 750,63	512,65	34,85	1,40	1,40	61,71	6,32
	1372	273 500,11	186 751,06	506,12	32,00	0,45	0,45	50,52	8,75
	1409	273 999,59	186 751,11	512,50	44,10	0,90	0,90	66,94	5,95
24	1325	273 750,39	186 496,63	498,20	16,50	0,85	0,85	56,88	8,27
	43	273 001,80	186 497,02	504,44	24,35	1,15	1,15	61,71	7,38
	1363	273 252,43	186 498,75	498,65	22,40	1,50	1,50	63,61	6,00
	284	273 500,21	186 500,50	502,57	30,70	1,85	1,35	62,82	6,42
	1400	273 749,51	186 497,61	511,15	40,30	1,60	1,50	60,64	6,30
	1408	274 000,00	186 499,72	509,05	41,40	0,60	0,60	65,30	7,00
	285	274 500,01	186 500,02	515,68	47,20	0,90	0,90	71,91	4,59
25	1326	272 751,10	186 247,00	495,30	13,00	0,80	0,80	57,30	4,55
	1333	273 001,21	186 246,18	498,20	21,00	0,30	0,30	65,72	6,65
	1364	273 254,44	186 248,53	499,05	23,10	1,00	1,00	66,18	6,30
	1371	273 502,33	186 251,07	501,35	27,30	1,00	1,00	65,81	6,65
	1401	273 750,09	186 254,23	502,95	30,75	1,15	1,15	64,64	5,60
	26	274 011,33	186 306,32	510,82	41,50	0,60	0,60	63,64	8,75
26	1327	272 751,19	186 002,59	493,90	13,05	2,05	1,45	58,07	8,75
	45	273 068,50	185 913,60	494,06	14,70	1,25	0,85	58,17	5,54
	1365	273 257,21	185 997,15	494,85	16,25	0,45	0,45	63,20	8,05

	48	273 505,00	185 993,70	504,08	27,25	0,55	0,55	67,98	6,26
	1402	273 749,59	185 997,04	505,00	31,40	1,00	0,85	65,11	6,25
	268	274 500,00	185 997,00	506,97	39,00	1,05	1,05	71,65	4,90
27	1328	272 751,70	185 746,95	492,80	8,20	1,50	1,15	63,86	6,53
	1332	273 000,69	185 745,97	491,55	9,90	0,20	0,20	64,07	8,40
	1366	273 259,24	185 746,48	491,75	13,50	1,30	1,30	62,00	7,60
	1370	273 507,11	185 745,49	496,15	19,20	1,05	1,05	54,11	8,05
	1407	274 008,73	185 744,84	507,60	37,20	0,60	0,60	65,45	7,01
28	1329	272 751,96	185 492,80	490,05	2,40	0,70	0,70	59,90	5,78
	50	273 004,40	185 496,50	489,49	6,70	1,00	1,00	58,06	9,10
	1367	273 262,35	185 493,62	489,70	10,30	0,90	0,90	60,63	7,35
	51	273 510,00	185 492,60	493,20	16,40	1,30	1,30	65,63	5,57
	1404	273 748,45	185 496,96	500,75	26,70	0,80	0,80	68,28	8,75
	1406	274 010,61	185 498,55	508,55	36,00	1,40	1,35	63,61	6,88
	52	274 508,40	185 492,70	494,14	26,90	1,65	1,65	68,46	5,76
29	1330	272 752,09	185 255,56	493,65	11,70	2,60	2,60	64,60	4,90
	1331	273 004,85	185 254,92	486,20	1,90	1,30	1,30	47,75	9,85
	1368	273 264,08	185 255,11	488,05	7,90	1,30	1,30	62,54	8,80
	1369	273 512,10	185 255,00	488,40	11,55	1,35	1,35	60,90	6,40
	1405	273 750,30	185 254,95	492,95	17,70	1,45	1,45	62,17	5,90
	25	273 952,20	185 369,70	504,19	31,30	0,70	0,70	64,02	8,31

30	414	273 249,10	185 000,60	487,94	8,80	1,10	1,10	61,24	6,88
	54	273 513,70	184 994,40	487,35	9,90	1,70	1,50	63,49	6,51
	415	273 749,25	185 000,49	491,58	17,30	0,80	0,80	61,64	8,40
	202	273 996,50	185 003,00	497,13	25,80	1,35	1,35	63,10	7,35
31	424	273 499,20	184 750,70	486,80	3,30	0,70	0,70	49,85	10,07
	425	273 750,52	184 750,88	491,57	12,30	0,40	0,40	60,61	5,60

• Les donnés de sillon A2 :

	N° Puits	X(m)	Y(m)	Z(m)	Toit (m)	PT(m)	PM(m)	BPL%	CO2 %
14	1390	273 748,96	189 001,27	507,30	2,30	0,40	0,40	55,53	9,45
15	1338	272 998,38	188 752,80	531,10	15,20	4,10	4,10	56,56	7,14
	1376	273 497,87	188 753,61	539,55	27,60	1,40	1,40	62,55	6,30
	1391	273 752,20	188 753,17	518,25	10,00	2,00	2,00	64,50	7,00
	1413	274 000,58	188 755,62	506,70	6,10	0,90	0,90	57,70	10,15
16	1317	272 750,46	188 499,51	525,00	13,40	3,50	3,50	59,22	8,14
	326	273 000,00	188 499,76	532,34	20,90	3,50	3,50	68,00	6,88
	1355	273 250,00	188 500,27	527,65	16,80	2,30	2,30	60,75	7,98
	327	273 500,00	188 499,75	541,54	32,90	4,00	4,00	60,73	7,61
	1392	273 750,71	188 502,23	545,00	44,60	1,85	1,65	58,24	4,36
	328	274 000,01	188 499,69	545,78	45,70	3,90	3,80	60,57	7,78

	329	274 499,97	188 500,01	534,24	40,20	4,00	3,20	60,01	6,65
17	1318	272 751,50	188 247,65	523,90	11,90	2,70	2,70	60,38	7,72
	1337	273 001,58	188 247,82	522,25	13,70	4,80	4,80	58,18	9,45
	1356	273 251,81	188 246,81	523,55	15,40	4,15	4,15	60,08	9,09
	1375	273 501,40	188 253,05	528,80	20,80	4,70	4,70	59,45	7,56
	1393	273 751,86	188 245,58	533,35	31,60	3,40	3,40	60,16	8,75
	1423	274 001,41	188 245,80	541,10	42,90	2,80	2,80	53,53	6,49
	1507	274 499,58	188 248,36	532,65	40,70	3,70	3,70	54,24	8,90
18	1319	272 749,60	187 998,16	515,50	5,00	3,40	3,40	58,95	7,66
	36	272 998,83	187 994,22	518,41	9,00	3,80	3,80	63,48	5,75
	1357	273 251,30	187 999,79	527,35	20,40	2,70	2,70	54,88	6,97
	315	273 500,00	187 999,88	536,22	32,60	3,30	2,90	61,71	7,35
	1394	273 750,24	188 000,62	543,15	39,90	3,60	3,60	57,93	9,06
	316	273 999,02	188 000,49	535,34	37,20	5,50	4,60	56,39	5,97
	317	274 500,01	188 000,25	520,46	27,30	3,00	3,00	60,47	7,21
19	1320	272 748,45	187 748,08	516,35	6,80	3,30	3,30	59,34	6,68
	1336	273 001,10	187 748,32	513,35	5,50	4,30	4,30	60,04	8,42
	1358	273 251,39	187 748,13	519,20	13,10	2,00	2,00	56,39	6,30
	1374	273 498,58	187 748,18	530,35	29,70	3,00	2,00	63,05	7,21
	1395	273 749,79	187 748,18	547,30	49,20	4,40	4,40	60,35	9,91

	1411	273 999,93	187 747,63	546,50	50,85	3,70	3,70	57,28	8,48
20	1321	272 748,21	187 498,05	508,50	3,50	1,20	1,20	54,01	10,50
	304	273 000,05	187 500,10	513,20	6,90	4,70	4,70	50,60	8,76
	1359	273 250,86	187 500,98	522,90	17,90	4,15	4,15	53,47	8,12
	305	273 500,05	187 500,15	530,91	30,90	4,30	4,30	61,58	7,21
	1396	273 754,25	187 499,45	523,75	26,60	4,30	4,30	59,27	8,84
	307	274 499,80	187 499,98	521,60	31,40	4,30	4,30	62,35	6,74
21	1335	273 000,34	187 250,76	510,85	4,20	3,90	3,90	59,52	6,62
	1360	273 251,25	187 250,77	514,40	13,50	3,65	3,65	58,91	8,18
	1373	273 498,80	187 251,35	514,75	16,80	3,70	3,70	59,53	7,28
	1397	273 749,00	187 251,24	524,70	30,00	3,25	3,25	58,65	8,57
	1410	274 000,47	187 250,68	532,15	41,40	5,00	4,70	57,38	7,03
22	39	273 092,21	186 961,50	515,65	14,00	3,70	3,25	57,05	8,24
	1361	273 250,06	187 003,83	519,05	19,70	3,10	3,10	60,21	7,90
	293	273 500,13	187 000,32	510,40	12,80	5,80	4,80	59,08	6,83
	1398	273 750,76	187 000,82	513,05	19,20	4,40	4,25	58,12	8,35
	294	273 999,07	186 993,50	522,88	31,30	3,40	3,40	62,53	7,14
	295	274 499,71	186 999,72	523,55	37,70	3,30	3,30	60,68	7,35
23	1324	273 749,87	186 750,42	510,60	3,20	1,10	1,10	50,43	11,20
	1334	272 999,98	186 750,40	510,20	11,40	3,50	3,50	53,19	7,00

	1362	273 249,33	186 750,63	512,65	15,20	3,50	3,50	59,70	8,98
	1372	273 500,11	186 751,06	506,12	10,90	4,80	4,20	56,71	8,59
	1409	273 999,59	186 751,11	512,50	22,40	5,00	5,00	58,40	7,14
24	43	273 001,80	186 497,02	504,44	4,45	4,15	1,85	56,75	8,02
	1363	273 252,43	186 498,75	498,65	1,80	3,60	3,60	52,97	10,75
	284	273 500,21	186 500,50	502,57	9,90	4,70	4,50	58,89	7,59
	1408	274 000,00	186 499,72	509,05	20,20	4,60	4,00	59,18	8,26
	285	274 500,01	186 500,02	515,68	26,00	4,10	4,10	60,57	6,58
25	1364	273 254,44	186 248,53	499,05	3,70	2,60	2,60	51,32	10,17
	1371	273 502,33	186 251,07	501,35	6,40	4,60	3,90	58,56	5,96
	1401	273 750,09	186 254,23	502,95	10,20	5,20	4,90	57,69	7,72
	26	274 011,33	186 306,32	510,82	19,80	5,90	5,90	57,18	7,27
26	48	273 505,00	185 993,70	504,08	7,10	3,45	3,45	61,22	8,69
	1402	273 749,59	185 997,04	505,00	11,00	4,20	4,20	57,62	7,96
	268	274 500,00	185 997,00	506,97	18,10	5,65	5,20	58,36	7,60
27	1366	273 259,24	185 746,48	491,75	8,40	5,00	4,60	58,90	7,64
	1370	273 507,11	185 745,49	496,15	16,50	6,60	6,10	57,30	7,77
28	52	274 508,40	185 492,70	494,14	7,30	5,60	5,00	59,31	7,85

- Les donnés de sillon B :

N° Profil	N° Puits	X(m)	Y(m)	Z(m)	Toit	PT	PM	BPL%	CO2 %
14	338	272 998,11	188 982,85	533,93	7,40	0,40	0,40	68,88	4,78
	1353	273 300,96	188 999,00	535,10	9,30	1,05	1,05	61,36	5,60
15	1338	272 998,38	188 752,80	531,10	4,90	0,70	0,70	56,77	7,85
	1376	273 497,87	188 753,61	539,55	13,60	0,50	0,50	63,00	26,95
	1391	273 752,20	188 753,17	518,25	2,60	0,90	0,90	64,65	7,31
16	326	273 000,00	188 499,76	532,34	9,30	1,10	1,10	62,06	8,01
	1355	273 250,00	188 500,27	527,65	4,25	0,60	0,60	62,98	7,43
	327	273 500,00	188 499,75	541,54	20,90	0,80	0,80	61,34	8,55
	1392	273 750,71	188 502,23	545,00	28,25	0,75	0,75	50,00	10,71
	328	274 000,01	188 499,69	545,78	33,30	1,00	1,00	63,99	7,11
	329	274 499,97	188 500,01	534,24	27,20	0,70	0,70	62,47	8,17
17	1318	272 751,50	188 247,65	523,90	0,60	0,40	0,40	42,22	12,95
	1337	273 001,58	188 247,82	522,25	2,10	1,05	1,05	61,36	10,04
	1356	273 251,81	188 246,81	523,55	3,60	1,20	1,20	61,68	9,62
	1375	273 501,40	188 253,05	528,80	11,00	0,60	0,60	59,32	7,00
	1393	273 751,86	188 245,58	533,35	19,80	1,15	1,15	58,67	8,65
	1423	274 001,41	188 245,80	541,10	31,10	0,80	0,80	60,98	7,00
	317	274 500,01	188 000,25	520,46	17,40	1,10	1,10	63,05	7,41
18	1357	273 251,30	187 999,79	527,35	9,00	1,30	1,30	61,19	5,79

	315	273 500,00	187 999,88	536,22	21,30	0,90	0,90	64,68	6,66
	1394	273 750,24	188 000,62	543,15	31,30	0,50	0,50	63,37	6,65
	316	273 999,02	188 000,49	535,34	26,75	0,25	0,25	63,95	5,71
	317	274 500,01	188 000,25	520,46	17,40	1,10	1,10	63,05	7,41
19	1358	273 251,39	187 748,13	519,20	3,80	0,60	0,45	57,16	7,97
	1374	273 498,58	187 748,18	530,35	19,45	0,95	0,95	67,55	5,76
	1395	273 749,79	187 748,18	547,30	38,80	1,10	1,10	59,00	8,52
	1411	273 999,93	187 747,63	546,50	39,75	1,25	1,25	56,62	7,96
20	1359	273 250,86	187 500,98	522,90	8,40	0,60	0,60	51,01	8,40
	305	273 500,05	187 500,15	530,91	22,80	1,10	1,10	62,42	7,33
	1396	273 754,25	187 499,45	523,75	16,40	1,20	0,90	51,80	7,38
	306	273 999,97	187 500,03	540,06	35,40	1,10	1,10	64,60	6,21
21	1360	273 251,25	187 250,77	514,40	3,55	0,85	0,85	59,07	6,34
	1373	273 498,80	187 251,35	514,75	6,30	0,80	0,80	62,90	4,68
	1397	273 749,00	187 251,24	524,70	19,90	0,90	0,90	57,85	9,45
	1410	274 000,47	187 250,68	532,15	30,10	1,15	1,15	52,52	7,98
22	39	273 092,21	186 961,50	515,65	4,40	1,00	1,00	50,00	5,60
	1361	273 250,06	187 003,83	519,05	10,35	0,50	0,50	63,15	5,95
	293	273 500,13	187 000,32	510,40	3,20	0,60	0,60	63,03	7,04
	1398	273 750,76	187 000,82	513,05	9,10	0,70	0,70	64,17	6,65
	294	273 999,07	186 993,50	522,88	20,30	0,80	0,80	65,29	7,12

	295	274 499,71	186 999,72	523,55	28,10	1,00	1,00	69,41	4,24
23	1334	272 999,98	186 750,40	510,20	1,70	0,50	0,50	50,43	6,30
	1362	273 249,33	186 750,63	512,65	7,20	0,80	0,80	58,67	7,74
	1409	273 999,59	186 751,11	512,50	12,50	0,70	0,70	57,30	6,30
24	284	273 500,21	186 500,50	502,57	1,00	0,90	0,90	52,88	9,36
	1400	273 749,51	186 497,61	511,15	1,50	1,00	1,00	56,80	8,40
	1408	274 000,00	186 499,72	509,05	11,60	0,60	0,60	66,48	4,50
	285	274 500,01	186 500,02	515,68	16,40	0,90	0,90	61,27	7,72
25	26	274 011,33	186 306,32	510,82	10,50	1,10	1,10	62,39	7,00
26	1402	273 749,59	185 997,04	505,00	2,85	1,05	1,05	58,36	7,88
	268	274 500,00	185 997,00	506,97	9,40	0,75	0,75	61,93	7,08
29	25	273 952,20	185 369,70	504,19	3,05	1,15	1,15	59,35	8,84

ANNEXE III :

Bases de Données Utilisée en AutoCAD

(Réalisation des coupes lithologique) :

- **Bases de données de la coupe 1 :**

N°	X	Y	Z	N° Puits
1	274080	186200	513	
2	274080	186256	513	
3	274080	186272	512,5	
4	274080	186279	512,2	26
5	274080	186340	510	
6	274080	186388	512,2	
7	274080	186425	512,6	
8	274080	186452	513,3	1408
9	274080	186471	514	
10	274080	186510	515	
11	274080	186546	516	
12	274080	186619	516,5	

13	274080	186639	515	
14	274080	186657	514,25	
15	274080	186684	513	
16	274080	186692	513	1409
17	274080	186732	514	
18	274080	186743	514,5	
19	274080	186759	515	
20	274080	186781	516	
21	274080	186805	517	
22	274080	186828	518	
23	274080	186847	519	
24	274080	186868	520	
25	274080	186885	521	
26	274080	186911	522	
27	274080	186924	522,5	
28	274080	186936	523	
29	274080	186950	523,5	
30	274080	186979	524	294
31	274080	187032	525	
32	274080	187046	525,5	
33	274080	187064	526	

34	274080	187089	527	
35	274080	187116	528	
36	274080	187129	529	
37	274080	187143	530	
38	274080	187156	531	
39	274080	187167	532	
40	274080	187178	533	
41	274080	187187	534	
42	274080	187194	535	
43	274080	187202	536	1410
44	274080	187211	537	
45	274080	187218	538	
46	274080	187231	539	
47	274080	187240	540	
48	274080	187250	540,5	
49	274080	187266	541	
50	274080	187326	541,5	
51	274080	187348	540	

- **Base de données de la coupe 2 :**

N°	X	Y		N° PUIT
1	174080	187204	531	
2	174080	187214	532	
3	174080	187225	533	
4	174080	187234	534	
5	174080	187241	535	
6	174080	187250	536	1410
7	174080	187257	537	
8	174080	187264	538	
9	174080	187271	538,5	
10	174080	187277	539	
11	174080	187282	539,5	
12	174080	187288	540	
13	174080	187298	540,5	
14	174080	187310	541	
15	174080	187370	541	
16	174080	187393	540,5	

17	174080	187408	540	
18	174080	187419	539,5	
19	174080	187432	539	
20	174080	187432	538,5	
21	174080	187449	538	
22	174080	187458	537,5	
23	174080	187464	537	
24	174080	187478	536	
25	174080	187492	535	
26	174080	187504	534	306
27	174080	187516	533	
28	174080	187528	532	
29	174080	187539	531	
30	174080	187552	530	
31	174080	187569	530	
32	174080	187579	531	
33	174080	187591	532	
34	174080	187604	533	
35	174080	187613	534	
36	174080	187624	535	
37	174080	187631	536	

38	174080	187639	537	
39	174080	187646	538	
40	174080	187652	539	
41	174080	187660	540	
42	174080	187668	541	
43	174080	187675	542	
44	174080	187688	543	
45	174080	187693	543,5	
46	174080	187702	544	
47	174080	187712	544,5	
48	174080	187724	545	
49	174080	187765	545	1411
50	174080	187776	544,5	
51	174080	187784	544	
52	174080	187790	543,5	
53	174080	187795	543	
54	174080	187806	542	
55	174080	187813	541	
56	174080	187821	540	
57	174080	187830	539	
58	174080	187841	538	

59	174080	187851	537	
60	174080	187870	536	
61	174080	187922	536	
62	174080	187950	536	
63	174080	187967	535	
64	174080	187980	534	
65	174080	187997	533	316
66	174080	188010	532	
67	174080	188016	531,5	
68	174080	188022	531	
69	174080	188030	530,5	
70	174080	188035	530	
71	174080	188041	529,5	
72	174080	188050	528,7	
73	174080	188054	528,4	
74	174080	188059	527,8	
75	174080	188065	527,25	
76	174080	188072	526,5	
77	174080	188075	526,5	
78	174080	188085	527,25	
79	174080	188093	527,8	

80	174080	188112	529	
81	174080	188129	530	
82	174080	188147	531	
83	174080	188166	532	
84	174080	188182	533	
85	174080	188189	533,5	
86	174080	188196	533,8	
87	174080	188205	534	
88	174080	188215	535	
89	174080	188223	535,5	
90	174080	188232	536	
91	174080	188243	536,5	
92	174080	188250	537	1412
93	174080	188255	537,5	
94	174080	188268	538	
95	174080	188286	538	
96	174080	188300	537,5	
97	174080	188309	537	
98	174080	188313	536,5	
99	174080	188320	536	
100	174080	188327	535	

101	174080	188335	534	
102	174080	188340	533	
103	174080	188349	533	
104	174080	188359	534	
105	174080	188377	535	
106	174080	188390	536	

Notations principales et abréviations :

BPL	Bone Phosphate of Lime (BPL = 2, 18 * %P ₂ O ₅)
BG	Ben Guérir
BC	Box- Cut
CD	Coefficient de Densité
OCP	Office Chérifien des Phosphates
PH	Puissance Phosphatée
PM	Puissance Minéralisée
P₂O₅	Anhydride phosphorique
SA₂	Sillon A2
SB	Sillon B
T	Tranchet
THC	Tonnage Humide Criblé
VP	Volume Phosphaté
VS	Volume de Stérile
Z T	Altitude de la couche

Lexique :

Bases de données : sont des outils efficaces pour la saisie, le stockage, l'interrogation à travers un système de gestion de base de données afin de pouvoir organiser les informations.

BPL : Bone Phosphate of Lime ou Phosphate de chaux des os. C'est le produit "noble" recherché. Sa forme naturelle est le phosphate tricalcique ou l'apatite Ca₃(PO₄)₂ qui cristallise dans le système hexagonal. Le BPL est obtenu par la formule : $BPL = P_2O_5 \times 2,1853$.

Coupe moyenne : est une représentation verticale de l'ensemble des couches (niveaux phosphatés et intercalaires) dans le but de connaître leurs caractères physicochimiques, ainsi, cette coupe nous donne une idée générale sur la lithologie de chaque couche.

Lavée : Le phosphate subit un lavage qui lui ajoute de la pureté.

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.