

# Sommaire

## INTRODUCTION GENERALE

### CHAPITRE I : GÉNÉRALITÉS SUR LES PHOSPHATES

#### I.1. INTRODUCTION

#### I.2. THEORIES DE LA PHOSPHATOGENESE

#### I.3. LES GISEMENTS PHOSPHATES EXPLOITENT DANS LE MONDE

##### I.3.1. Les gisements sédimentaires

##### I.3.2. Les gisements d'origine ignée

##### I.3.3. Les gisements de type Guanos

#### I.4. REPARTITION DES PHOSPHATES DU MONDE

#### I.5. UTILITES DES PHOSPHATES

#### I.6. METHODES D'EXPLOITATIONS DES PHOSPHATES

### CHAPITRE II : L'ETUDE TECHNIQUE

#### II.1. INTRODUCTION

#### II.2. GEOGRAPHIE ET GEOLOGIE DE GISEMENT DE LA MINE NORD

##### II.2.1. Aperçu géographique du gisement

##### II.2.2. Cadre géologique du gisement

##### II.2.3. Découpage chrono-stratigraphique

#### II.3. HYDROGEOLOGIE ET CLIMATOLOGIE DE GISEMENT DE LA MINE NORD

##### II.3.1. Aperçu hydrogéologique de gisement phosphaté GANTOUR

##### II.3.2. Aperçu climatologique de gisement phosphaté GANOUTR

#### II.4. STRATIGRAPHIE DE LA SERIE PHOSPHATEE DU GISEMENT DE GANTOUR

#### II.5. ETUDE GEO MINIERE DES COUCHES 4 ET 5 DE PANNEAU 5 DE LA mine NORD

**II.5.1. Coupe litho stratigraphique du tranchet F5 via AUTOCAD**

**II.5.2. Réalisation d'un logue stratigraphique du panneau 5**

**II.5.3. Etablissement des bases de données d'alimentation pour ARCGIS**

**II.5.4. Etablissement des cartes structurales des couches 4 et 5**

**II.5.5. Cartes iso-valeurs des couches 4 et 5**

a- Cartes iso teneurs

b- Cartes iso paches

**II.5.6. Etude de qualité**

**II.5.7. Elaboration des cartes listing case en fonction de la qualité**

**II.5.8. Estimation d'épuisement des réserves**

**II.5.9. Estimation des réserves**

**CONCLUSION**

# REMERCIEMENT

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont contribué au succès de notre stage et qui nous ont aidés lors de la rédaction de ce rapport

Tout d'abord, Nous tenons à remercier vivement notre maître de stage, **Mr ALAMI ABDELMAJID, responsable du service géologie au sein de l'office chérifien des phosphates de BEN GUERIR**, pour son accueil, le temps passé ensemble et le partage de son expertise au quotidien. Grâce aussi à sa confiance on a pu accomplir totalement dans nos missions avec son aide précieuse dans les moments les plus délicats.

Nous adressons nos remerciements à notre professeur, **Mr RAOUF JABRANE de La Faculté Des Sciences et Techniques de FES** qui nous a beaucoup aidé dans notre recherche de stage et nous a permis de postuler dans cette entreprise. Son écoute et ses conseils nous ont permis de cibler nos candidatures et de trouver ce stage qui nous correspondait totalement.

On remercie également toute l'équipe des agents OCP ainsi le groupe des stagiaires pour leur accueil, leur esprit d'équipe et en particulier **Mr ANJJAR AHMED**, qui nous a beaucoup aidé à comprendre les problématiques d'exploitation et le travail technique...

Sans oublier bien sur les membres de jury qui vont assister le jour de la soutenance j'aurais l'honneur de profiter de leurs surplus.

## INTRODUCTION GENERALE

L'énoncé du sujet repose sur la stratigraphie de la série phosphatée de gisement de GANTOUR a BENGIR au but de cibler les couches qui devraient être exploitées du panneau 5 grâce au listing case et l'estimation des réserves effectuées par ARCGIS qui nous aide à évaluer la qualité d'une couche phosphatée et une étude pétrographique pour mettre en évidence les constituants des intercalaires repères des couches de phosphates tels que les argiles et les calcaires .

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

Moteur de l'économie nationale, le groupe OCP joue pleinement son rôle d'entreprise citoyenne . Cette volonté se traduit par la promotion de nombreuses initiatives, notamment en faveur du développement régional et de la création d'entreprises.

Dans un contexte de concurrence accrue, le Groupe OCP poursuit la politique de consolidation de ses positions traditionnelles et développe de nouveaux débouchés. Avec une exigence sans cesse réaffirmée : améliorer la qualité de ses produits tout en maintenant un niveau élevé en matière de sécurité et de protection de l'environnement.

Le Maroc possède les plus importants gisements des phosphates dans le monde, soit plus de trois quarts des réserves mondiales. Leur situation géographique, leur qualité marchande, et leur diversité confèrent au Maroc une place particulière dans le commerce international : premier exportateur mondial des phosphates sous toutes ses formes, troisième producteur derrière les États-Unis et la Chine. Sa production est d'environ 26,6 millions de tonnes par an (OCP, 2010). C'est l'Office Chérifien du Phosphate (O.C.P) qui détient le monopole de l'exploitation. Il extrait le phosphate brut du sous-sol marocain grâce à des chantiers à ciel ouvert. Environ la moitié du minerai est exportée comme matière première. L'autre moitié est livrée aux industries chimiques du groupe, pour la transformée en produits dérivés commercialisables tels que, l'acide phosphorique de base, l'acide phosphorique purifié et les engrais solides.

Cette expérience est menée pour renforcer notre formation théorique et scientifique acquis à la faculté des sciences et techniques. Pour atteindre ces objectifs, nous avons assisté aux études de l'exploitation des gisements de Benguérir pour apprendre et maîtriser des techniques et des outils de la prospection, et également réaliser une étude analytique de ces phosphates au sein du service géologie et géométrie, du pôle mine de Benguérir.

# **CHAPITRE I : GENERALITES SUR LES PHOSPHATES**

## **I.1. INTRODUCTION**

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

**Tableau I. 1** : Répartition stratigraphique des gisements phosphatés dans le monde (SLANSKY, 1980).

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

## **I.2. THEORIES DE LA PHOSPHATOGENESE**

-Pour KAZAKOV (1950), le milieu phosphaté doit communiquer largement avec la haute mer pour permettre l'étalement des courants ascendants .

-Pour KEYSER et COOK (1972), les phosphates se sont formés sur une zone anticlinale, puis étalée de part et d'autre de cette zone haute pour donner du côté interne de sédiments riches en phosphate et du côté externe des dépôts pauvres (figure I.1) .

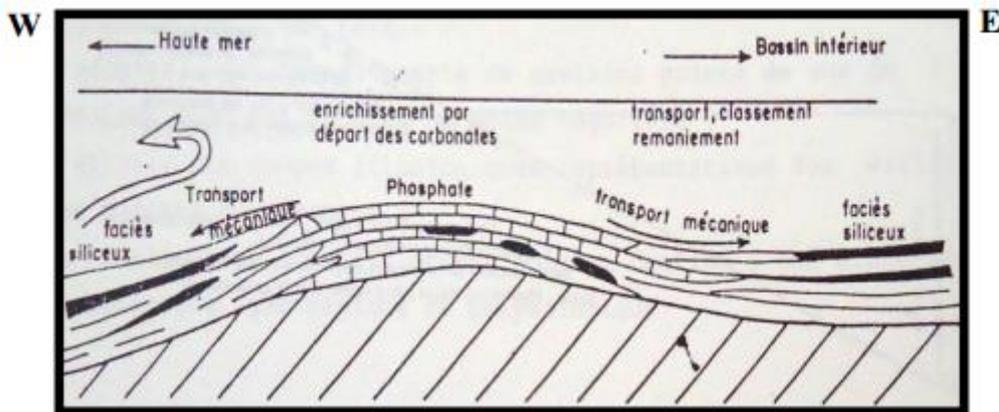


Figure I.1 : Phosphatogenèse pour KEYZER et COOK.

-HITE (1978) attribue aux bassins évaporitiques un rôle essentiel dans la formation des phosphates (Figure I.2)

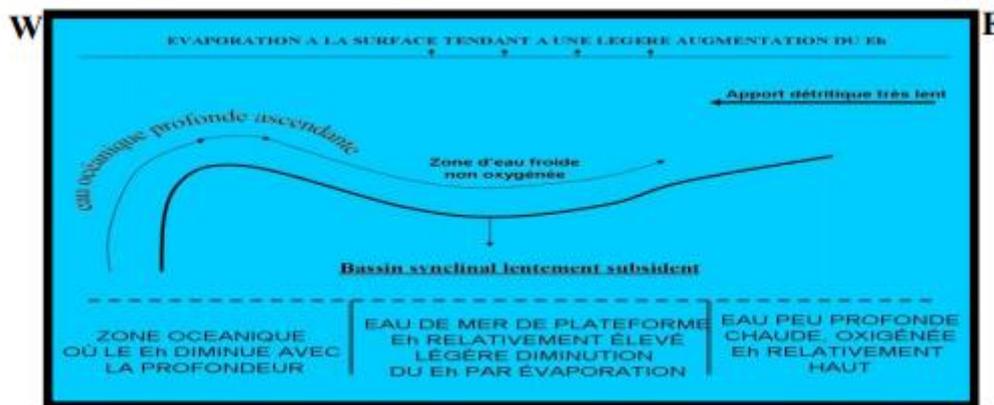


Figure I. 2 :Phosphatogenèse pour HITE 1978 .

Le dépôt des phosphates se réalise en trois étapes :

### ■ La formation de la minérale principale

Le minéral principal qui constitue les phosphates c'est l'apatite. La théorie retenue sur la formation de l'apatite c'est que, la principale source du phosphate provient des fonds marins grâce à des courants ascendants (courants froids provenant des fonds des océans) appelés les Upwellings Waters.

Les organismes vivants dans la plate-forme continentale concentrent le phosphore dans leurs squelettes, c'est ce phosphore qui reste après leurs morts.

Ce phosphore libéré dans l'eau se combine avec les carbonates  $(CO_3)^{2-}$  et le fluor  $(F^-)$  sous des conditions particulières (diagenèse précoce) pour former le Carbonate Fluorapatite (apatite fluorée et carbonatée).

### ■ La formation du grain phosphaté

Plusieurs phases minérales participent à la formation du grain phosphaté, mais, pour qui il y a une formation du grain phosphaté, il faut tenir compte principalement de l'hydrodynamisme (mouvement de l'eau de mer).

La période calme a permis la formation du grain et la période agitée réalise le triage mécanique (le façonnement et le classement des sédiments), c'est-à-dire que les gros grains se déposent en premier, puis les moyens et les fins en dernier.

#### ■ La formation des couches phosphatées

Les dépôts de phosphate sont constitués par une alternance des niveaux phosphatés (riches en phosphate) et des niveaux stériles (pauvre en phosphate).

### **I.3. LES GISEMENTS PHOSPHATES EXPLOITES DANS LE MONDE**

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

#### **I.3.1. Les gisements sédimentaires**

Les gisements sédimentaires sont les plus abondants en quantité et ont en général des teneurs sur place qui dépassent les 28% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Exemple : les gisements phosphatés marocains

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



**Figure I.3 : Répartition et localisation des gisements de phosphate au Maroc (OCP ,2009)**

Il s'agit de :

- Le bassin des OULAD ABDOUN au Nord : c'est le plus important des quatre bassins de phosphate du Maroc. L'exploitation commence en 1921 par la méthode souterraine. Le gisement des Oulad –Abdoun est en vérité un ensemble où on peut distinguer onze zones principales : Grand Daoui, Merâa El Arche, Khouribga, OuladSmaïn, Sidi Chennane, M'riz) et la zone orientale (Benguérir, N'zalet et Tassaout). (Figure I.3).
- Le bassin de Meskala au Sud situé à 150 km environ au Sud de Youssoufia, au pied de l'Atlas et à 70 km au SW des Jebilet occidentaux. Il comprend 3 zones : zone des Meskala, zone de Chichaoua et la zone d'Imi-n'Tanout. (Figure I.3).
- Le bassin d'OUED EDDAHAB, situé dans nos provinces sahariennes au Sud du pays, à une quarantaine de Kilomètres au Sud-Est de la ville de Lâayoune. Ce bassin forme un arc du Sud-Est de Lâayoune jusqu'à la côte Atlantique non loin de la ville de Dakhla. Sa limite extrême-orientale avec l'Oued Imesleguen. Les principales zones phosphatées de ce bassin sont : Zone d'Izic, zone de la Baadilalmesleguen et zone d'Izgui. (Figure I.3).

- Le bassin de GANTOUR au Centre avec deux zones: la zone occidentale (Youssoufia, recette 6 et Louta)

### **I.3.2. Les gisements d'origine ignée**

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

Exemple : Les gisements de Khibiny (Russie) sont liés à un complexe annulaire à syénite néphélinique, 16 millions de tonnes de minerais, la teneur est de 18 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ; et les gisements de Palabora (Afrique du Sud) de teneur moyenne plus faible. Les réserves d'apatite dans ce gisement sont associées à des carbonatites et des pyroxénites (apatite + serpentine + magnétite).

### **I.3.3. Les gisements de type Guanos**

Les gisements de type guanos sont formés à partir des déjections des oiseaux de mer qui contiennent environ 4 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. En général la qualité de ces phosphates est fort intéressante vis à vis de leur quantité.

Exemples : Les gisements de l'île Nauru dans l'océan pacifique contiennent 90 millions de tonnes de minerai de 39 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, et les gisements de l'île Christmas dans l'océan indien contiennent 200 millions de tonnes de minerai d'une teneur de 23 jusqu'à 27 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

## **I.4. REPARTITION DES PHOSPHATES DU MONDE**

La figure I.4 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 %



**Figure I.4 :** Estimation des réserves mondiales de phosphate en milliard de tonnes (OCP ,2011).

## **I.5. UTILITES DES PHOSPHATES**

Le produit de base de l'industrie des phosphates est l'acide phosphorique. C'est un produit intermédiaire sous forme de liquide, utilisé dans la fabrication d'une grande variété d'engrais et de produits chimiques :

Exemples d'engrais phosphatés

- Monoammonium phosphate (MAP) : Il est soluble dans l'eau complètement, généralement appliqué sous la forme granulaire et utilisée dans la formulation d'engrais en suspension. Comme un matériau granulaire.
- Diammonium phosphate (DAP) : Il est fabriqué par réaction d'acide phosphorique et de l'ammoniac et qui contient deux molécules d'ammoniac.
- Triple superphosphate (TSP) : il est connu sous le nom dihydrogénophosphate de calcium et de phosphate monocalcique,  $[Ca (H_2PO_4)_2 \cdot H_2O]$ . Il est une excellente source de P, mais son utilisation a diminué que d'autres engrais phosphatés qui sont devenus plus populaires.

Exemples d'industries utilisant l'acide phosphorique

Les industries utilisant le phosphates sont nombreuses : les détergents, les peintures, les engrais, l'agroalimentaire, la production de l'uranium (par des solvants organiques dans l'acide phosphorique non concentré). Ils sont donc quasiment indispensables, à notre économie

## **I.6. METHODES D'EXPLOITATIONS**

## La Foration

La foration est l'opération qui consiste à percer des trous de diamètres déterminés dans le sol. Ces trous reçoivent ensuite des charges d'explosif pour fragmenter les terrains, elle constitue la première opération de la chaîne d'exploitation et conditionne dans une large mesure toutes les opérations en aval.

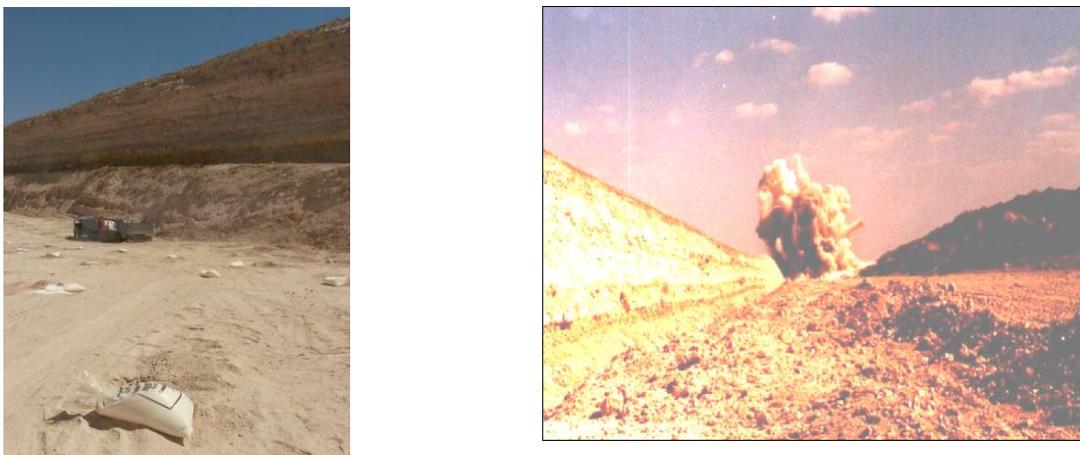
L'utilisation inadaptée des paramètres de foration affecte le rendement des sondeuses ainsi que les performances des outils de foration, et par conséquent l'augmentation du prix de revient.



**Figure I.5 : Foration**

## Le sautage

Le sautage vient après la Foration afin de 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.



**Figure I.6 : Sautage**

La photo présente des sachets d'AMMONIX de 25kg qu'on dépose à chaque trou de forage il s'agit de la matière explosive.

## Le Décapage

Le décapage est une opération qui consiste à enlever les stériles et découvrir les couches phosphatées par le moyen des machines de décapage appelées « Dragline ».



**Figure I.7 : Décapage**

## Le défruitage et le Transport

Le défruitage est l'opération qui sert à récupérer le minerai pour le transporter à la station de criblage par les camions. Le défruitage s'effectue à l'aide des machines telles que les chargeuses et les poulins.



**Figure I.8 : Défruitage et Transport**

## L'ÉPIERRAGE

Après le défruitage, le phosphate est épierré (c'est-à-dire casser les grandes pierres qui contiennent des phosphates).

Elle est constituée de :

Trémies d'alimentation : elles sont destinées à recevoir le phosphate transporté par les camions.



**Figure I.9 : Epierrage**

## CHAPITRE II : L'ETUDE TECHNIQUE

### II.1. INTRODUCTION

La zone étudiée occupe la partie centrale d'un grand bassin phosphaté marocain : c'est le bassin des Gantour. Elle est reconnue par le centre minier de Benguérir situé à 70 Km de Marrakech et 60 Km de l'Youssoufia .

### II.2. GEOGRAPHIE ET GEOLOGIE DE GISEMENT DE LA MINE NORD

#### II.2.1. Aperçu géographique du gisement

La zone d'étude est située entre les méridiens 32°10 et 38°20 et les parallèles 7°15 et 8°35. C'est une entité structurale bien définie géographiquement et géologiquement: c'est le plateau de phosphate des Gantour. Les phosphates de cette région sont d'âge Crétacé supérieur (Maastrichtien) jusqu'à l'Eocène moyen (Lutétien). Ils s'étendent sur une superficie de 120 Km de long et 30 km de large ; leur exploitation est assurée par la Direction des Exploitations Minières des Gantour (Figure II.1).

Le gisement de Benguérir est limité respectivement à l'Est et à l'Ouest par les gisements de N'ZALET LAARARCHA et LOUTA, au Nord par le massif des REHAMNA et s'ennoient vers le Sud sous les dépôts récents de la BAHIRA.

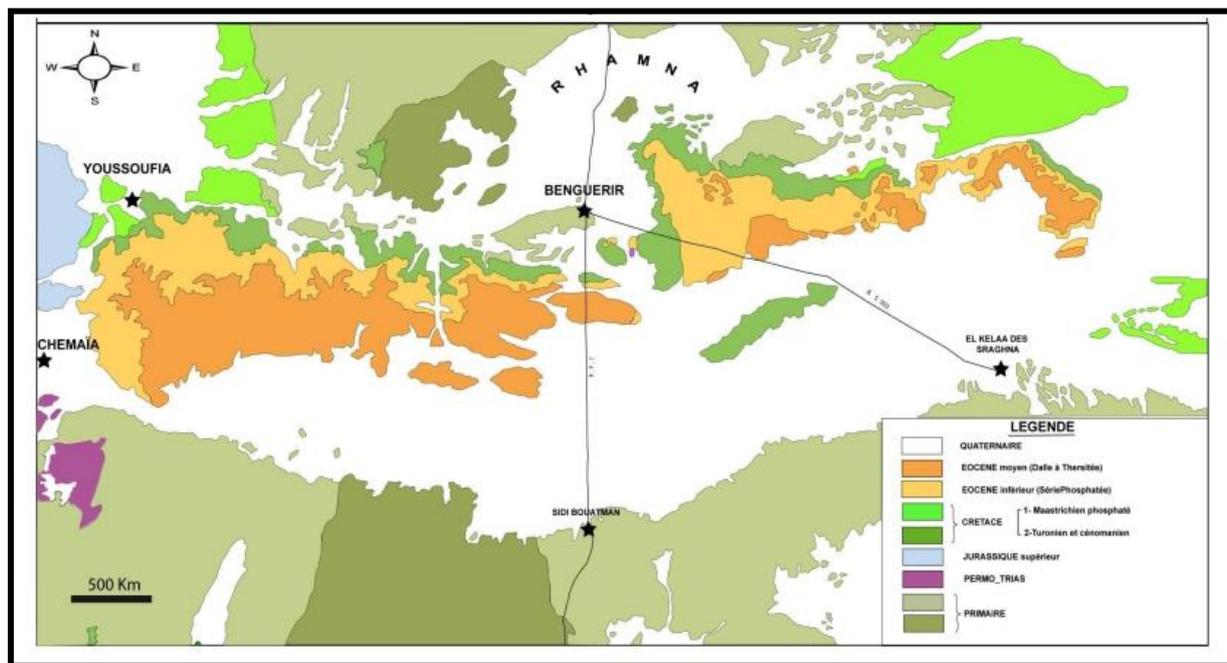


Figure II.1 : Carte géologique du bassin de Gantour (Carte géologique du Maroc) .

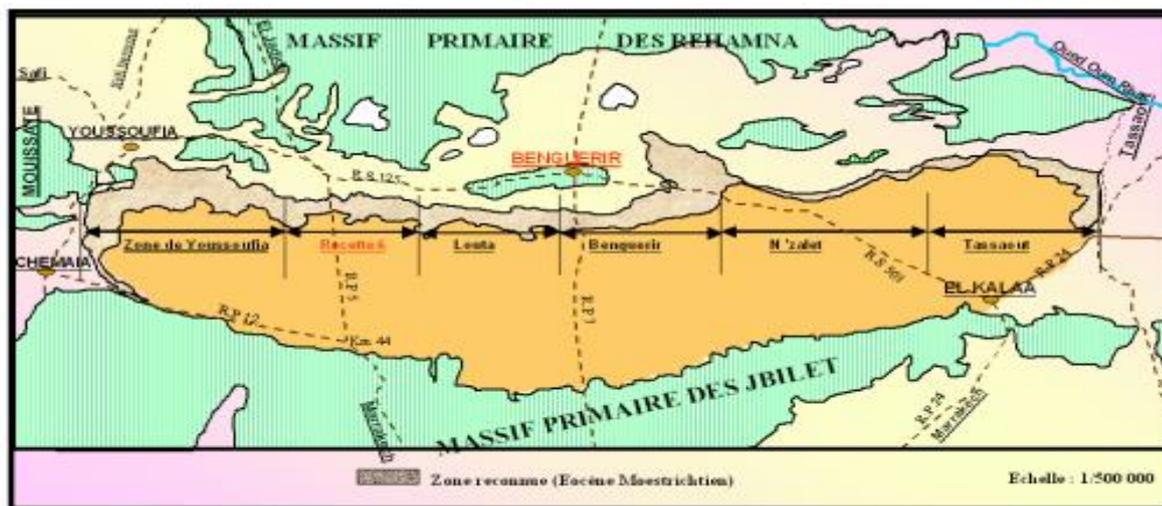
## II.2.2. Cadre géologique du gisement

Le gisement de Benguerir est situé dans le bassin des Gantour qui constitue l'un des quatre principaux bassins phosphatés marocains. Il 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 avec des niveaux diverse et se présente sous forme de bancs phosphatés (couche, sillons et faisceaux) et sous forme des niveaux stériles à peu phosphatés (intercalaires).

Le gisement de Benguerir 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 Benguerir et celui de N'zaletLaararcha.

La zone étudiée 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 (Figure II.2). Le relief est relativement pondéré avec une altitude moyenne de 430 m.



**Figure II.2 :** Carte du gisement du bassin de Gantour (BOJOU, 1976)

C'est vers le Nord du bassin que l'on enregistre les altitudes les plus élevées (540 m) où le relief est relativement plus mouvementé surtout au Nord-Ouest (existence de collines et de ravins). Les altitudes les plus faibles (400m) sont enregistrées au sud du gisement. Et localement parlant nos études ont été effectuées au pôle nord de la mine au niveau du panneau 5 au niveau du MAASTRICHTIEN.

### **II.2.3. Découpage chrono-stratigraphique**

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 silt...). L'ensemble est coiffée par une dalle carbonatée appelée dalle à Thersité.

#### **■ Le Maastrichtien : (Couches 6, 5, 4,3, et 2).**

Il est constitué par des phosphates marneux et des marnes phosphatées. Il débute localement par du calcaire très fossilifère à bone-bed (lit d'os).

Dès le Maestrichtien la phosphatogenèse fait brusquement son apparition et se poursuit jusqu'au Lutétien. **(Figure II.3).**

#### ■ **Le Danien : (Couche 0/1).**

Il est constitué par des phosphates grossiers riches en Bone Phosphate of Lime (BPL), il débute par des calcaires phosphatés dépourvus de fossiles et se termine par un autre calcaire à carditacoquandi. **(Figure II.3).**

#### ■ **Le Thanétien : (Sillon A2).**

Il est formé par des phosphates moyens à fin vers le sommet et du calcaire phosphaté marneux. **(Figure II.3).**

#### ■ **L'Yprésien : (Sillon B).**

Il est de 53 à 46 millions d'année, il débute dans la majorité des cas par un calcaire phosphaté cuprolithique, La phosphatogenèse y atteint son apogée. Il est formé d'une succession de niveaux phosphatés intercalés avec des calcaires phosphatés coprolithiques, des argiles et de silex ou marnes siliceuses. **(Figure II.3).**

#### ■ **Le Lutétien :**

Il est représenté dans ça partie inférieure par un complexe constitué principalement par de calcaire phosphaté, calcaire marneux, marne phosphaté ou non, marne siliceuse. L'ensemble a subi une calcification de degrés variables et se continue par une puissante dalle carbonatée renfermant de nombreux gastéropodes. **(Figure II.3).**



Primaire est sub-affleurant et un compartiment nord ou l'Eocène supérieur existe sous le Néogène.

## A. Nappe inférieure

C'est une nappe captive comprise entre la couche 1 et les argiles du mur de la couche 2 (Argiles maastrichtiennes) **(Figure II.3)**.

## B. Nappe intermédiaire

Elle est encadrée par la couche 1 et les argiles yprésiennes et se caractérise par sa faible perméabilité à cause du faciès marneux du Thanétien et de la présence de matière organique qui colmate les pores.

## C. Nappe supérieure

Son niveau piézométrique correspond à peu près à sa surface libre, son substratum est constitué par les argiles yprésiennes. Le réservoir est représenté par la série marno-cherteuse qui est interrompue par des phosphates sableux, des calcaires phosphatés et par des silts phosphatés. L'écoulement se fait du Sud au Nord de Loubirat.

Vu que les nappes intermédiaire et inférieure présentent des caractères hydrogéologiques comparables, leur niveau piézométrique étant voisin et évolue dans le même sens, on peut considérer qu'il s'agit d'une même nappe.

Malgré la diversité des faciès, la série phosphaté constitue en générale des aquifères à porosité d'interstice sauf pour la série marno-cherteuse et la dalle à thersités où on a une porosité de fracture.

Ces calcaires affleurent sur la bordure Sud du plateau, les eaux qu'ils reçoivent à partir de la pluviométrie sont acheminées dans deux directions opposées :

- Vers le Nord pour alimenter les nappes de la série phosphaté.
- Vers le Sud pour alimenter les formations quaternaires de la Bahira.

Les exutoires sont constitués par:

- Les prélèvements par pompage dans les différentes unités d'exploitation.
- Les drainages par foudroyage dans les zones déjà exploitées ce qui entraîne une communication de tous les aquifères situés au dessous de la couche 1.

### **II.3.2. Aperçu climatologique de gisement phosphaté de GANOUR**

Le climat de la zone d'étude 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.

### **II.4. STRATIGRAPHIE DE LA SERIE PHOSPHATEE DU GISEMENT DE GANTOUR**

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

**La couche 6 :** formée généralement de phosphate meuble gris beige, organo-détritique et repose sur du marne jaune qui constitue la base de la chaîne phosphatée. (Figure II.3).

**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 : (Figure II.3).

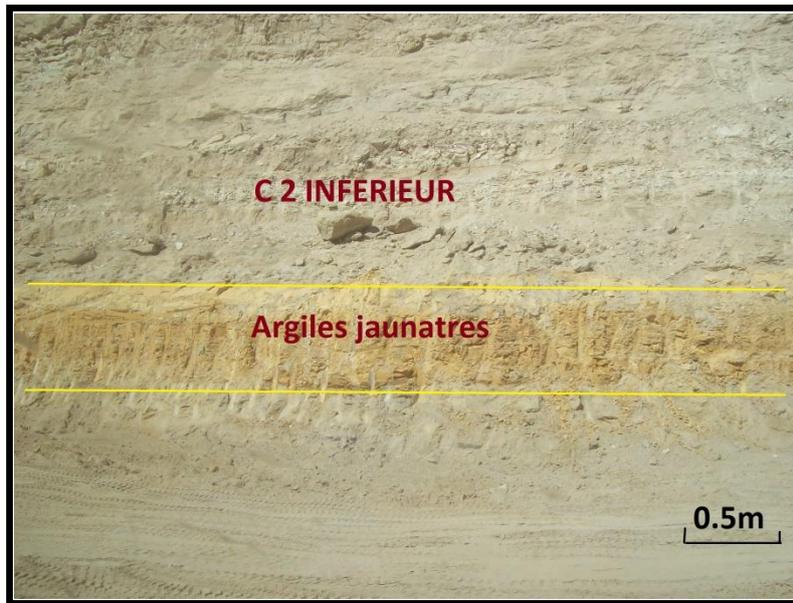
- ✓ Couche supérieure : Teneur faible en BPL
- ✓ Couche médiane : Teneur moyenne en BPL
- ✓ Couche inférieure : Teneur élevée en BPL

**La couche 4 :** constituée de phosphate meuble avec des rognons de silex, elle repose sur une discontinuité et est subdivisée en 2 sous couches dont l'inférieure à une teneur en BPL beaucoup plus importante. (Figure II.3).

**La couche 3 :** Elle est subdivisée en 2 sous couches de faciès variables : (Figure II.3).

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



**Figure II.4** : photo d'un parreau phosphaté

**La couche 2** : formée de 2 sous couches séparées par du bone-bed : (Figure II.3).

- ✓ Couche supérieure : formée de phosphate meuble avec un banc de calcaire siliceux sur le toit. Sa teneur en BPL est importante (Figure II.4).

**Un niveau de Bone-Bed qui sépare la couche 2 en deux parties couche inf. et couche sup.**

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

**La couche 1-0** : les deux niveaux 1 et 0 peuvent être confondus lorsqu'il n'y a pas d'intercalaire de calcaire. (Figure II.3).

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

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

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

### Les intercalaires

Ce sont des niveaux stériles qui existent le long de la série phosphatée ,la photo (Figure II.5) présente des accumulations du stérile :

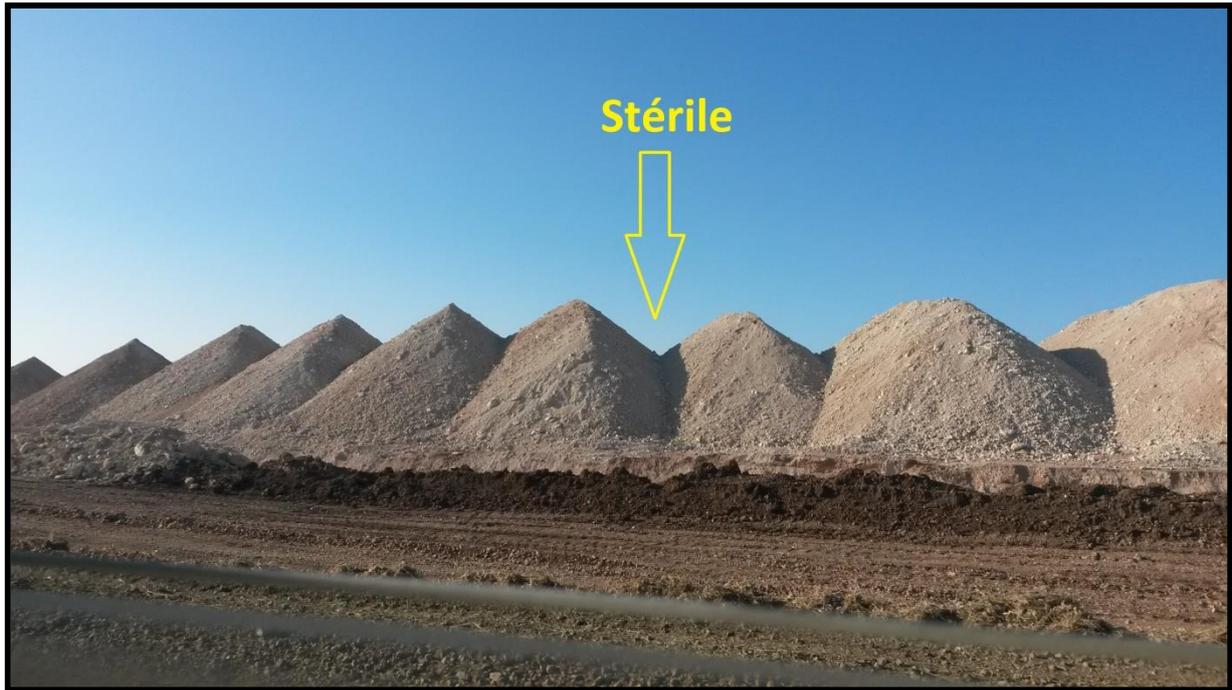


Figure II.5 : photo du stérile

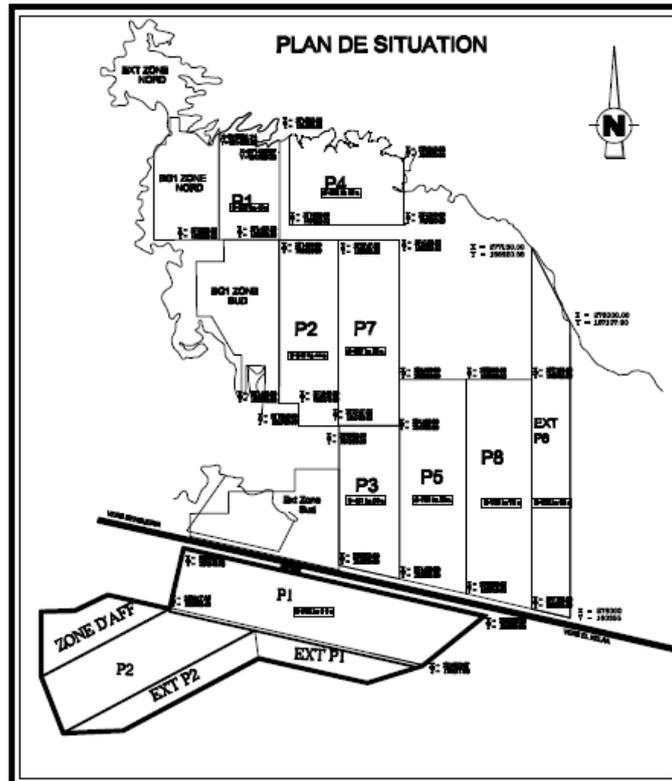
- ✓ Calcaire : Roche sédimentaire carbonatée de dureté faible
- ✓ Argile : Roche sédimentaire à grains très fins, carbonatée et fait pâte à l'eau
- ✓ Marne : Roche sédimentaire constituée d'un mélange d'argile et de calcaire
- ✓ Silex : Roche sédimentaire constituée principalement de la silice, elle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

## II.5. ETUDE GEO MINIERE DES COUCHES 4 ET 5 DE PANNEAU 5 DE LA MINE NORD

### Découpage adopté pour l'exploitation:

Pour étudier l'exploitation d'une zone phosphatée il faut diviser la zone en :

**Panneau :** Un terrain ou une portion du gisement, délimité en fonction des facteurs tels que le nombre de couches phosphatées existantes, le recouvrement et la qualité du phosphate : (Figure II.6 )



**Figure II.6 :** Schéma du découpage du gisement de BENGUERIR en panneaux (OCP).

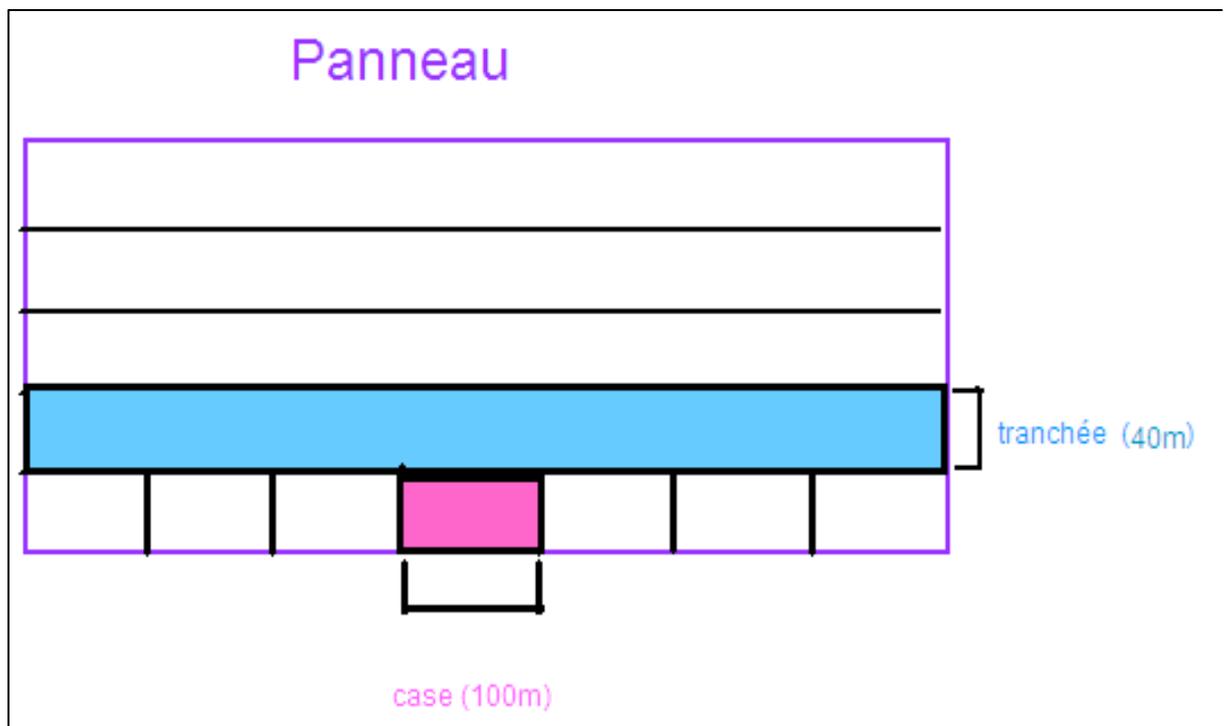
La recherche minière est réalisée sur des coupes de puits qui sont implantés d'une manière régulière, en général a une maille de 250m.

-**Tranchet d'exploitation :** partie du panneau qui est elle-même subdivisée en case comme indiqué dans la photo II.7 :



**Figure II.7 :** Photo du Tranchet E3 du panneau 5

-Case : Unité du tranchet d'exploitation avec une longueur de 100m et une largeur de 40m (Figure II.8) .



**Figure II.8:** Schéma de découpage d'une zone phosphatée :

### **But :**

Etude des niveaux phosphatés inférieurs d'Age MAASTRICHTIEN du Panneau 5 et estimation des réserves effectués avec rigueur par moi et mon binôme tandis que l'étude des niveaux supérieurs a été effectuée par un autre groupe de stagiaires .

### **Méthode de travail :**

- Elaboration d'une coupe litho stratigraphique d'un tranchet au but de voir l'évolution des couches en continuité par rapport au puits ainsi au but de distinguer leurs disparition
- Préparation de la base des données à partir des puits, calcul de la puissance phosphatée, les côtes du toit, les intercalaires et BPL.

- Elaboration des cartes structurales, d'iso teneurs en BPL et d'iso puissance et les cartes listing case à l'aide de logiciel ARCGIS.

## II.5.1. Coupe litho stratigraphique du tranchet F5 via AUTOCAD

AutoCAD est un logiciel de conception assisté par ordinateur, utilisé dans tous les domaines (architecture, génie civil, mécanique, etc.). C'est un logiciel de dessin assisté par ordinateur, créé par Autodesk en 1982.

Parmi les avantages du logiciel :

- La modification n'altère pas la qualité du dessin.
- La rapidité et le gain du temps.
- Précision dans le dessin.
- Edition (modification) d'une partie d'un dessin sans altérée la qualité du dessin.
- Archives sur clé USB et CD.

### Etape ant-profil

Pour élaborer un profil litho stratigraphique il faut d'abord rassembler les coordonnées du terrain naturel et des courbes topographiques traversant le tranchet F5 du panneau 5 (X,Y,Z) a partir d'une carte caractéristique voir dessous :

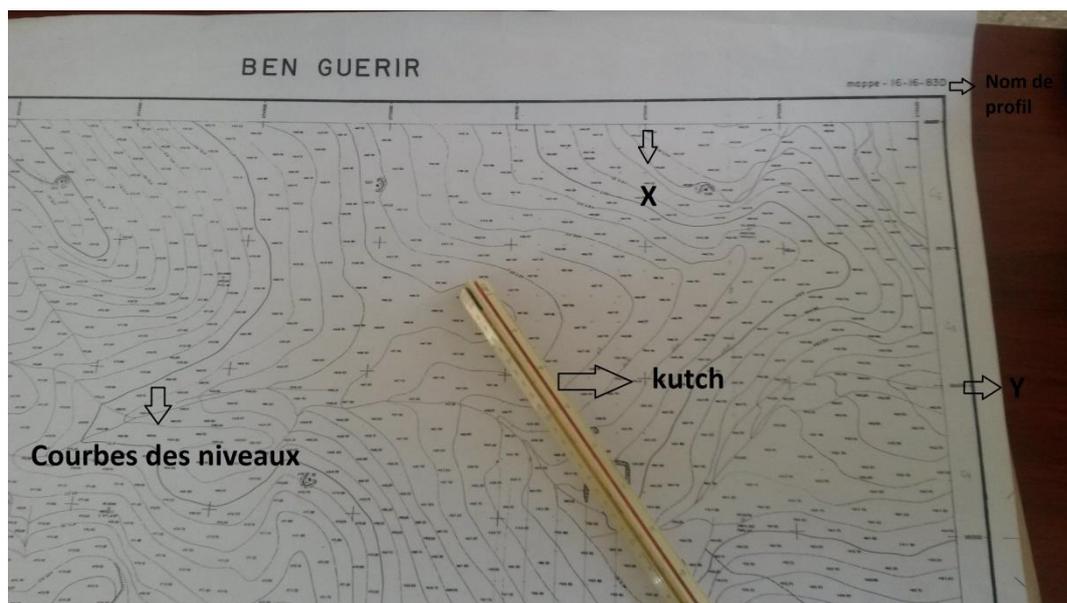
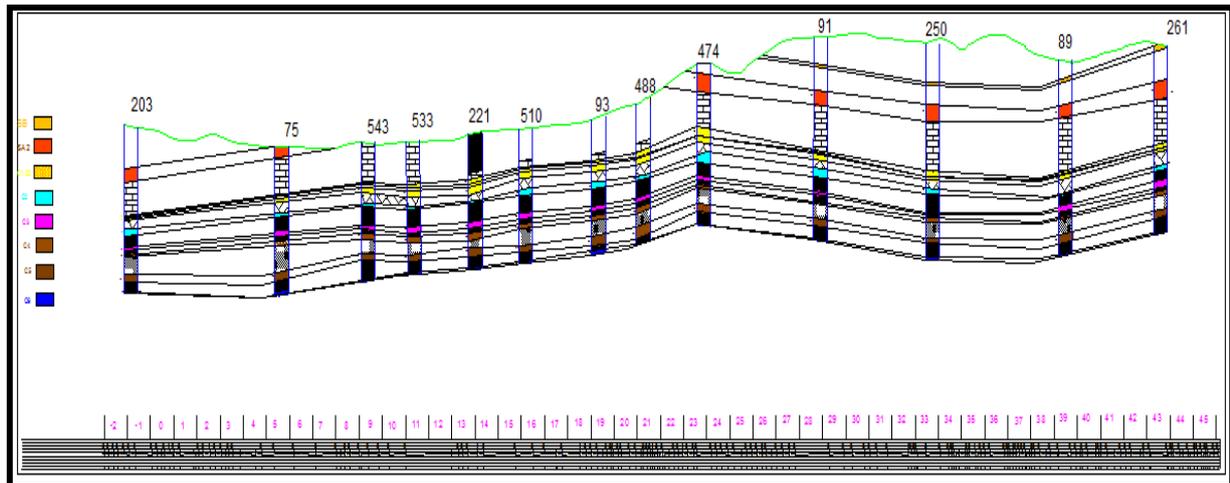


Figure II.9 : carte topographique du panneau 5

On introduit les coordonnées sous format Excel au but de produire un profil topographique du terrain naturel à l'aide du logiciel COVADIS effectuée par les géomètres.

A l'aide d'AUTOCAD on corrèle les couches appartenant aux puits qui font partie du terrain naturel correspondant au tranchet d'étude pour voir leur continuité (Figure II.10). Le profil litho stratigraphique aide à renseigner spécialement les ouvriers du chantier responsables du forage et le sautage sur la profondeur de la couche phosphatée par rapport au recouvrement



COMMENTAIRE : La coupe litho stratigraphique a pour but d'informer sur la continuité des couches tout au long d'un tranchet appartenant à un panneau précis d'une orientation S-N ainsi que la situation et l'affleurement des sillons.

Selon la coupe le sillon A2 affleure au SUD au voisinage du puit 203 et 75 et au NORD au voisinage des puits 261,250,91,474 par référence à la carte d'affleurement .

Figure II.10 : profil lithostratigraphique du tranchet F5

## II.5.2. Réalisation d'un loge stratigraphique du panneau 5

A l'aide du logiciel GDM est pareil à ARCGIS on peut obtenir des loges caractéristiques des sondages mécaniques, des cartes, des profils. Ce logiciel fonctionne en réseau est protégé au sein de l'OCP.

Après avoir établi la base de données caractéristique et spéciale de GDM contenant :

- les coordonnées d'un puit central du P5 ;
- la profondeur du toit et du mur ;
- la lithologie ;
- l'âge et les codes respectifs ainsi que les teneurs BPL, CO<sub>2</sub>, et la puissance minéralisée (tableau II.1) :

	N	X	Y	Z	PD	PF	Couche	lithologie	Code litho	Age	Code Age	BPL	CO2	PM
2	473	274748,66	183501,39	475,48	0	2,2	Riet D	terre vegetale et marne	Lith001	YPRESIEN	Age001			
3	473	274748,66	183501,39	475,48	2,2	2,8	sillon D	Sable phosphaté	Lith002	YPRESIEN	Age001			
4	473	274748,66	183501,39	475,48	2,8	4,3	Introl	Marne,marne siliceuse + silex	Lith003	YPRESIEN	Age001			
5	473	274748,66	183501,39	475,48	4,3	5,1	sillon C	Sable phosphaté	Lith002	YPRESIEN	Age001			
6	473	274748,66	183501,39	475,48	5,1	8,03	Introl	Argile	Lith004	YPRESIEN	Age001			
7	473	274748,66	183501,39	475,48	8,03	8,93	sillon B	Phosphate sableux+ argile au toit	Lith002	YPRESIEN	Age001	66,42	5,24	0,9
8	473	274748,66	183501,39	475,48	8,93	10,5	Introl	Marne et argile	Lith005	YPRESIEN	Age001			
9	473	274748,66	183501,39	475,48	10,5	11,3	sillon AB	Sable phosphaté	Lith002	YPRESIEN	Age001			
10	473	274748,66	183501,39	475,48	11,3	13,2	Introl	Marne+calcaire argileux au toit	Lith006	YPRESIEN	Age001			
11	473	274748,66	183501,39	475,48	13,2	15,32	sillon A1	Sable phosphaté plus ou moins calcaire	Lith002	THANICIEN	Age002			
12	473	274748,66	183501,39	475,48	15,32	18,75	sillon A2	Phosphate sableux	Lith002	THANICIEN	Age002	57,87	7,74	3,43
13	473	274748,66	183501,39	475,48	18,75	20,5	sillon A3	Sable phosphaté, calcaire au toit et au mur	Lith002	THANICIEN	Age002			
14	473	274748,66	183501,39	475,48	20,5	30,5	Introl	marne siliceuse,bancs discontinues de silex sable marneux calcifié et calcaire phosphaté arg	Lith007	THANICIEN	Age002			
15	473	274748,66	183501,39	475,48	30,5	33,18	C1-0	Phosphate sableux	Lith002	DANIEN SUP	Age003	63,43	6,5	2,68
16	473	274748,66	183501,39	475,48	33,18	36,18	Introl	Marne ,marne siliceuse et calcaire	Lith003	MAESTRICHT	Age004			
17	473	274748,66	183501,39	475,48	36,18	37,86	C2S	Phosphate sableux marneux	Lith002	MAESTRICHT	Age004	64,87	5,08	1,68
18	473	274748,66	183501,39	475,48	37,86	42,55	Introl	Argile jaune+ marne au toit	Lith008	MAESTRICHT	Age004			
19	473	274748,66	183501,39	475,48	42,55	43,4	C3S	Sable phosphaté	Lith002	MAESTRICHT	Age004	50,01	3,7	0,85
20	473	274748,66	183501,39	475,48	43,4	44,12	C30	Phosphate sableux, calcaire siliceux discontinu	Lith002	MAESTRICHT	Age004	67,8	4,95	0,72
21	473	274748,66	183501,39	475,48	44,12	45,36	Introl	Marne et marne siliceuse	Lith003	MAESTRICHT	Age004			
22	473	274748,66	183501,39	475,48	45,36	46,8	C4	phosphate sableux a rognons de calcaires siliceux	Lith002	MAESTRICHT	Age004	63,78	4,83	1,44
23	473	274748,66	183501,39	475,48	46,8	51,45	Introl	Marne,marne siliceuse et silex	Lith003	MAESTRICHT	Age004			
24	473	274748,66	183501,39	475,48	51,45	54,2	C5	Sable marneux phosphaté, calcaire siliceux au toit	Lith002	MAESTRICHT	Age004	59,6	7,72	2,75
25	473	274748,66	183501,39	475,48	54,2	57,05	Introl	Marne siliceuse a silex, passée irrégulière de phosphate sableux vers le haut	Lith009	MAESTRICHT	Age004			
26	473	274748,66	183501,39	475,48	57,05	57,5	C6	Phosphate sableux organo-détritique	Lith002	MAESTRICHT	Age004	64,51	4,93	0,45

Après avoir fait le lien entre la base de données et le logiciel on choisit le sondage mécanique comme choix de fonction. Après, il faut élaborer un lien avec les colonnes de la base de données d'où on commence à manipuler le logiciel en se basant automatiquement sur les palettes des codes affectés. Le surplus ou la qualité que contient ce logiciel est qu'il puisse faire plusieurs profils en se basant sur la même BD ainsi qu'il donne des informations sur des corrections à effectuer au niveau de la BD avant d'afficher le logue il guide vers l'erreur en l'attribuant au numéro de colonne et ligne du tableau Excel .

Le reste de la manipulation de logiciel reste un choix du réalisateur au niveau des figurés et les couleurs choisis au cours de la création. La figure II.11 illustre le logue stratigraphique du panneau 5.

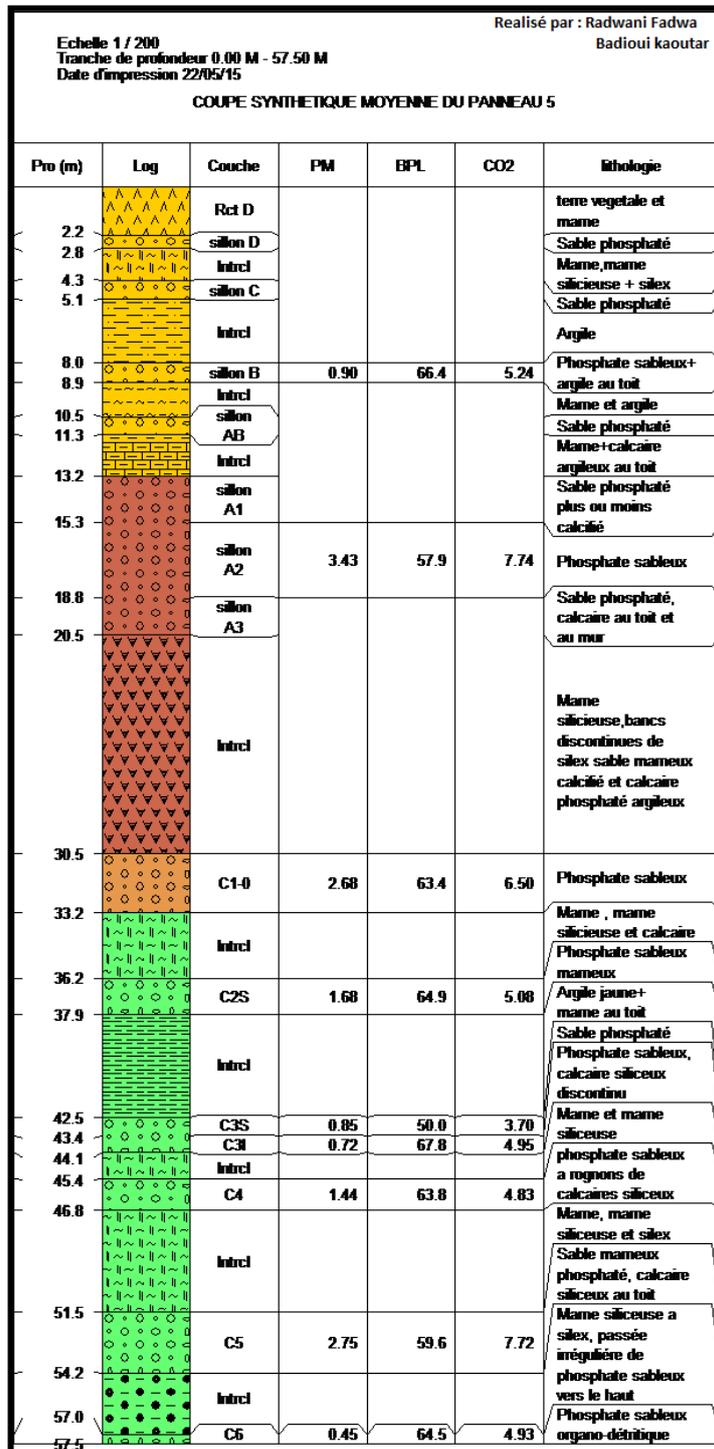


Figure II.11 : coupe synthétique du panneau 5

### II.5.3. Etablissement des bases de données d'alimentation pour ARCGIS

L'étude d'un niveau phosphaté consiste à rassembler les données nécessaires qui le caractérisent, afin de pouvoir étudier la variation des teneurs et des structures dans le temps

et dans l'espace. La base des données est basée sur des puits déjà faites par des anciens prospecteurs (Figure II.12).

- Z de toit : Les cotes du toit de la couche s'obtiennent par la différence de l'altitude de la surface de la terre et celle du toit de la couche, en cas d'absence, la couche est considérée comme déjà érodée.
- BPL et CO2 de la couche : Les anciens prospecteurs ont désigné le BPL et CO2 des couches à l'aide des analyses nettement chimiques puis ils ont enregistré les valeurs au

niveau des profils des puits par exemple : le puit 484

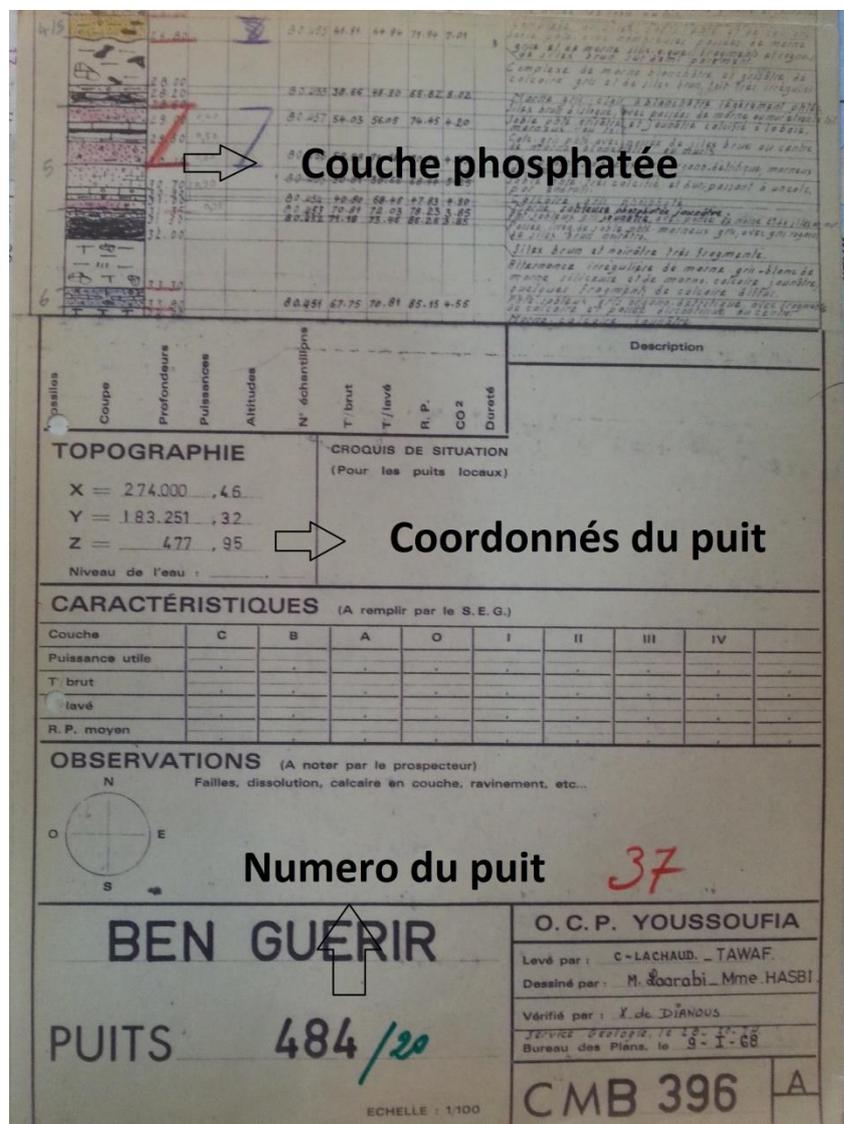


Figure II.12 : Profil d'un puits

La figure II.13 montre la morphologie et la géométrie d'un puit :



**Figure II.13** : photo d'un puits

La préparation de la base de données qui comporte les informations nécessaires sur les paramètres étudiés par le géo traitement sur l'ArcGIS fait selon plusieurs étapes à savoir:

- Identification des niveaux phosphatés et des niveaux stériles ;
- Détermination des puissances des niveaux phosphatés et des niveaux stériles ;
- Calcul des paramètres physico-chimiques de chaque niveau phosphaté;
- Elimination des valeurs aberrantes des paramètres étudiés.

L'exemple de bases de données qu'on peut obtenir après avoir rassembler les données nécessaires caractéristiques de chaque couche est le suivant : (Tableau II.2)

N°Puit	X	Y	Z	ZtoitC4inf	ZmurC4inf	PuisC4inf	BPL%C4inf	CO2%C4inf
269	275503,88	186011,61	495,98	448,38	447,58	0,80	64,55	4,73
1406	274010,61	185498,55	509,05	462,35	461,75	0,60	70,57	4,75
268	274500,00	185997,00	506,97	457,07	456,47	0,60	67,01	5,33
46	276004,00	185998,50	488,50	445,90	445,00	0,90	67,40	3,50
261	275002,50	185503,00	492,60	449,50	449,00	0,50	69,70	5,60
262	275499,60	185507,50	486,40	450,65	449,40	1,05	67,57	4,72
202	273996,50	185003,00	497,13	460,08	458,83	1,25	66,60	4,64
256	274494,40	185002,50	498,10	452,45	451,50	0,95	67,96	3,88
88	275014,50	185960,00	500,88	451,88	451,18	0,70	69,80	3,91
89	275009,00	184997,50	498,86	450,46	449,91	0,55	66,65	4,08
256	274494,40	185002,50	498,10	452,45	451,50	0,95	67,96	3,88
257	275495,80	185009,00	482,45	442,05	441,20	0,85	65,22	12,94
90	276032,50	184990,50	482,24	440,04	438,64	1,40	68,03	4,04
426	274000,14	184750,86	494,60	457,50	456,30	1,20	70,29	4,73
435	273999,77	184500,73	490,08	456,48	455,58	0,40	68,29	3,85
248	274248,00	184503,50	487,91	452,76	451,11	0,90	69,07	4,53
249	274508,40	184501,00	486,14	449,84	449,54	0,30	71,58	6,30
250	275000,00	184502,30	496,03	445,38	444,13	1,25	68,96	4,05

17	276052,85	184490,64	477,30	435,20	434,00	1,20	64,74	4,98
443	273999,77	184250,84	485,08	454,38	453,98	0,40	73,06	4,24
450	273998,69	183998,58	480,39	456,09	454,59	1,50	71,02	5,08
243	274494,20	184005,00	479,04	447,14	446,54	0,60	66,90	4,78
473	274748,66	183501,39	475,48	445,18	444,88	0,30	71,68	4,10
474	274999,27	183500,70	476,80	441,20	440,90	0,30	70,80	5,25

**Tableau II.2 :** Extrait de la base de données de la couche 4 inférieure

## II.5.4. Etablissement des cartes structurales des couches 4 et 5

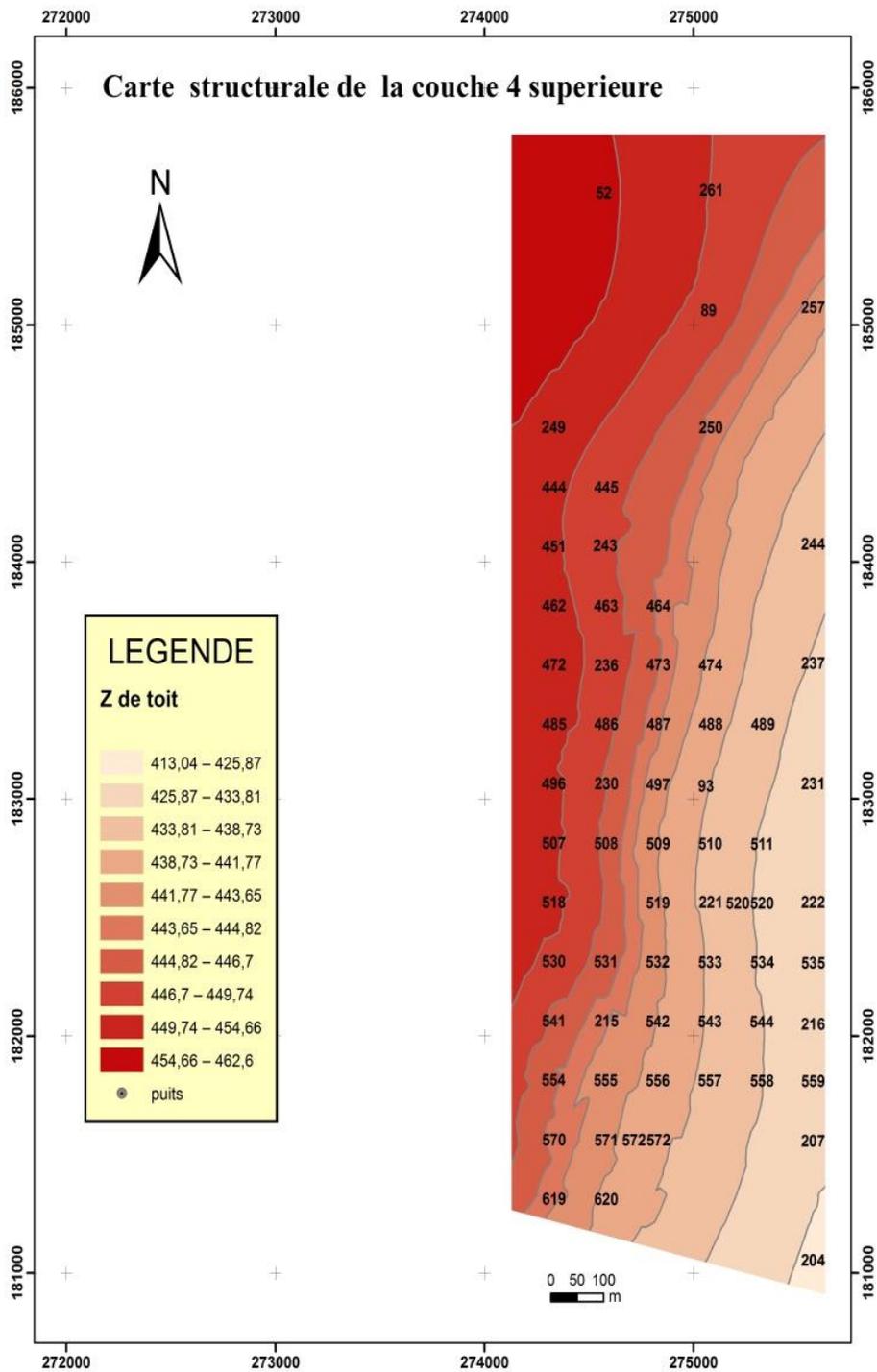
**ARGIS 10.1 :** Développé par ESRI, est un Système d'Information Géographique ArcGis qui peut se décomposer en trois « versions » aux fonctionnalités croissantes : ArcMap, ArcInfos et ArcEditor. Chacune des trois « versions » ArcView, ArcEditor et ArcInfos fonctionnent dans l'environnement « Desktop » c'est-à-dire avec les trois applications ArcCatalog, ArcMap, et ArcToolBox. C'est un outil permettant de visualiser, d'explorer, d'interroger et d'analyser les données géographiques. ArcGis incorpore les composants d'accès aux données Microsoft (MDAC, Microsoft Data Access Components). Ceci qui permet ~~tant~~ d'accéder facilement aux informations stockées dans plusieurs sources de données externes, qu'elles soient relationnelles ou non, ce qui lui présente un atout pour assurer une pérennité à l'application et des connexions futures avec d'autres travaux géomatiques.

### ■ La carte structurale

#### a. Définition

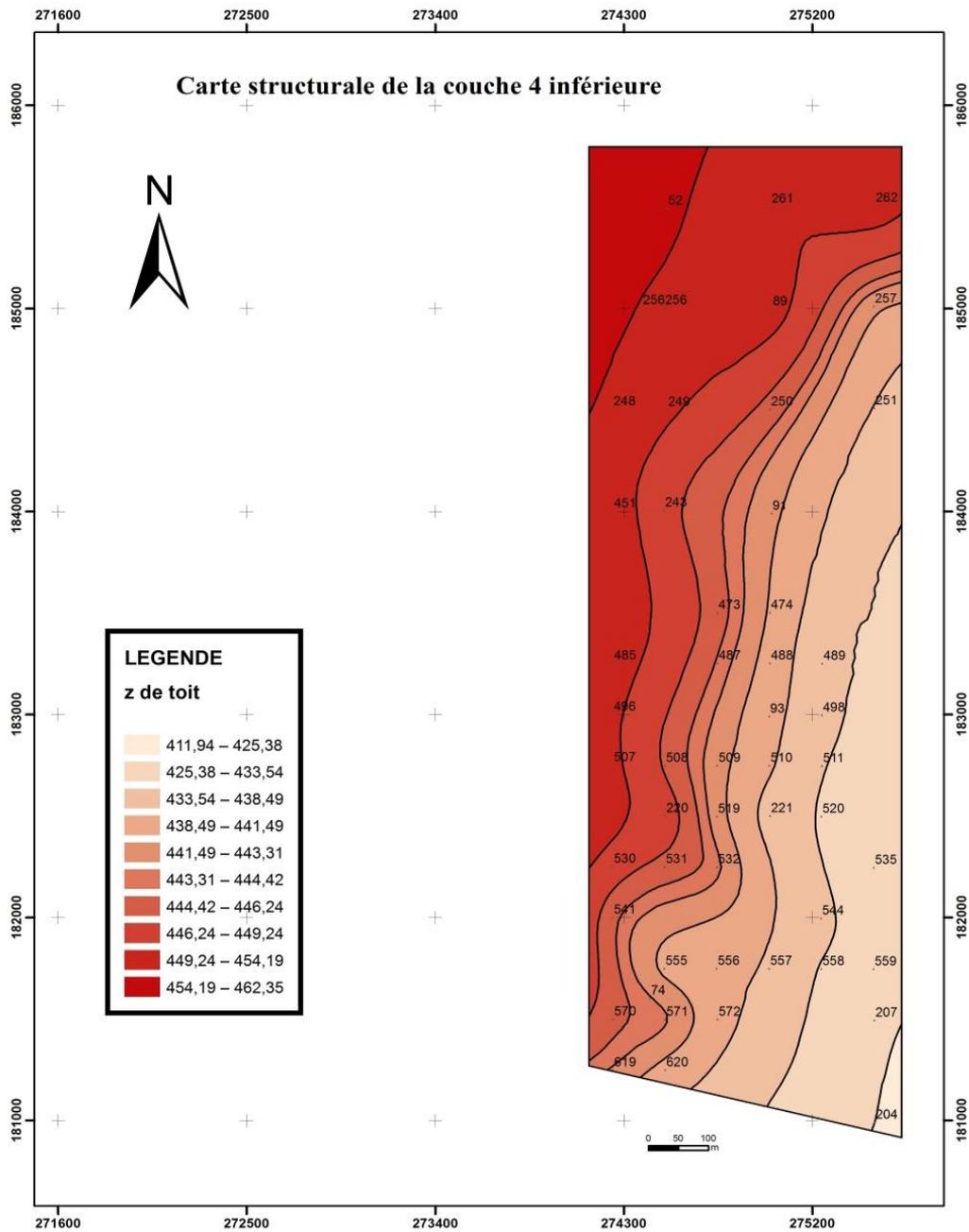
La carte structurale est une carte qui représente la structure d'une couche dans le sous sol, elle est fournie à partir d'une succession des courbes de même valeur de cote et d'équidistance entre elles, ces courbes sont appelées courbes structurales.

Elles sont obtenues à partir de l'interpolation des points ayant la même cote de toit d'une même couche dans une zone bien définie.



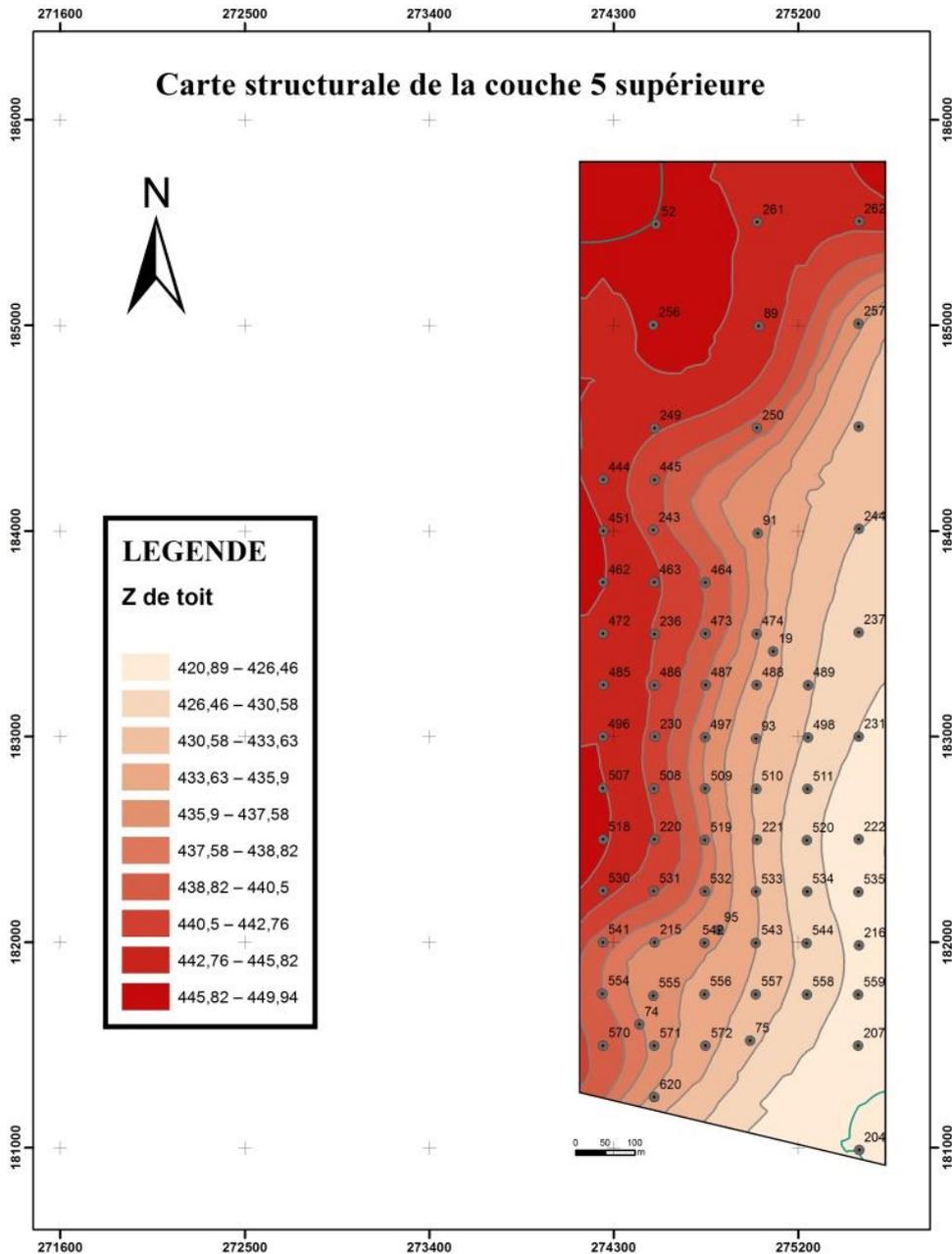
La carte structurale de la couche 4 supérieure dévoile que cette dernière est encore plus profonde au SUD OUEST de la couche, tandis que le pendage fort ayant la même orientation dont la courbure est serrée.

**Figure II.13 : carte structurale de la couche 4 supérieure**



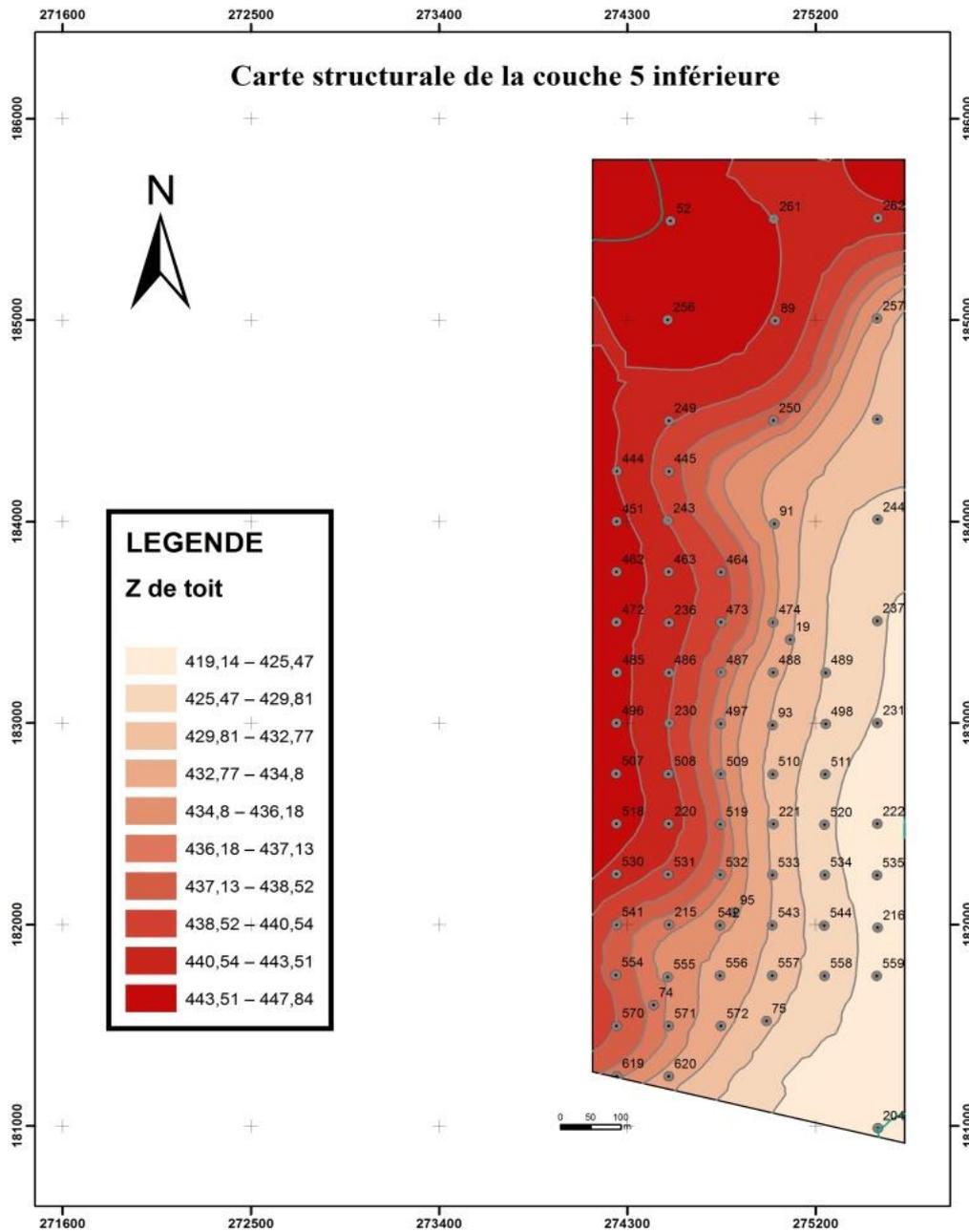
La carte présente une profondeur importante vers le NORD OUEST par rapport au terrain naturel avec un pendage faible tabulaire entièrement au SUD de la couche témoigné par la courbure espaces des courbes structurales .

**Figure II.14** : carte structurale de la couche 4 inférieure



La couche présente une profondeur très importante au NORD OUEST contrairement au NORD EST avec une anomalie qui se manifeste au NORD de la carte a cause du creusement d'exploitation tandis que le pendage fort domine toute au long de la couche .

**Figure II.15** : carte structurale de la couche 5 supérieure



Allant vers le NORD OUEST la profondeur de la couche augmente par rapport au terrain naturel avec un pendage très fort témoigné par la courbure serrée des courbes de niveaux spécialement au centre de la carte orienté d'une direction NORD OUEST

**Figure II.16** : carte structurale de la couche 5 inférieure

## **II.5.5. Cartes Iso-Valeurs Des Couches 4 Et 5**

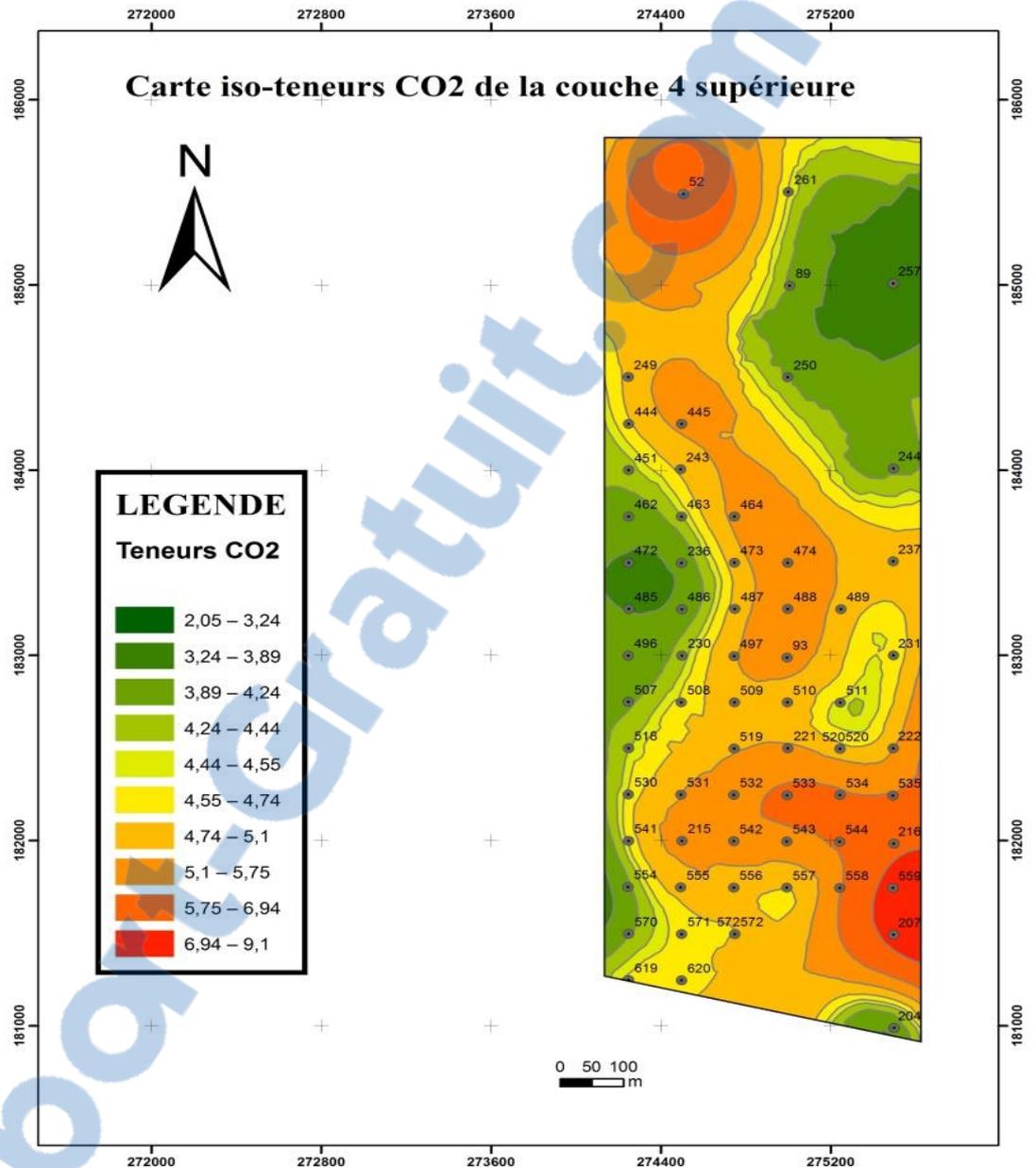
### **ETABLISSEMENT DES CARTES D'ISO-VALEURS :**

Les données des puits préparées sur la base de données d'entrée font l'objet d'un géo-traitement par ArcGis pour obtenir les cartes d'isovaleurs de tous les paramètres traités.

Les paramètres étudiés dans cette partie sont :

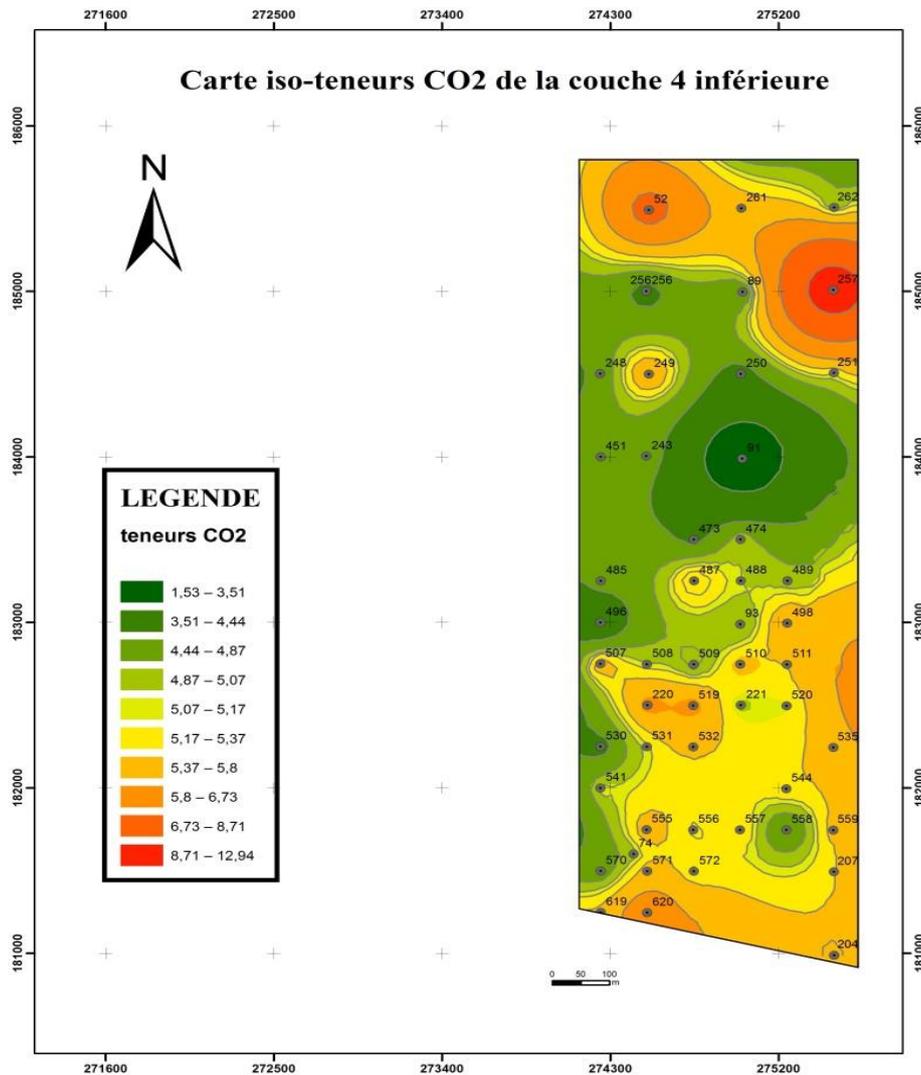
- Pour chaque niveau phosphaté parmi les 8 niveaux phosphatés de la série phosphatée:
  - La puissance phosphatée ;
  - Les teneurs en BPL, CO2 ;
- Pour chaque niveau stérile parmi les 6 niveaux stériles dans la série phosphatée :
  - La puissance du niveau stérile;

#### **a- Cartes iso teneurs**



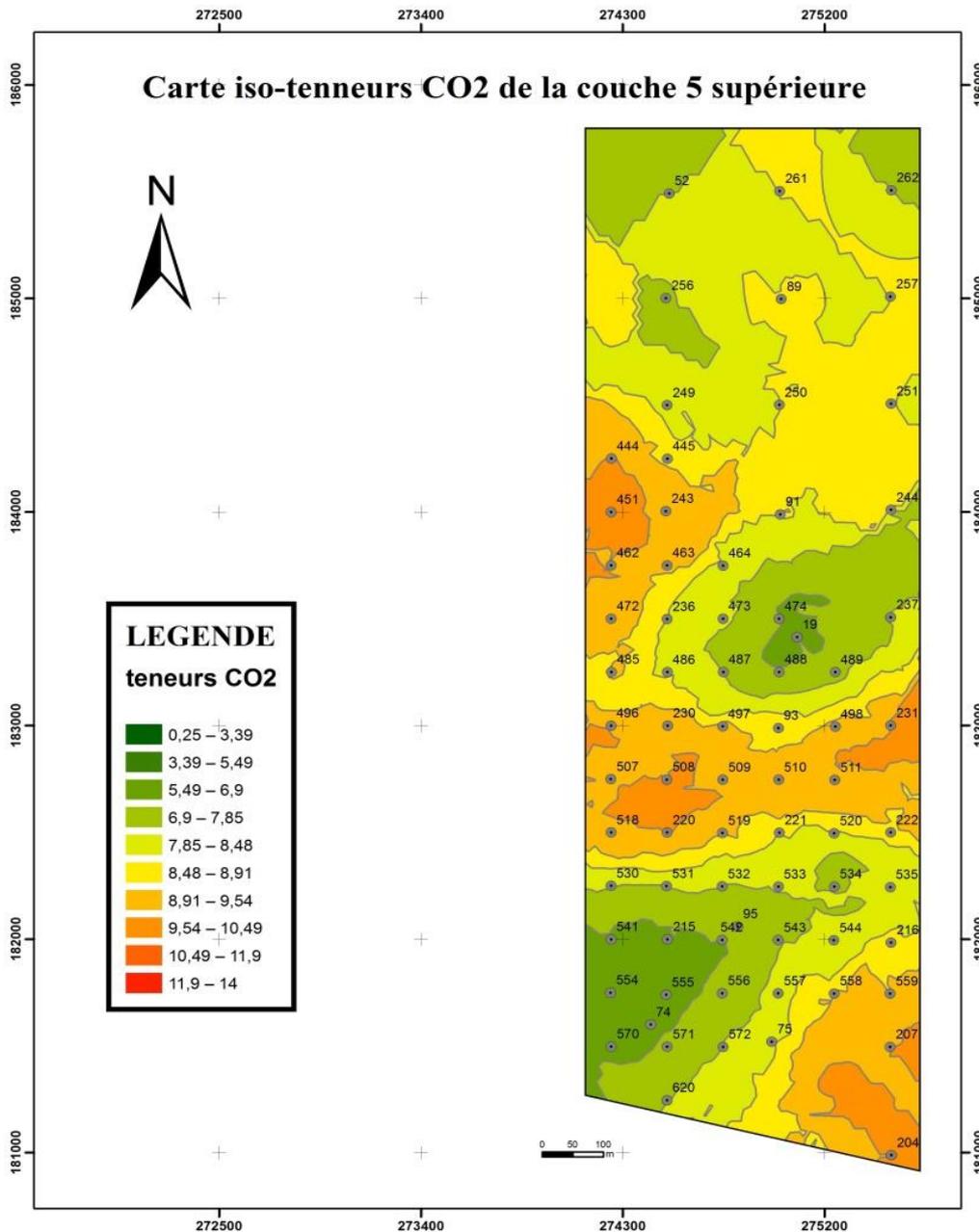
La carte iso-teneurs informe sur la variation de CO2 au niveau de la couche 4 supérieure, on remarque une diminution suivant des directions NORD EST et SUD OUEST tandis qu'au centre de la couche CO2 augmente d'une valeur qui s'échelonne entre 4,44 et 5,75.

**Figure II.17** : carte iso-teneurs CO2 de la couche 4 supérieure



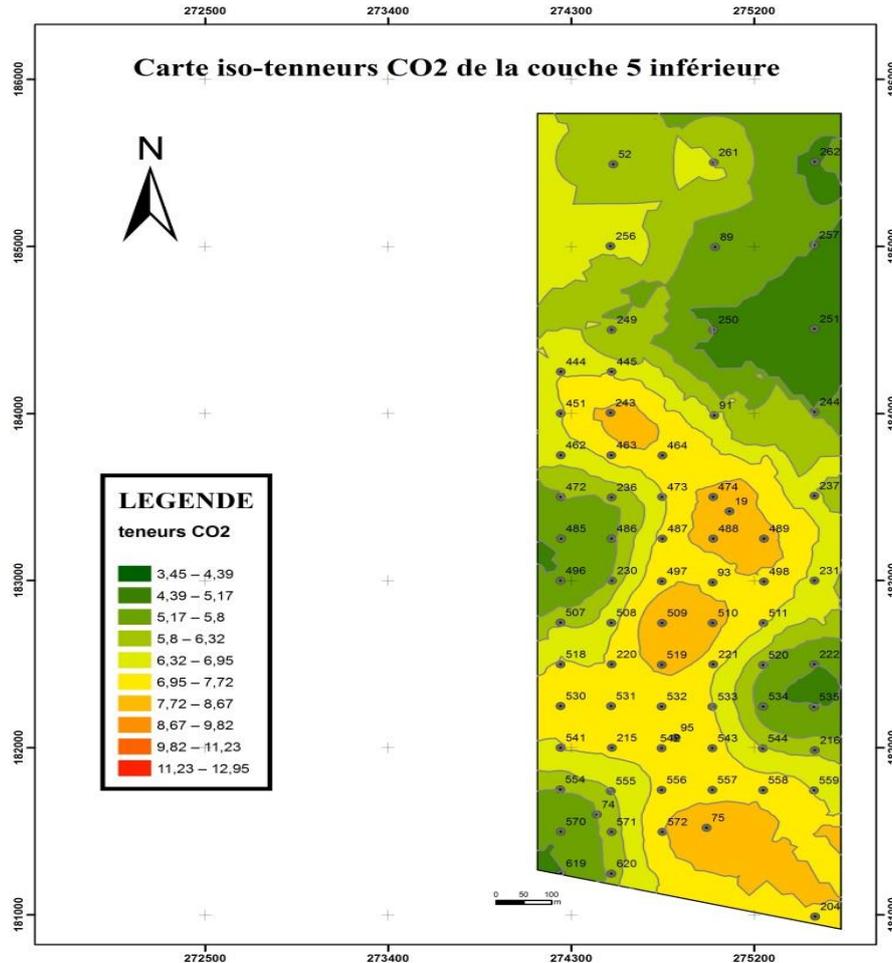
La carte dévoile une augmentation très remarquable de la teneur CO2 au NORD EST et diminue vers le centre de la couche avec une valeur qui s'échelonne entre 1,53 et 4,87 tandis que vers le SUD la teneur est moyenne .

**Figure II.18** : carte iso-teneurs CO2 de la couche 4 inférieure



La teneur CO2 est élevée presque tout au long de la couche avec une valeur qui s'échelonne entre 6,9 et 9,54 par contre au NORD et au SUD CO2 diminue progressivement.

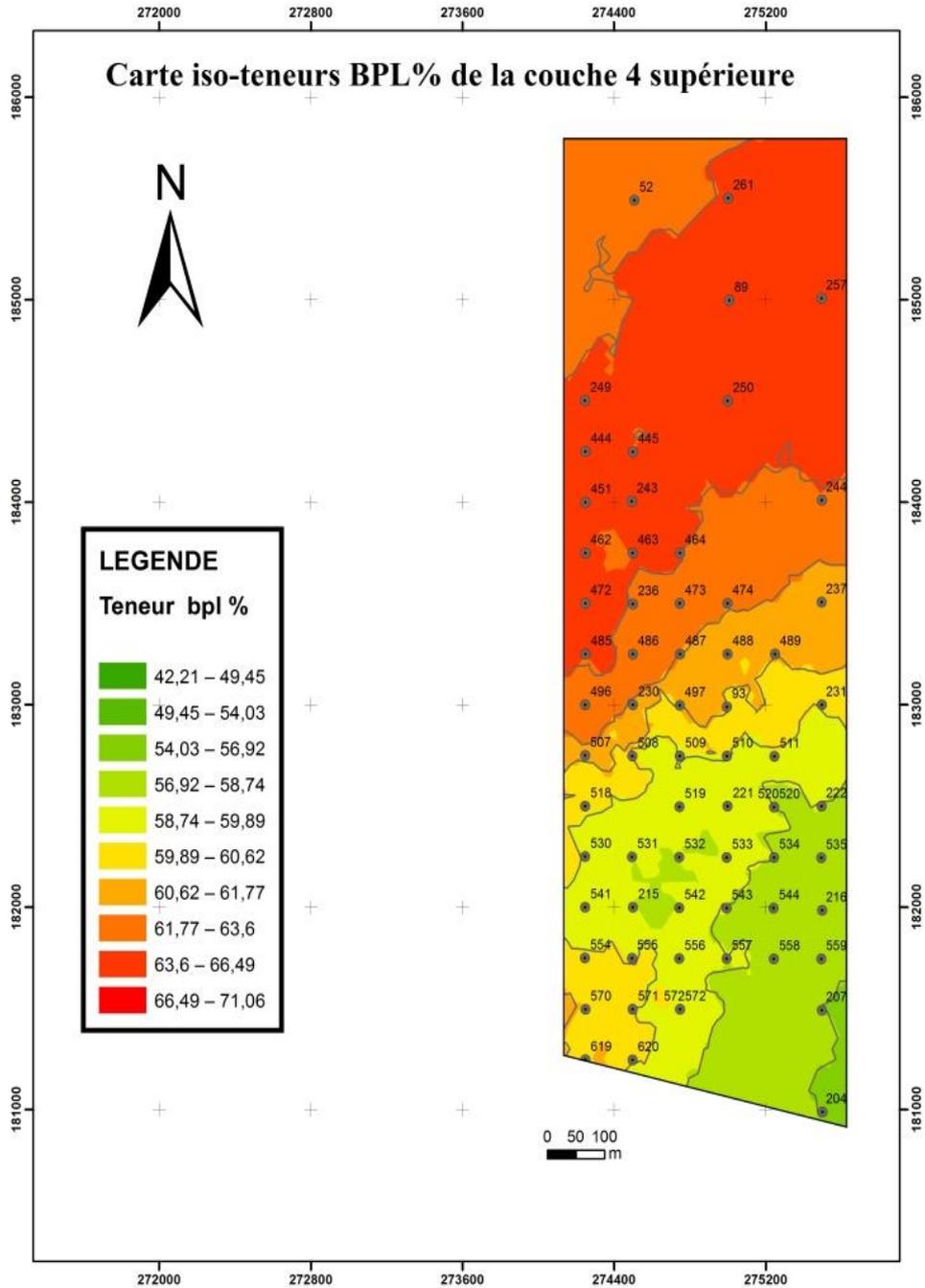
Figure II.19 : carte iso-teneurs CO2 de la couche 5 supérieure



La teneur CO2 est très faible au NORD EST et au SUD OUEST de la couche d'une valeur très minimale allant jusqu'au 4,39 qui peut être expliqué par l'activité oxygénée des particules vivants et leurs activités tandis qu'au centre CO2 est d'une valeur partiellement moyenne .

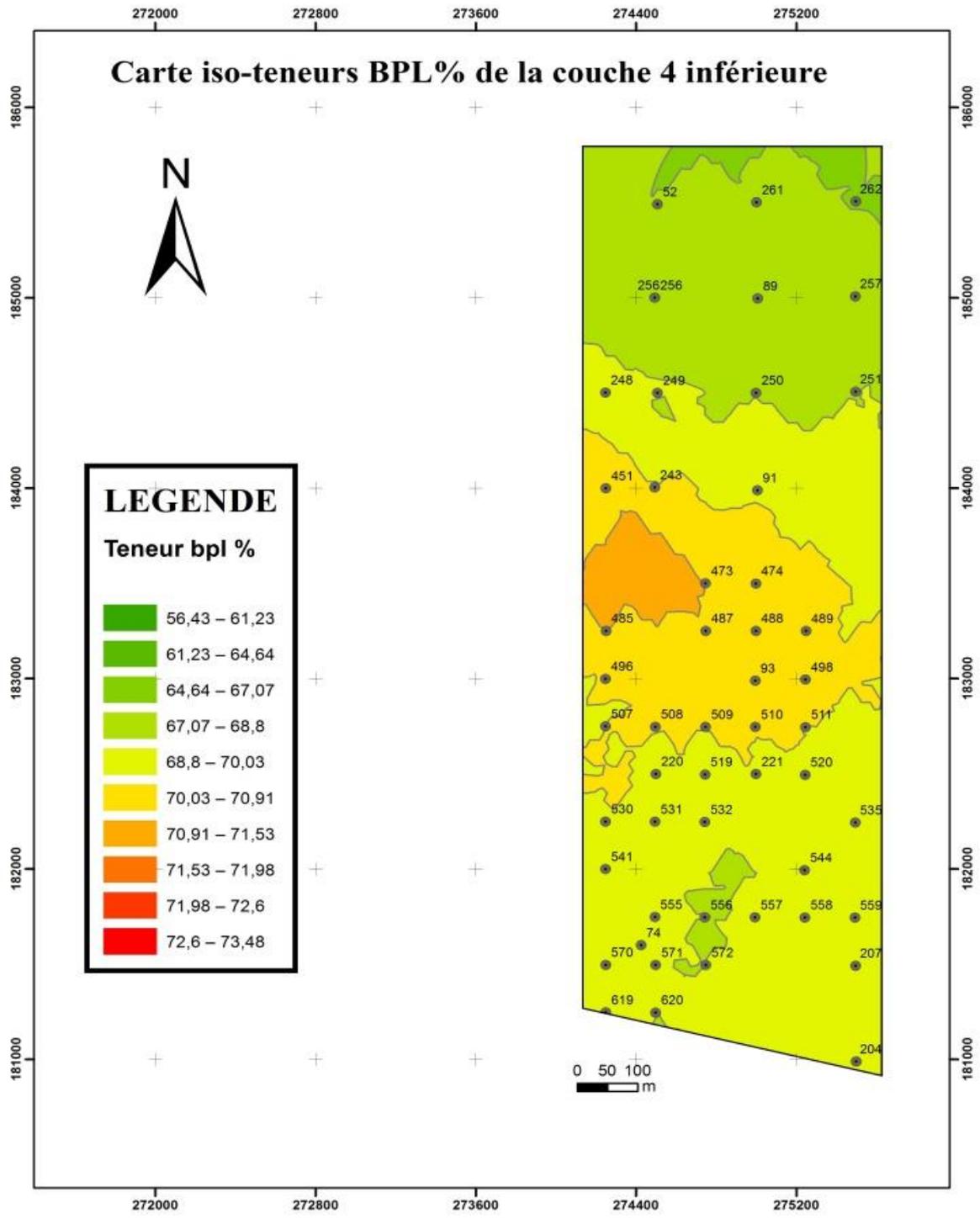
Figure II.20 : carte iso-teneurs CO2 de la couche 5 inférieure

→ La teneur de CO2 devrait être faible dans une couche phosphatée vu que c'a influence la qualité de la couche à cause d'une mousse qu'on obtient lors de l'analyse chimique cette dernière influence la rentabilité des phosphates et les rend moins exploitables .



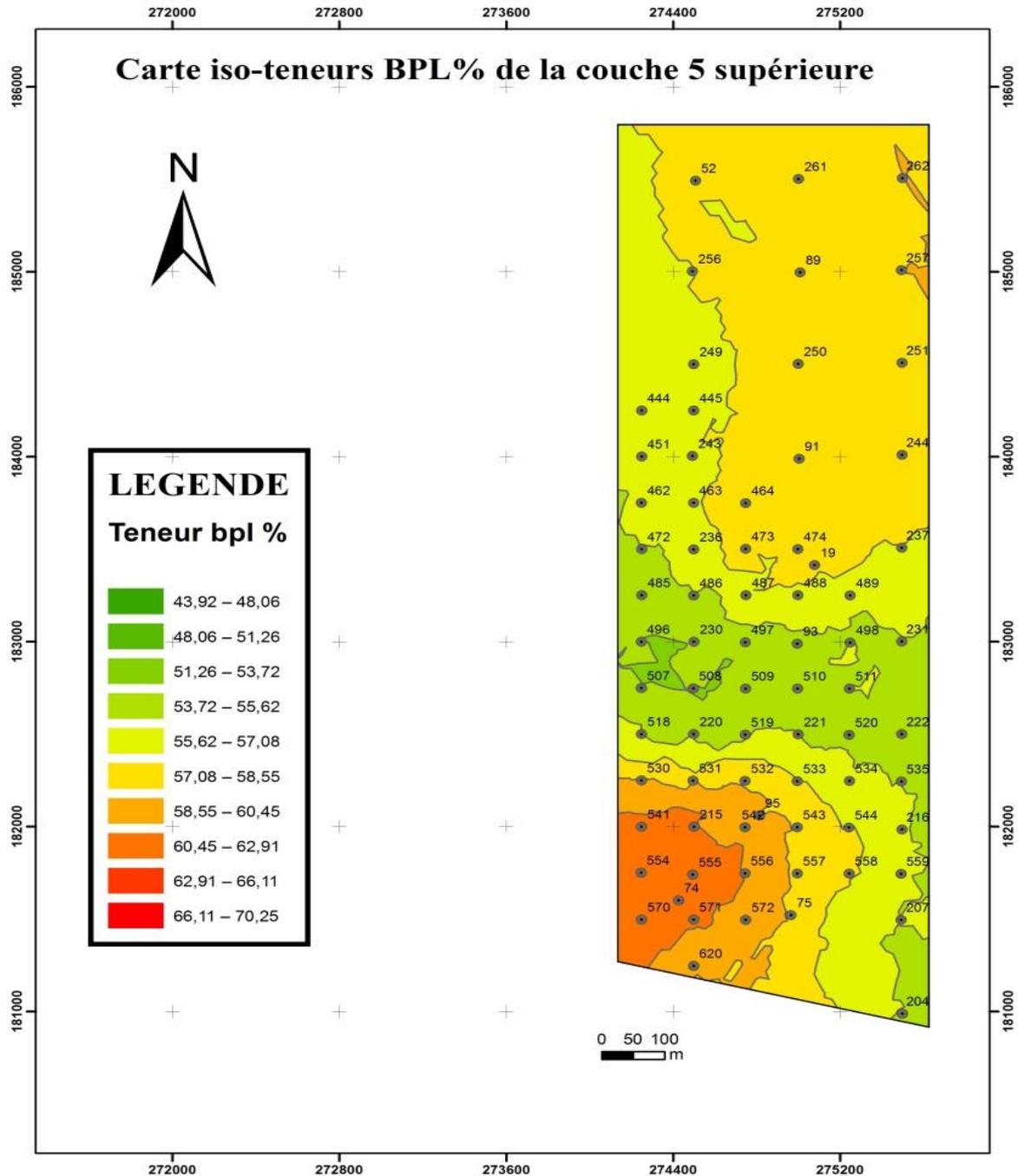
La teneur BPL augmente vers le NORD de la couche et diminue vers le SUD ce qui indique la faisabilité de la couche et dirige l'exploitation .

**Figure II.21** : carte iso-teneurs BPL de la couche 4 supérieure



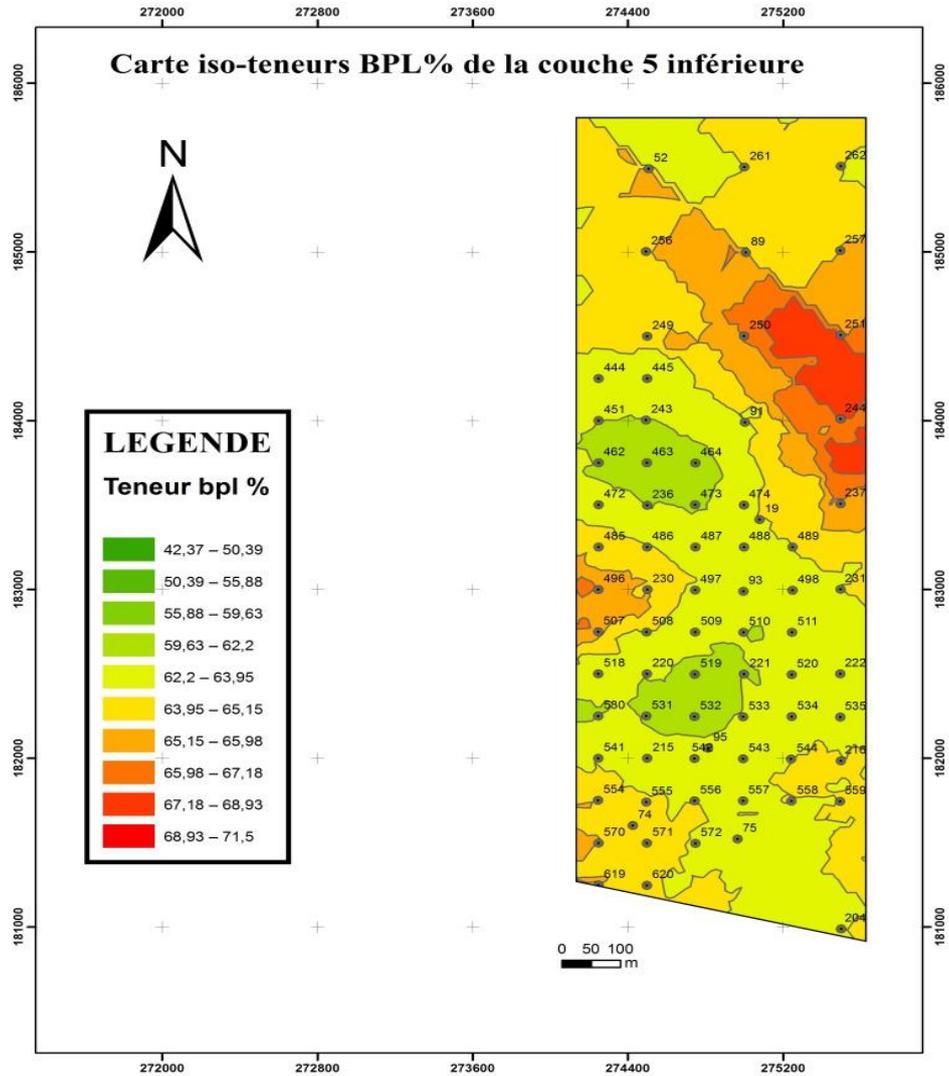
La teneur de BPL dans la totalité de la couche s'échelonne entre 68,8 et 70,91 et diminue localement au NORD de la carte avec une courbure des lignes iso-teneurs bien espacées.

Figure II.22 : carte iso-teneurs BPL de la couche 4 inférieure



Suivant une direction EST OUEST la teneur de BPL diminue d'une valeur de 48 et augmente vers le SUD WEST de la couche ce qui désigne la présence des compositions stériles en abondance dans cette couche.

Figure II.23 : carte iso-teneurs BPL de la couche 5 supérieure

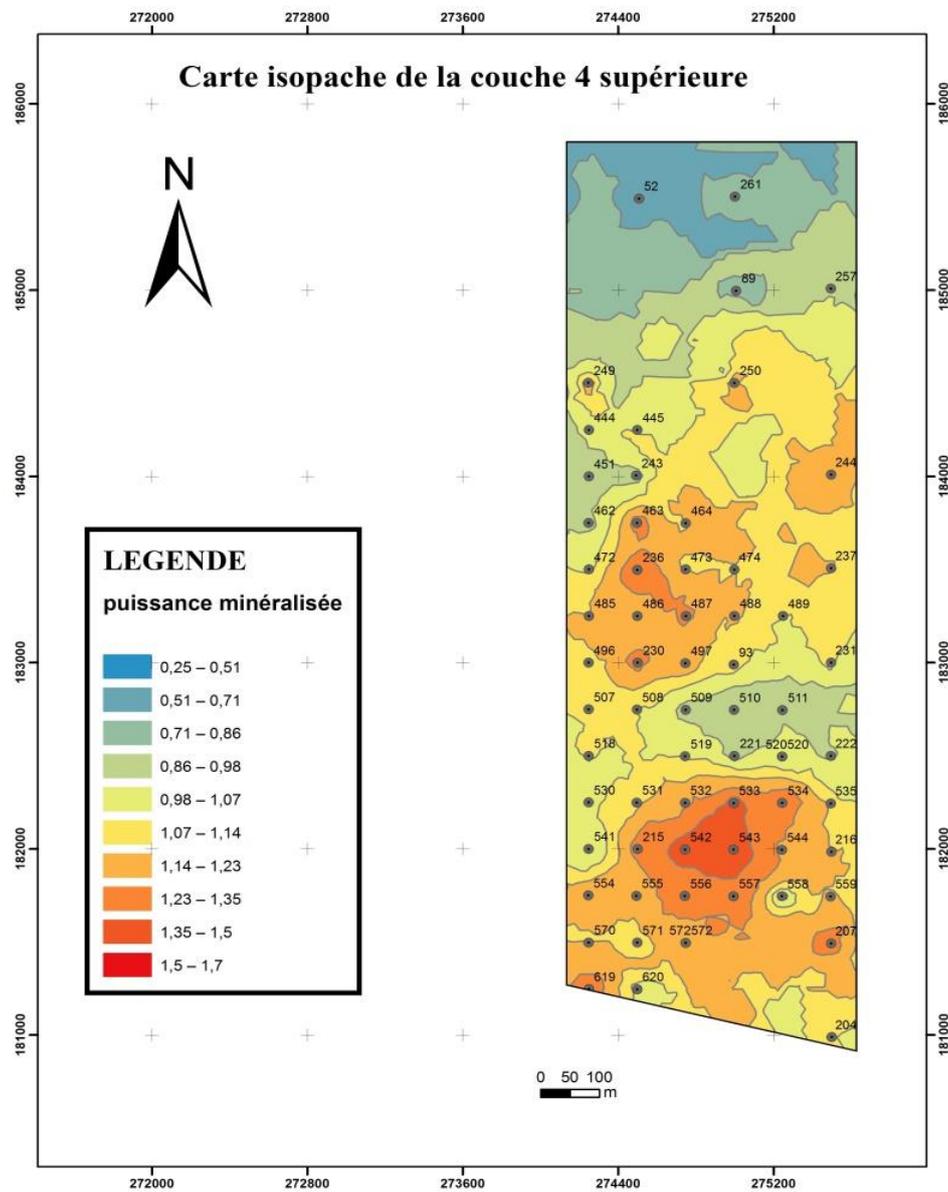


La teneur de BPL dans la couche est généralement moyenne d'une valeur qui s'échelonne entre 62,2 et 65,15 et augmente spécialement localement au NORD EST et vers l'OUEST de la couche ce qui informe sur la faisabilité et la rentabilité de cette couche .

**Figure II.24** : carte iso-teneurs BPL de la couche 5 inférieure

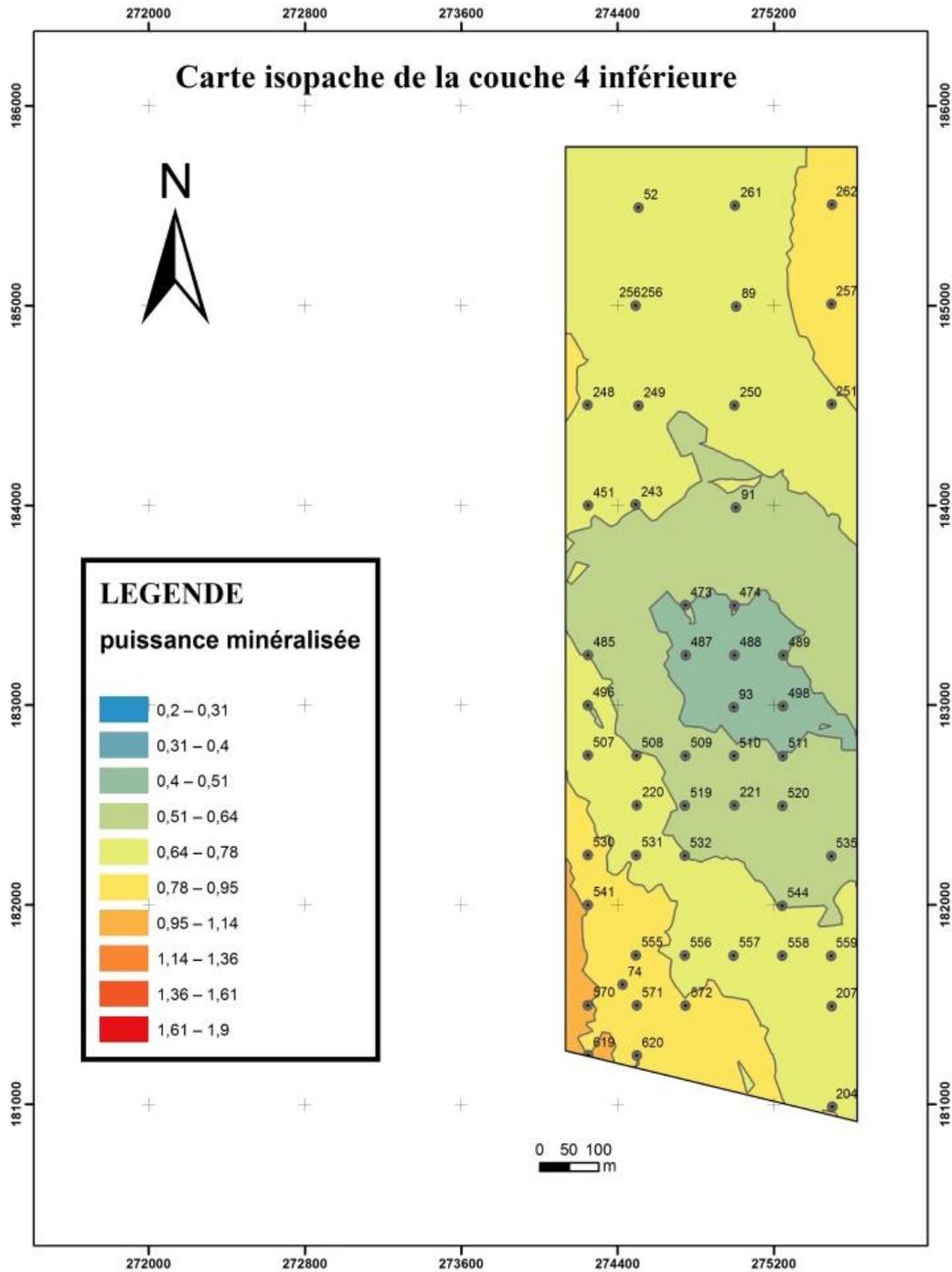
→ La teneur BPL :BONE PHOSPHAT OF LIME correspond a la teneur du phosphate calculé en pourcentage , quand la valeur de BPL dépasse 50 ont peut extraire et exploiter la couche contrairement s'elle est inferieure a 50 la couche fera partie du stérile .

## b- Cartes iso-paches



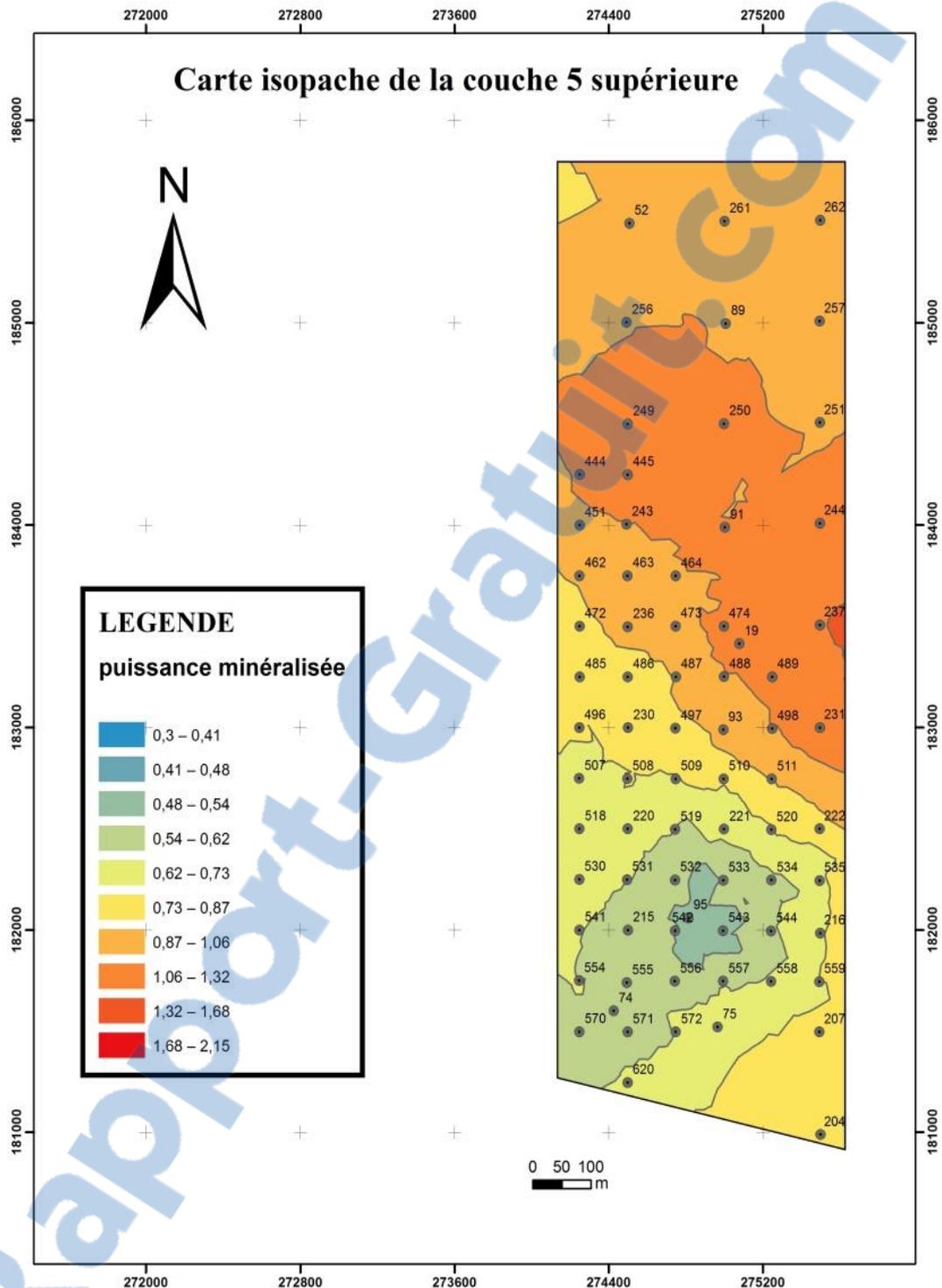
La puissance minéralisée devient de plus en plus faible vers le NORD de la couche contrairement qu'au SUD la teneur augmente d'une valeur qui s'échelonne entre 1,07 et 1,7 au voisinage des puits 543, 544 cela peut être expliqué par le phénomène d'altération.

**Figure II.25** : carte iso-Pache de la couche 4 supérieure



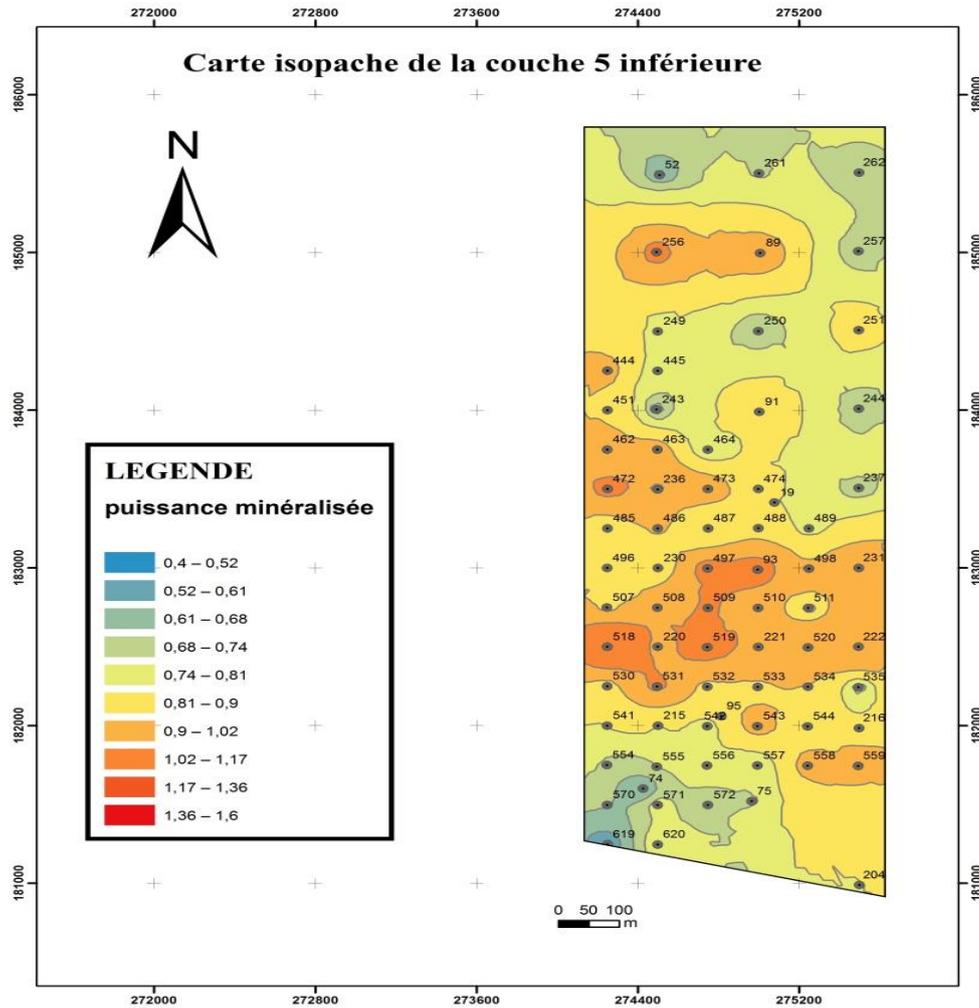
La puissance minéralisée et globalement moyenne tout au long de la couche seul au centre suivant la ligne EST WEST la teneur est faible d'une valeur qui s'échelonne entre 0,4 et 0,31 au voisinage des puits 488 ,83 .

**Figure II.26** : carte iso-Pache de la couche 4 inférieure



La teneur de la puissance minéralisée de la couche augmente en allant vers l'EST et diminue vers le SUD par contre la valeur dominante dans la carte s'échelonne entre 0,87 et 1,06.

**Figure II.27 :** carte iso-Pache de la couche 5 supérieure



La puissance minéralisée est faiblement répartie tout au long de la couche au voisinage des puits 200, 264, 257, 572. Tandis qu'il devient moyenne vers EST WEST d'une teneur qui s'échelonne entre 0,74 et 1,17.

**Figure II.28** : carte iso-Pache de la couche 5 inférieure

→ La puissance minéralisée permet de distinguer le minerais pur par rapport au stérile. Il s'agit de la quantité du phosphate que contient une couche exploitable.

### II.5.6. Etude de qualité

La charte de qualité est un écrit solennel ou un ensemble des lois constitutionnelles qui étaient destinés à consigner des caractères précis et des teneurs bien déterminées pour le phosphate selon les besoins des clients . (Tableau II.3 ).

Les fournitures de phosphate demandent une spécification chimique contractuelle (éléments et ses valeurs limites) en précisant la méthode d'analyse utilisée (gravimétrie ,absorption atomique, potentiomètre ) et dernièrement la méthode d'échantillonnage à effectuer durant la prospection .

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

**Tableau II.3** : Différentes qualités de phosphate

Type des phosphates	Teneurs BPL	Client
PROFIL BENGUERIR	58 - 62	SAFI
TES BASSE TENEUR (LAVEE)	51 -55	YOUSOUFIA
BASSE TENEUR CALICINEE	56 - 58	YOUSOUFIA
APPLICATION DIRECTE ET EXPORT	63 - 67	YOUSOUFIA

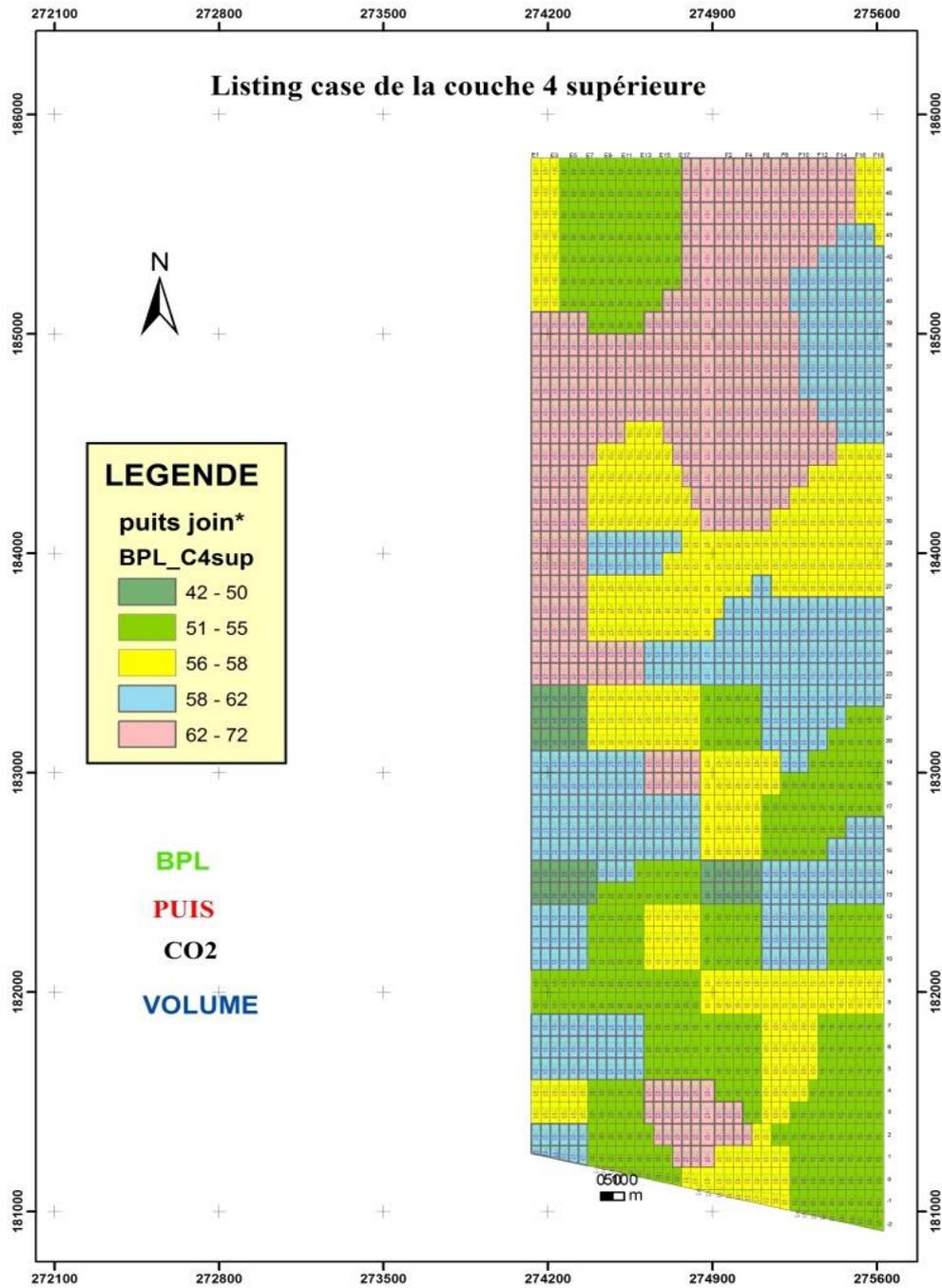
-Lavée : Le phosphate subit un lavage qui lui ajoute de la pureté.

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

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

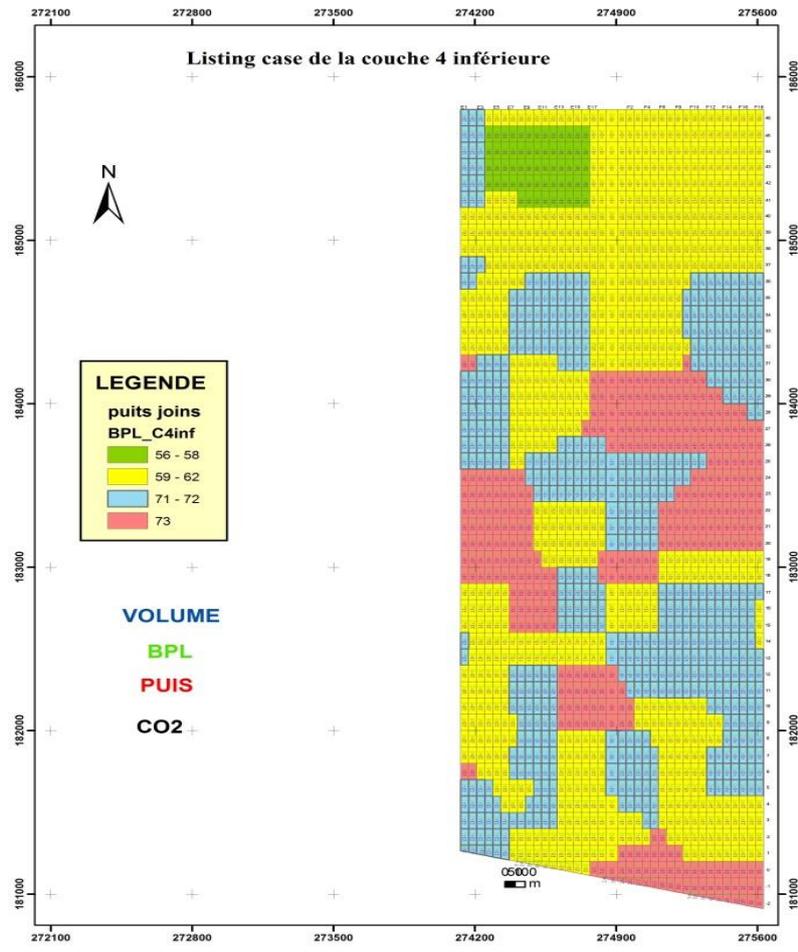
### **II.5.7. Elaboration des cartes listing case en fonction de la qualité**

A l'aide de logiciel ARGIS on a établi des cartes LISTING CASE dont le but est d'estimer les réserves en phosphates tout au long d'une couche par unité de case et de tranche en désignant la qualité survenue dominante dans la couche.



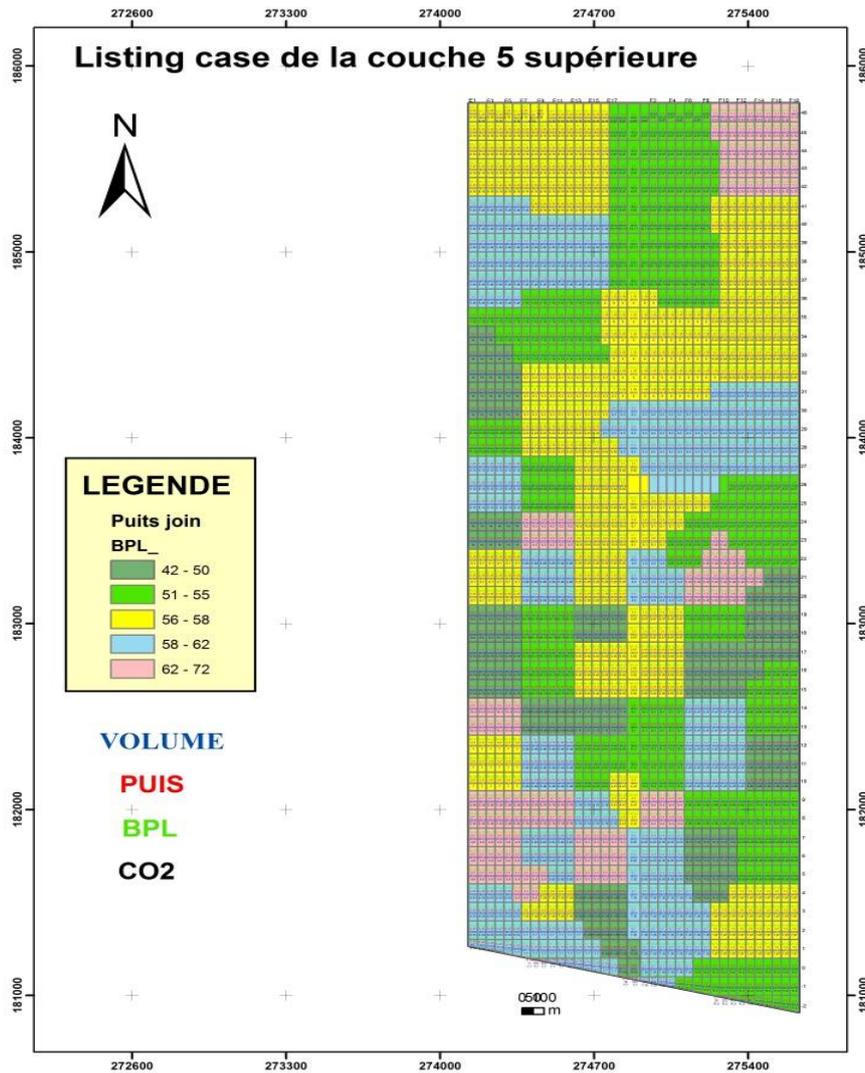
Au Nord de la couche la carte dévoile une dominance du phosphate d'export spécialement d'une teneur BPL qui s'échelonne entre 62 et 72 . Contrairement au Sud, on trouve tout de phosphate d'une teneur pondérée sauf le stock qui présente une teneur minimale.

**Figure II.29 :** listing case de la couche 4 supérieure



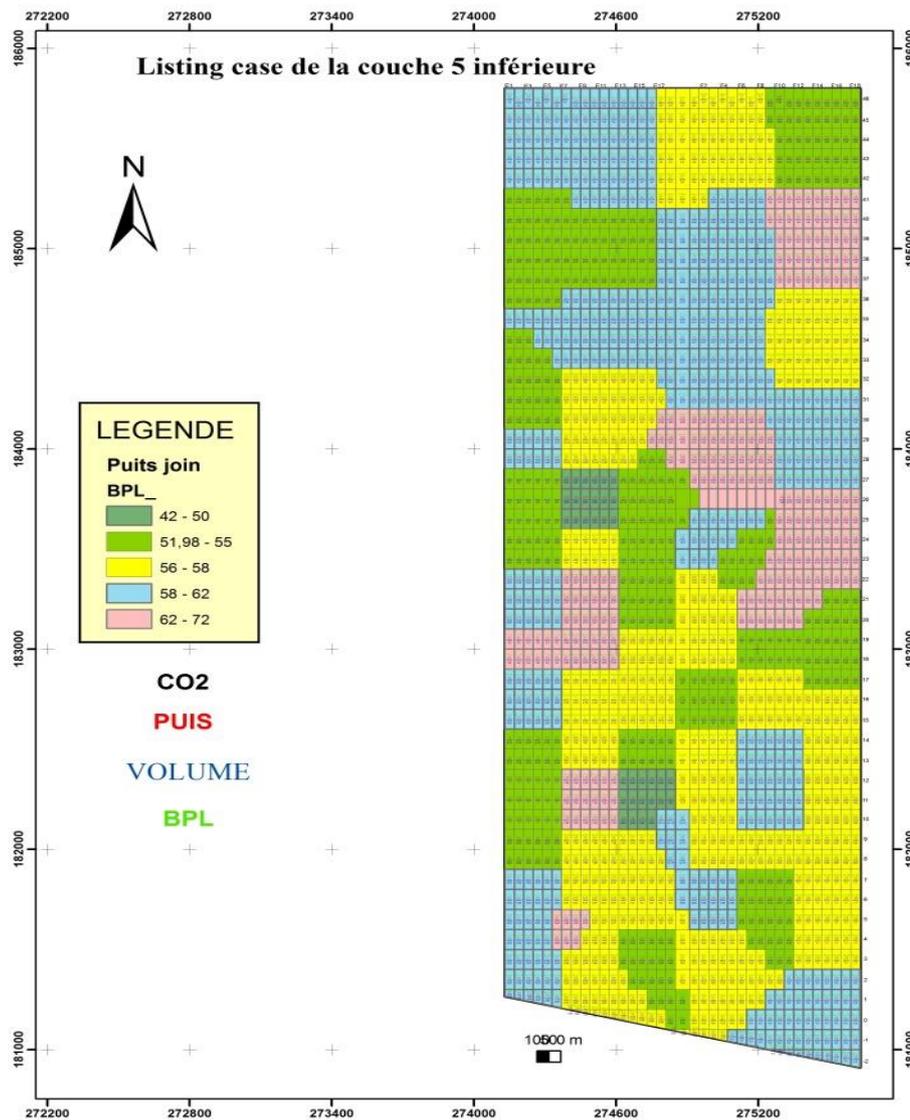
On remarque la dominance des phosphates de type TBT (très basse teneur) d'une teneur BPL qui s'échelonne entre 59 et 62 tandis que le phosphate de type BT( basse teneur ) est moyennement répandue et le reste de la couche contient très spécialement du phosphate d'export .

Figure II.30 : listing case de la couche 4 inférieure



La répartition des phosphates dans la couche est moyennement en équilibre ou on trouve les 5 qualités des phosphates ( export ,BT,PBG, stock, TBT).

Figure II.31 : listing case de la couche 5 supérieure



Le phosphate de type PBG domine dans la couche spécialement dans l'extrême NORD et SUD de la couche tandis que les autres types des phosphates se répandent moyennement tout au long de la couche .

Figure II.32 : listing case de la couche 5 inférieure

### II.5.8. Estimation d'épuisement des réserves

La consommation annuelle de chaque couche en 2014 est :

- ✓ C 0/1 : 574931 T/an
- ✓ C 2 : 350429 T/an
- ✓ C3 :412427 T/an
- ✓ C4 :282352 T/an
- ✓ C5 : 747356 T/an

➤ L'année d'épuisement d'une couche=Les réserves de la couche/ La consommation annuelle

➤ *Calcul de volume :*

$$V = P_{moy} * SURFACE \text{ panneau} \quad \text{en (m}^3\text{)}$$

➤ *Convertir Du Volume au Thc( Tonnage Humide Criblé ) :*

$$Thc = V * Coef$$

*Sachant que chaque Couche à un Coef précis à titre d'exemple :*

- C0-1 ⇒ Coef = 1,62
- C6 ⇒ Coef = 1,62
- C3 ; C5 et C4 ⇒ Coef = 1,42
- C2 ⇒ Coef = 1,62

Le tableau II.4 résume l'année d'épuisement de chaque couche appartenant au panneau 5 à partir de l'année 2014 :

**Tableau II.4 :** année d'épuisement des couches phosphatées

Le niveau	Volume	THC	Exploitation/ an	Année d'épuisement
Couche 0/1	16996176	27533805,12	574931 T/an	2061
Couche 2	11364419,5	18410358,78	350429 T /an	2066
Couche 3	9454453	13425323,26	412427 T/an	2046
Couche 4	9104813,1	12928834,6	282352 T/an	2059
Couche 5	12770576,5	18134218,63	747356 T/an	2038

On remarque que les couches phosphatées sont assez prolongeables avec des résultats fiables et faisables c'est ce qu'on explique par la virginité du panneau 5 par rapport à l'extraction et l'exploitation .

## ➤ *Ratio d'exploitation :*

C'est le taux d'exploitation auquel on peut dire que le niveau phosphaté est exploitable.

Il est défini par la relation suivante :

$$\text{Ratio} = \frac{\text{Volume du stérile}}{\text{Volume phosphaté}}$$

Si le Ratio d'exploitation dépasse 6 les couches d'études sont non exploitables contrairement s'il est inférieur à 6 on peut conclure que nos couches sont exploitables économiquement.

Le tableau II.5 résume les volumes du stérile et du phosphate que contient le panneau 5

**Tableau II.5 :** volumes du stérile et du phosphate

Niveau	Volume
RtSB	15634617
Sillon B	2366172,5
RtC SA2	9446532
Int SB/SA2	19412062,5
Sillon A2	19051452
RtC1,0	19714270,4
Int SA2/C1-0	62763429
Couche 0	5848598
IntC0/C1	2758408
Couche 1	11147578
IntC1/C2	19065604
Couche 2	11364419,5
IntC2/C3	17094978
Couche 3 sup	5578238
Couche 3 inf	3876215
IntC3/C4	8875373
Couche 4	9104813,1
IntC4/C5	33807352
Couche 5	12770576,5

Le total de volume stérile et des phosphates :

Volume total du stérile	Volume total des phosphates
208572625,9	81108062,6

Ratio du panneau 5 : Volume total du stérile / Volume total des phosphates

$$=208572625,9 / 81108062,6$$

$$=2,57$$

On conclue que le ratio du panneau 5 est inférieur à 6 (ratio d'exploitation) donc les couches phosphatées de ce panneau sont automatiquement exploitables économiquement.

### II.5.9. Estimation des réserves

En se basant sur les tables attributaires de listing case réalisées à l'aide d'ARCGIS on peut déduire les réserves (total volume, surface et moyenne BPL, CO2) sous format Excel au but de comparer la productivité des couches phosphatées :

La couche 4 supérieure :

<b>Volume total</b>	<b>Surface totale</b>	<b>Moyenne BPL</b>	<b>Moyenne CO2</b>	<b>Moyenne puis</b>
7540282,00	7068000,00	61,93	4,90	1,07

La couche 4 inférieure :

<b>Volume total</b>	<b>Surface totale</b>	<b>Moyenne BPL</b>	<b>Moyenne CO2</b>	<b>Moyenne puis</b>
4467009,00	7068000,00	69,07	5,17	0,63

La couche 5 supérieure :

<b>Volume total</b>	<b>Surface totale</b>	<b>Moyenne BPL</b>	<b>Moyenne CO2</b>	<b>Moyenne puis</b>
6385497,00	7068000,00	57,18	8,37	0,90

↳ La couche 5 inférieure :

<b>Volume total</b>	<b>Surface totale</b>	<b>Moyenne BPL</b>	<b>Moyenne CO2</b>	<b>Moyenne puis</b>
5934678,00	7068000,00	64,21	6,43	0,84

On remarque que les couches supérieures sont riches en phosphates en se basant sur la moyenne de la puissance minéralisée, et malgré la différence de la moyenne BPL des couches les 4 couches restent productives vu que la moyenne dépasse 50 % .

## CONCLUSION

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

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

- Réalisation des cartes d'iso valeurs (structural, affleurement, recouvrement, iso -teneur et iso- puissance) ;

- Réalisation des coupes lithologiques, des profils de corrélation. Ceci entre dans la préparation de l'exploitation ;

-Ensuite, au sein de l'exploitation. Le prospecteur contrôle les opérations de :

- Foration (contrôle les trous pour déterminer si le toit de la couche est atteint).

- Décapage (guide l'exploiteur à décaper jusqu'au toit de la couche afin d'obtenir une meilleur extraction du phosphate).

- Gerbage et Défruitage (la présence de prospecteur pendant ces deux étapes est indispensable pour veiller à ne pas mélanger les stériles avec le produit. Puis, recouper tout le phosphate gerbe afin d'augmenter la qualité de produit final).

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

## **BIBLIOGRAPHIE**

**Thèses doctorat (thèse EL HADI)**

**Bibliothèque OCP**

**Internet**

**Wikipédia**

**Anciens rapports de stage**