



Faculté des Sciences et Techniques de Marrakech

Département des Sciences de la Terre

Licence Sciences et Techniques- Géologie Appliquée aux Ressources Minières(GARM)

Mémoire de fin d'étude

Modélisation d'un gisement de phosphate Recette 9- Bassin des Gantour

Réalisé par :

M. DIALLO Mamadoudjan

M. KONOTIO Ibrahima

Sous l'encadrement de :

M. Youssef DAAFI (OCP.SA)

M. Brahim IGMOUILLAN (FSTG)

Soutenu le 28 juin 2012 devant le Jury :

A.REDDAD

A.HAFID

B. IGMOUILLAN

Année universitaire 2011-2012

Sommaire

Remerciements.....	4
Introduction générale.....	5
Première Partie : Généralités	
I- Présentation de l'Office Chérifien des Phosphates	
II- Principaux Bassins Phosphaté du Maroc	
1. Bassin d'Oulad Abdoun.....	10
2. Bassin de Gantour.....	10
3. Bassin Maskala.....	11
4. Bassin d'Oued Eddahab.....	11
III- Bassin Phosphaté de Gantour	
1. Données générales	11
2. Cadre géographique.....	13
3. Cadre géologique.....	13
4. Cadre structural	13
5. Lithostratigraphie de la série phosphatée.....	14
Deuxième Partie : Etude du gisement de la Recette 9	
I- Caractérisation géologique du gisement de la Recette 9	
a) Situation et Limites.....	19
b) Description géologique minière	20
II- Préparation de la base de données géologique	
a) Présentation et Identification de la Base de données.....	22
b) Critique des Données.....	23
III- Modélisation géologique des données	
a) Phase de traitement de la base de données	24
b) Caractérisation spatiale des paramètres Physiques et chimiques.....	33
VII- Estimation des ressources en place.....	62
Conclusion générale.....	64
Bibliographie.....	67

Liste des abréviations :

BPL : Bone Phosphate of Lime (Phosphate de chaux des os- $P_2O_5 \cdot 2.1853 = BPL$)

PI : Puissance intercalaire

PP : Puissance Phosphatée

PT : Puissance Totale

C0 : Couche 0

C1 : Couche 1

C2 : Couche 2

FA : Faisceau A

GDM: Geology Data Management

SX: Sillon X

Ha : Hectare

THCK : Puissance Réelle

Inter : Intercalaire

Sillon et Faisceau : Niveaux définis à partir d'une certaine puissance (OCP.sa)

Recette : zone litée dans l'espace et correspondant à des phosphates exploitables.

Remerciements

En premier lieu nous adressons nos remerciements les plus sincères et les plus chaleureux à l'équipe pédagogique constituée par les professeurs de la *Faculté des Sciences et Techniques* et en particulier au corps professoral du *département de géologie*, ces érudits qui, n'ont ménagé aucun effort pour nous transmettre leurs savoirs et qui n'ont jamais manqué de nous réitérer leurs confiances inébranlables, en l'occurrence

M. Brahim IGMOUILLAN, Chef du département de Sciences de la Terre

Mme. REDDAD Aicha, Responsable de filière

M. Brahim IGMOUILLAN, Encadrant

Ainsi que leurs collègues

Nos remerciements les plus sincères à la direction de Production et de site de Gantour, Service Géologie pour nous avoir donné la chance de passer ce stage.

Nous tenons à remercier tout particulièrement et témoignons notre reconnaissance indéfectible aux personnes suivantes, pour l'expérience enrichissante et pleine d'intérêt et captivante qu'elles nous ont fait vivre durant ce mois au sein d'OCP.Sa:

M. JOURANI Es-Said, Directeur Géologie et Recherche Minière ;

M. CHAKIR Ahmed, Chef Unité Géologie Zone Centre ;

M. DAAFI Youssef, Responsable Géologie Développement Zone Centre ;

M. CHABANE Nabil, Chef de Section Géologie.

Ainsi que l'ensemble du personnel du service à savoir les géologues et géomètres qui nous ont assistés tout au long.

En second lieu nous tenons à remercier nos parents pour leur confiance indéfectible, leurs soutien inconditionnel et leur amour immuable dont ils ont toujours fait preuve, nous vous remercierons jamais assez.

En fin nous tenons à remercier nos amis, nos proches, toutes ces personnes qui de près ou de loin nous ont toujours soutenu sans aucune réserve, qui nous ont épaulé dans les moments difficiles et ont contribué à notre réussite.

Merci à tous !!!

Introduction

Forte de sa place de premier exportateur de phosphates dans le monde et générant un revenu annuel de 8,9 milliards MAD net (Rapport annuel OCP.sa, 2010), l'industrie du phosphate (OCP SA) est l'un des maillons forts de l'économie marocaine.

Vu sa réputation internationale et le perfectionnisme de son personnel, l'OCP SA serait, à notre humble avis, la meilleure entreprise permettant de joindre la pratique aux connaissances théoriques acquises tout au long de notre cursus.

Devenu incontournable dans tous les domaines y compris celui de la géologie, l'outil informatique s'impose pour une meilleure prise en charge et un traitement rationnel des données.

C'est dans cette perspective que nous avons entrepris un stage, au sein de cette société, qui avait pour but la création d'une représentation standard en 3D d'un gisement afin non seulement de le caractériser mais surtout d'estimer les ressources en place d'où la modélisation.

Cette modélisation a été rendue possible grâce à un logiciel appelé GDM 7.0 (Géological_Data_Management).

1ère Partie : Généralités

I- Présentation de l'OCP.SA

Les premières traces de phosphate ont été découvertes au Maroc en 1912, dans la région d'Oulad Abdoun, province de Khouribga.

En aout 1921, c'était la création de l'Office Chérifien des Phosphates, pour commencer l'exploitation des phosphates. La mise en exploitation de ce minerai coïncide avec la crise économique mondiale de 1920 qui provoque un brusque abaissement de la demande de phosphate qui demeurait jusqu'à la seconde guerre mondiale.

En septembre 1939, la guerre éclate et les relations commerciales avec un grand nombre de pays sont rompues.

Au lendemain de la deuxième guerre mondiale, la restauration des sols et la restructuration du secteur agricole des pays européens exigent des quantités croissantes d'engrais et les exportations de l'OCP repartent en flèche pour atteindre des tonnages records.

Le phosphate du Maroc provient de la décomposition des animaux de mer car les mers et les océans ont été recouverts d'une grande partie de continent depuis presque 75 millions d'années.

La principale utilisation du phosphate est la production d'engrais et d'acide phosphorique, le Maroc exporte actuellement le Phosphate brut, les engrais au P₂O₅ sous forme de produit (acide phosphorique clarifié, acide désulfaté, super phosphate le MAP).

OCP.SA est spécialisé dans l'extraction, la valorisation et la commercialisation de phosphate et de 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.

Principalement utilisé dans la fabrication des engrais, le phosphate provient des sites de **Khouribga**, **Ben guérir**, **Youssoufia** et **Boucraa-Laayoune**. Selon les cas, le minerai subit une ou plusieurs opérations de traitement (criblage, séchage, calcination, flottation, enrichissement à sec...). Une fois traité, il est exporté tel quel ou bien livré aux industries chimiques de la Société, à Jorf Lasfar ou à Safi, pour être transformé en produits dérivés commercialisables : acide phosphorique de base, acide phosphorique purifié, engrais solides.

Premier exportateur mondial de phosphates sous toutes ses formes, l'OCP.SA écoule 80% de sa production en dehors des frontières nationales.

Opérateur international, il rayonne sur les cinq continents de la planète et réalise un chiffre d'affaires annuel de 8,9 milliards MAD net pour l'année 2010.

Moteur de l'économie nationale, l'OCP.SA 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, OCP.sa 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.

II- Principaux Bassins phosphatés du Maroc :

(D'après ARMAND BOUJO ; Decembre1972)

Au Maroc, la phosphatogenèse s'est déroulée durant la période géologique comprise entre le Maestrichtien (Crétacé terminal) et le Lutétien (Eocène moyen).

Une série phosphatée s'y est déposée décrivant une séquence positive, comprise entre :

- Des détritiques fins (sables et argiles) à la base;
- Des formations carbonatées au sommet.

Ces phosphates sont formés de grains de taille comprise entre **40** et **215** μm .

Tant sur le plan spatial que temporel, les faciès de la série phosphatée sont caractérisés par une grande diversité.

Les principaux domaines phosphatés au Maroc sont : (figure 1)

- Trois Bassins au domaine mesetien :
 - Bassin d'Oulad Abdoun, à Khouribga ;
 - Bassin de Gantour, à Youssoufia ;
 - Bassin de Meskala, au domaine à Chichaoua ;
- Et le Bassin d'Oued Eddahab au domaine Saharien.

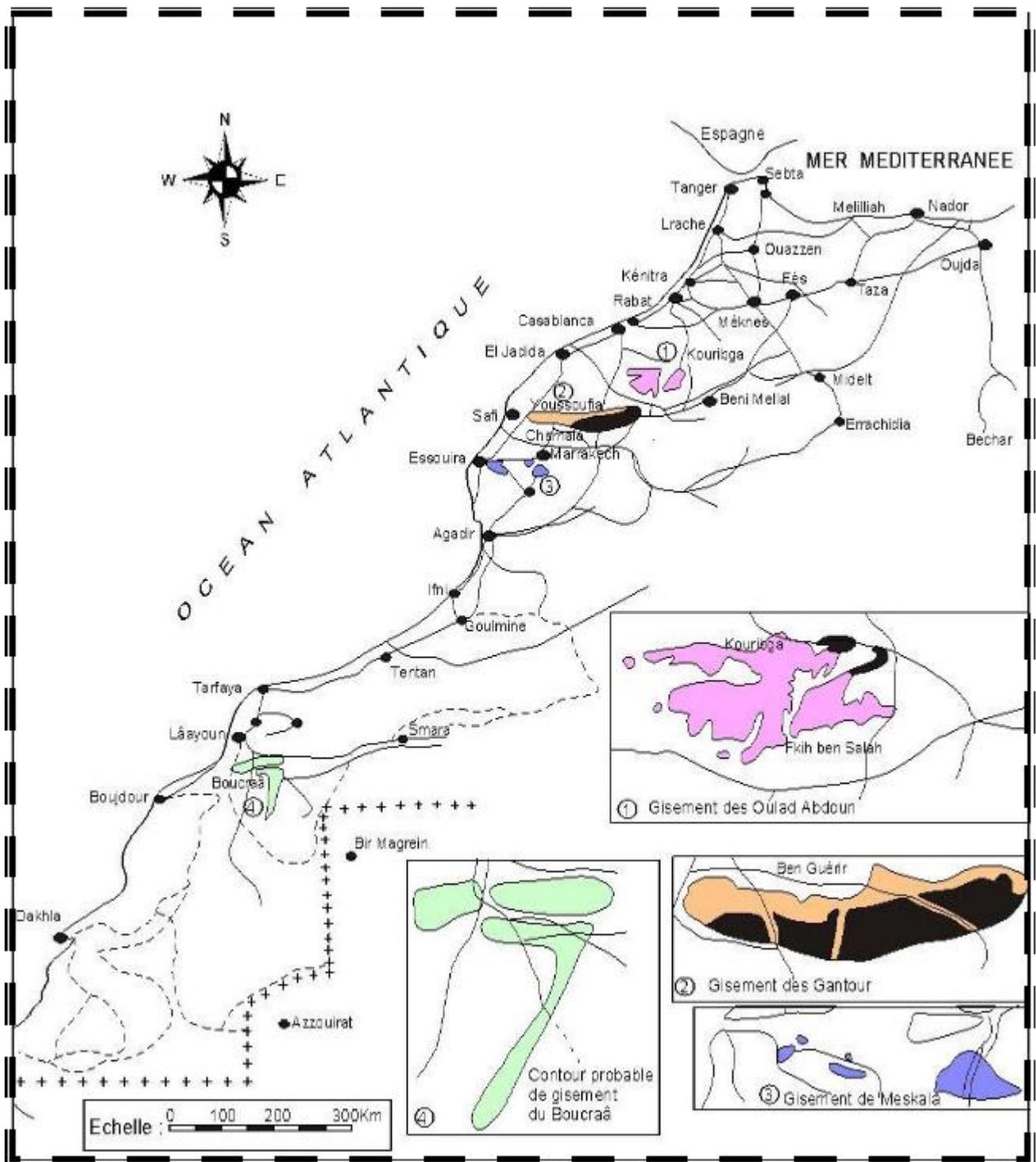


Figure 1 : Localisation des 4 Principaux Bassins Phosphatés du Maroc

1- Bassin d'Oulad Abdoun :

Le bassin d'Oulad Abdoun 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.

La série phosphatée d'Oulad Abdoun débute du Maestrichtien par des dépôts phosphatés très marneux et se termine au Lutétien par une dalle à thérinites, en passant par le Paléocène caractérisé par le calcaire phosphaté et le calcaire marneux, puis l'Yprésien, qui contient des niveaux phosphatés intercalés par des calcaires phosphatés cuprolithiques, des argiles et des silexites.

Il est subdivisé en plusieurs gisements :

- La zone de Khouribga qui contient les gisements d'Oued-Zem, de Merah El Ahrech, Sidi Chennane et Sidi Daoui.
- La zone d'El Brouj.
- La zone de Kasbat Tadla, de la bordure atlasique.

2- Bassin de Gantour :

Le bassin de Gantour, s'inscrit dans un rectangle orienté **Est-ouest** de longueur **120 à 125 Km** et de largeur de **20 à 35 Km**, est situé entre les méridiens $7^{\circ}10'$ et $8^{\circ}35'$ et les parallèles $32^{\circ}10'$ et $32^{\circ}20'$, ses limites sont :

*Au **Nord**, le massif paléozoïque des **Rehamna**.

*Au **Sud**, le massif paléozoïque des **Jbilet**.

*A l'**Est**, l'**Oued Tessaout**, affluent de l'**Oued Oum-Er-Rbia**.

*A l'**Ouest**, les collines jurassiques de **Mouissat**.

Le phosphate se présente en deux grands types de faciès :

- Clair et sec situé
- Noir noyé

3- Bassin de Meskala :

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

- 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-est et 140 m au sud. Il est subdivisé en trois zones : Ouled Bou sbâa au Nord Est, zone l'mintanout au Sud Est et zone de khémis Meskala à l'Ouest.

4- Bassin d'Oued Eddahab :

Le bassin d'Oued Eddahab s'étend sur une superficie de 800 Km², 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.

Egalement aux autres bassins, la série phosphatée d'Oued Eddahab s'est déposée avec des intensités variables dans le domaine : la bande minéralisée reconnue ou explorée est assez large au nord (Laayoune- Boucraa) et se rétrécit en allant vers le sud où elle ne fait que 5 km.

III- Bassin Phosphaté de Gantour (BOUJO, 1972) :

1. Données générales :

Le bassin des Gantour représente l'un des principaux bassins phosphatés du Maroc, découvert par A. Brives aux alentours de 1920 et a été mis en exploitation en 1931.

Il s'étend sur environ **120 à 125 Km** d'Est en Ouest et sur **20 à 35 Km** du nord au sud. Son relief est relativement calme avec une altitude moyenne de 430 m, mais relativement mouvementé avec des altitudes pouvant dépasser 530 m dans la zone noyée de Youssoufia.

Ce gisement se trouve à 100 km du port de Safi, qui assure l'exportation de la production venant de Youssoufia.

De l'Ouest vers l'Est, le bassin de Gantour est subdivisé en six zones principales :

- Youssoufia
- Recette 6
- Louta
- Ben guérir
- N'Zalat El Hararcha
- Tassaout

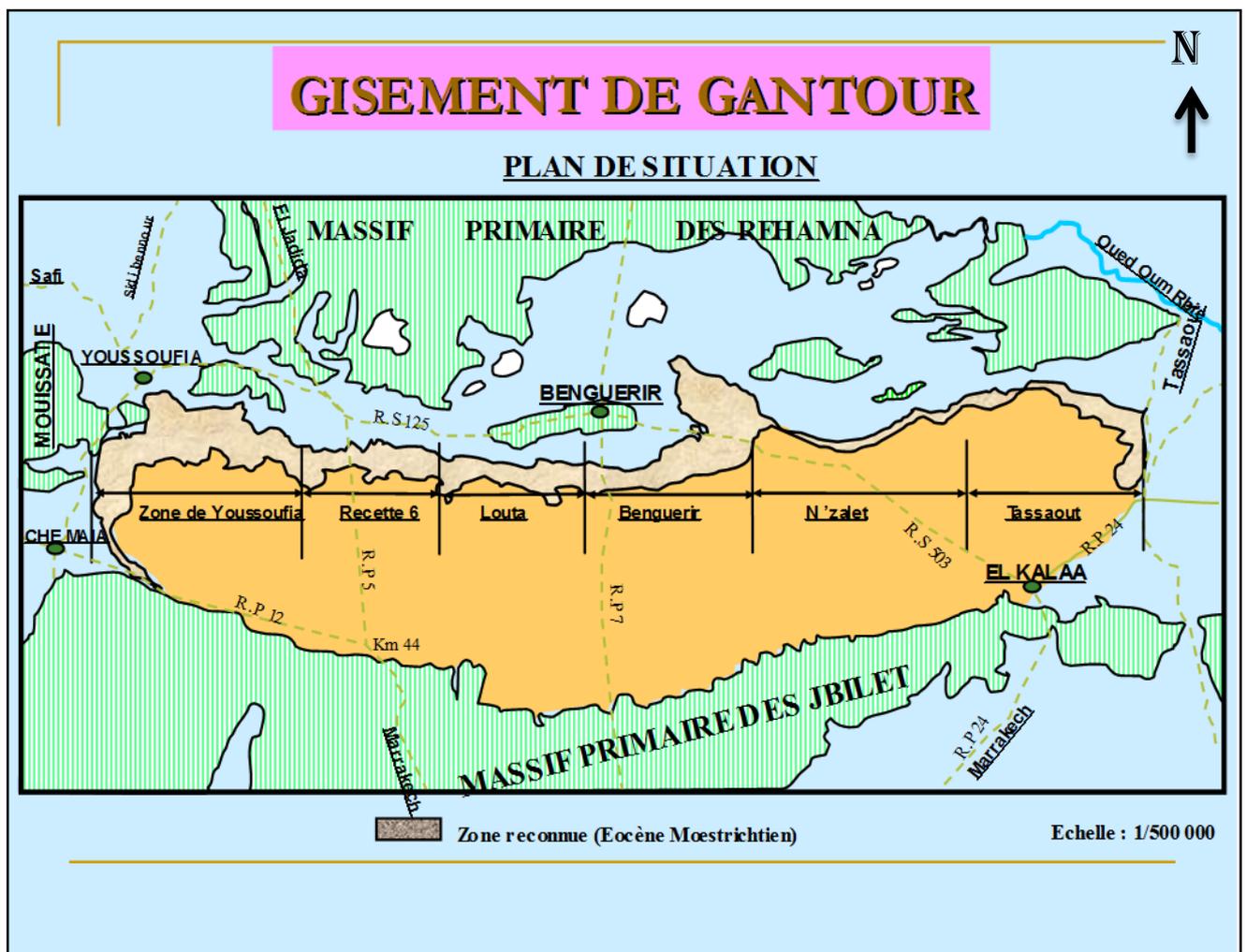


Figure 2: Plan d'ensemble des Gantour (Rapport N°391, JOURANI, 1994)

2. Cadre géographique :

Le bassin de Gantour occupe une région délimitée par les méridiens 8° 35' et 7° 15' et les parallèles 32°10' et 32° 20'. Elle correspond à une entité bien définie géographiquement et géologiquement : le plateau des Gantour constitué essentiellement de formation maestrichtiennes et éocènes, est bien limité à l'Ouest par les collines jurassiques à gypse des Mouissat, au Nord par la formation paléozoïques, métamorphiques et cristallins des Rehamna, à l'Est par la rives gauche de l'Oued Tessaout. Au Sud, le gisement s'ennoie sous les formations récentes de la Bahira.

3. Cadre géologique :

Le bassin des Gantour représente un élément important de la couverture sédimentaire de la Meseta occidentale.

- Le socle paléozoïque affleure au Nord sous forme de roches métamorphiques et cristallines (massif des Rhamna), et au Sud essentiellement sous forme de schistes (Jbilet).
- Les formations jurassiques composées de calcaires et marno-calcaires avec des lits argileux et bancs gypsifères.
- Le Crétacé inférieur est représenté par des conglomérats de base, des calcaires argileux et des grès rouges continentaux.
- Le crétacé supérieur comprend les marno-calcaires du Cénomaniens et les calcaires karstifiés du Turonien.

4. Cadre structural (JOURANI, 1994) :

Deux domaines structuraux d'allure très différente occupent l'ensemble du bassin Gantour-Bahira :

- Un domaine occidental entre Youssoufia et la route Marrakech-El-Jadida où les affleurements sont orientés Sud-Nord à l'extrémité occidentale, entre Chemaia et Youssoufia puis Ouest-Est depuis Youssoufia jusqu'au Sud du village de Benguerir
- Un domaine oriental où les affleurements redeviennent Nord-Sud à l'Est du gisement de Benguerir pour reprendre la direction Est-Ouest jusqu'à l'extrémité du gisement, au bord de l'Oued Tessaout pour redevenir encore une fois Nord-Sud.

Notons que le domaine occidental est caractérisé par une structure perturbée marquée par la présence de cuvettes et de dômes avec une étendue des cuvettes plus importante que celle des dômes, au contraire au domaine oriental, il a une structure relativement calme.

5. Lithostratigraphie de la série phosphatée (BOUJO, 1972) :

La série phosphatée qui s'étend du Maestrichtien au Lutétien (figure 5), est formée par les dépôts de phosphate qui forment un ensemble homogène. Elle 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 Thersite. La stratigraphie de la zone noyée de Youssoufia peut être résumée comme suit :

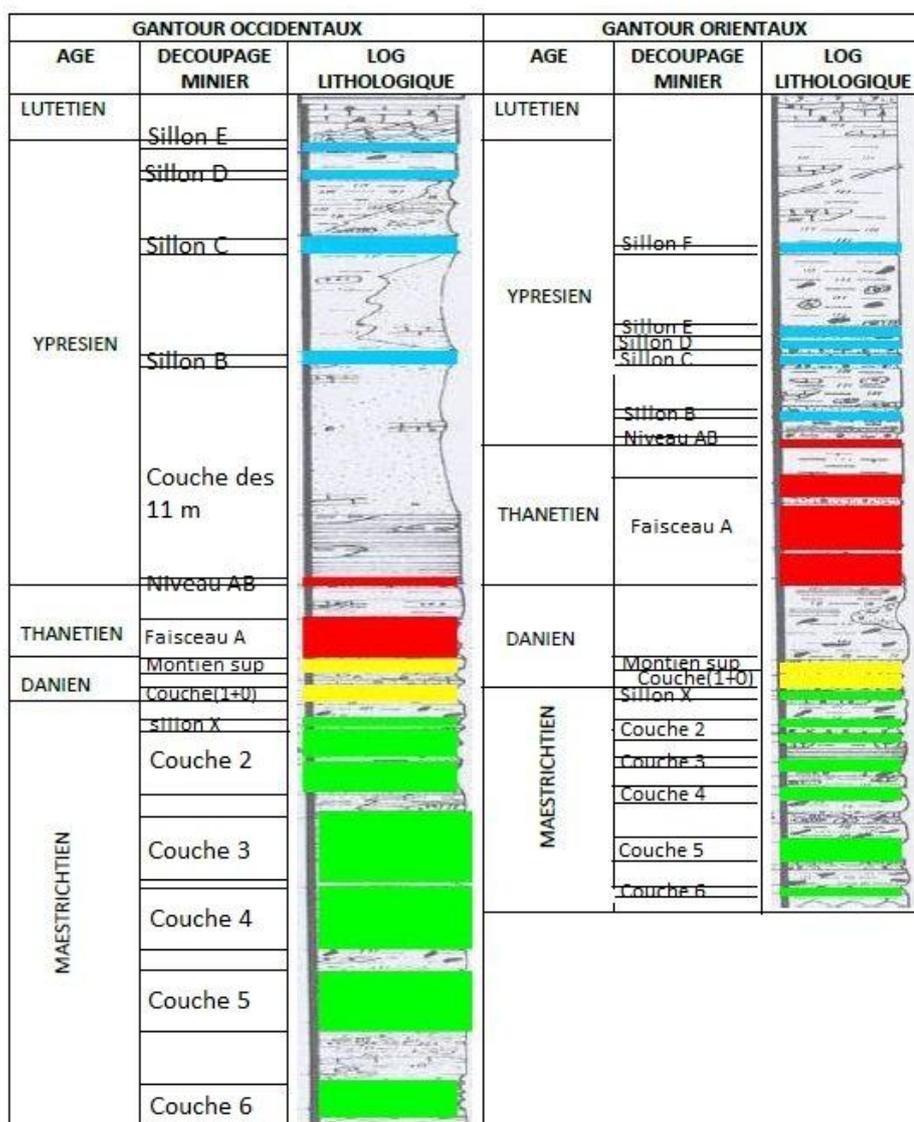


Figure 3 : Coupes lithostratigraphiques de la série phosphatée des Gantour

a. Maestrichtien :

Il comprend les niveaux suivants (figure 5) : Couche 6, Couche 5, Couche 4, Couche 3, Couche 2 et le sillon X. Ces couches peuvent être subdivisées en sous-couches suivant les zones.

Cet étage débute par un phosphate bioclastique et micro conglomératique et se termine par un banc de marnes siliceuses dans lequel s'intercale un niveau décimétrique de phosphate.

Il est décomposé en trois entités :

Une entité inférieure : qui comprend les couches 6 et 5 séparées par des stériles marno-siliceux.

Une entité médiane : constituée par les couches 4 et 3. L'intercalaire couche 3 – couche 2 est formé par un niveau d'argile dites maestrichtiennes.

Une entité supérieure : constituée par la couche 2 et le sillon X qui représentent une sédimentation sableuse et phosphatée.

Il est à noter que les dépôts silico-carbonatés sont rares au niveau de la partie sommitale du Maestrichtien. En effet, cette partie est dominée par des formations détritiques phosphatées.

Contrairement à cette partie sommitale, la partie basale de cet étage est caractérisée par l'abondance et le développement des dépôts silico-carbonatés constitués essentiellement de : Marnes siliceuses, Grès, Silex et Marnes.

b. Danien :

Cet étage commence généralement, par un banc de calcaire phosphaté et se termine par des marnes et marnes siliceuses. Il est formé des entités suivantes :

- La couche 1
- La couche 0
- Le Danien supérieur phosphaté (DSP)

La couche 1 :

C'est la couche la plus riche de la série phosphatée, constituée essentiellement de phosphate « oolithique » noir. Son mur peut se présenter sous forme de :

-Calcaire phosphaté.

-Phosphate calcifié.

-Phosphate meuble qui repose directement sur les marnes siliceuses formant l'intercalaire sillon X-couche 1.

La couche 0 :

Elle est formée d'un phosphate coprolitique avec des teneurs faibles en BPL. Elle a un caractère lenticulaire.

Danien supérieur phosphaté :

Il est séparé de la couche (1+0) par un banc de calcaires phosphatés ou de phosphates indurés.

c. Thanétien :

Il est dominé par une sédimentation sablo-phosphatée correspondant au faisceau A, ce dernier est subdivisé en trois sous faisceaux A1, A2 et A3.

Les deux niveaux A1 et A3 sont séparées par des argiles dites thanétiennes.

Le sous faisceau A1 repose directement sur A2 et se distingue de ce dernier par ses faibles teneurs en BPL.

Le thanétien se termine par un puissant dépôt de marnes et de marnes sableuses.

d. Yprésien :

Les niveaux phosphatés de ce niveau sont :

Le niveau AB : qui représente un niveau détritique de phosphate et se continue par un puissant dépôt d'argiles constituant le substratum de la nappe supérieure (argiles yprésiennes). La couche des 11 m : qui repose sur ces argiles yprésiennes, se présente sous forme d'un puissant niveau de sable fin légèrement phosphaté.

Les sillons supérieurs : il s'agit d'un puissant niveau de marnes, de marnes siliceuses à silex au sein duquel s'intercalent les sillons supérieurs (B, C, D ...).

e. Lutétien :

Cet étage marque la fin de la sédimentation phosphatée et caractérisé par le développement d'une dalle calcaire dolomitique renfermant des thersités appelée dalle à thersités.

2^{ème} Partie :
Etude du gisement de
la Recette 9

I- Caractérisation géologique du gisement
1- Situation et Limites

La zone étudiée est limitée :

- Au nord par les recette 2 et 7
- A l'Est par la recette 8
- A l'Ouest par la recette 5
- Au Sud par le parallèle 178 000

La surface ainsi délimitée est de **2053.85 ha** soit **20 538 500 m²**.

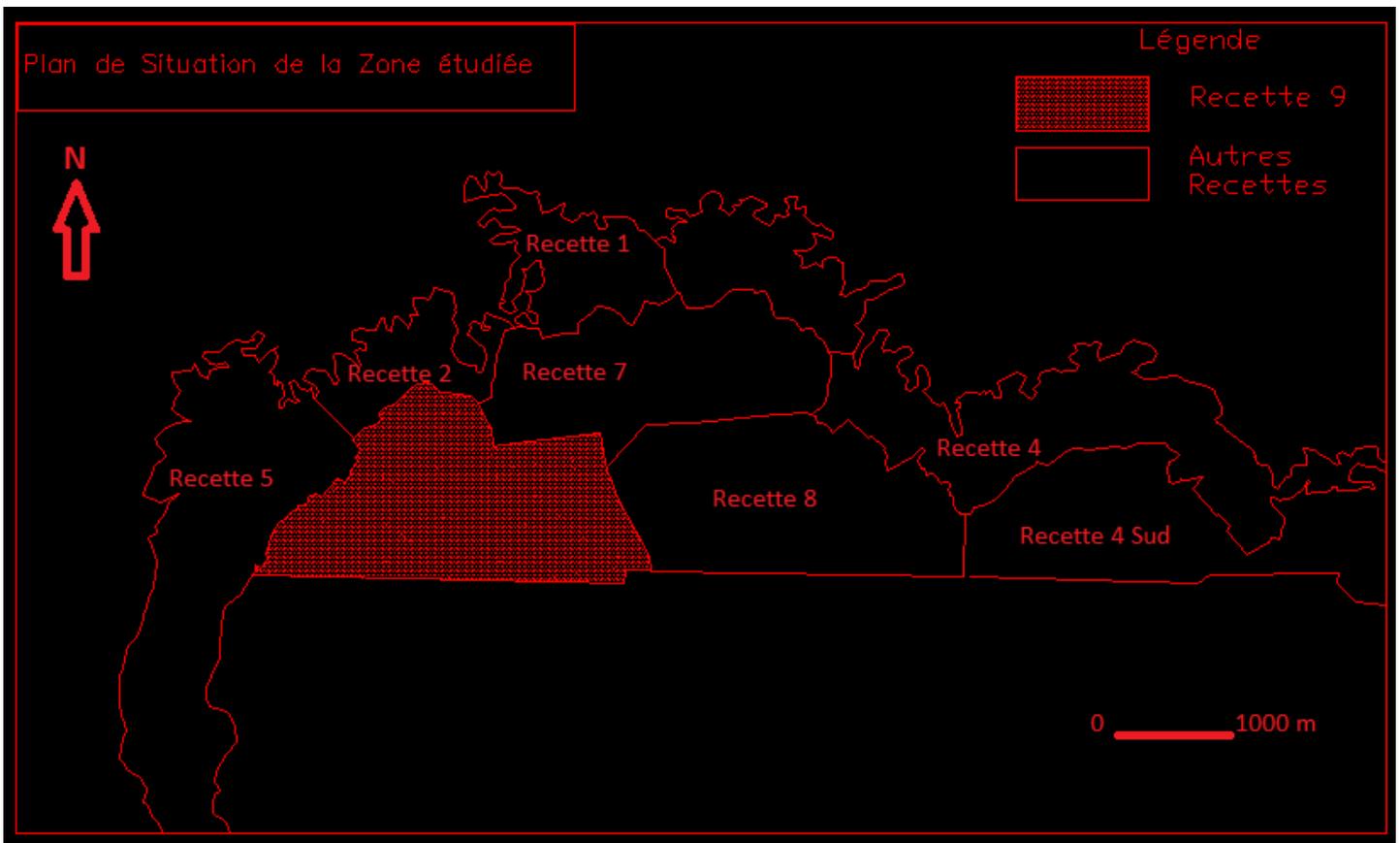


Figure 4 : situation et limites de la Recette 9 (tiré du rapport géologique N°268, Ohetta El GHAZI ; 1984 et digitalisé grâce à AutoCAD 2000)

2- Description géologique minière

Du point de vue stratigraphique les niveaux étudiés dans ce présent rapport correspondent au Maestrichtien (Couche 2 et Sillon X) et au Thanétien (A₃, A₂ et A₁).

- **Couche 2**

Elle est subdivisée *en couche 2 supérieure et couche 2 inférieure*

- **Couche 2 inférieure**

Elle est constituée de sables fins légèrement phosphatés dont la base est limitée à des teneurs dont l'écart est supérieure ou égal à 10% quand on passe du mur de la couche 2 inférieure à sa base de grès ou de sables plus ou moins consolidés.

- **Couche 2 supérieure**

Elle est caractérisée par sa grande granulométrie grossière et relativement plus riche en P₂O₅ que la couche 2 inférieure.

Elle renferme une ou deux barre de grès rarement trois mais très souvent exempté de barres.

- **Sillon X**

C'est un bon repère grâce à son toit, intercalaire avec la couche 1, constituée de marnes à silex compris entre le phosphate du Montien et du sillon X relativement riche.

- **Couche 1**

C'est la couche la plus riche, elle est essentiellement formée de :

-Phosphate sableux oolithique

-Phosphate légèrement calcifié

- **Couche 0**

Moins riche que la couche 1, elle se compose de Phosphate sableux butimuneux à débris-organiques et de Phosphates sableux gris verdâtre calcifié.

- **Faisceau A**

Dernier niveau dans notre série, il se distingue des couches sous-jacentes par sa composition faite essentiellement de Sable phosphaté, Marne sableuse, Phosphate marneux et calcaire phosphaté rosâtre à traces de carditas.

Données d'études

- **Base de données**

Elle sera élaborée sous forme d'une table dans Access avec un format pouvant être pris en charge par GDM.

- **Limites de la zone**

Elles ont été établies en fonction des ouvrages que nous disposons.

- **Carte topographique**

Cette carte est obtenue par interpolation des différentes altitudes (**Z**) connaissant les autres coordonnées (**X, Y**) de nos ouvrages.

Hypothèse de travail

Le but de notre travail est de modéliser, c'est-à-dire caractériser les principaux paramètres (PP, PT, BPL, CO₂) afin d'estimer les ressources en place.

Pour ce faire nous procéderons comme suit :

- Etablir un lien entre notre base de données et le logiciel de traitement GDM
- Faire les traitements dans le dit logiciel selon nos besoins (cartographe, représentation de log ...)
- Calcul des paramètres statistiques et leurs interprétations.

II- Préparation de la base de données

1. Présentation et Identification de la base de données

Elle se présente comme suit :

NUMERO_O	GEOL_OCP	GEOL_OCP	X	Y	Z	PROFONDEUR	PROF_DEBU	PROF_FIN	LITHOLOGIE	GEOL_OCP	DESCRIPTION_LITHOLOGIQUE	IDENTIFICATION
S9093	GANTOUR	YOUSSOUFIA	208484	180092	473,36	115,9	59,5	59,9	LIT015	Phosphate sab	Phosphate sableux friable à	Tricône
S9093	GANTOUR	YOUSSOUFIA	208484	180092	473,36	115,9	59,9	60,3	LIT015	Phosphate sab	Phosphate sableux friable à	Tricône
S9093	GANTOUR	YOUSSOUFIA	208484	180092	473,36	115,9	60,3	60,9	LIT035	Marne compac	Marne compacte et marne s	Tricône
S9093	GANTOUR	YOUSSOUFIA	208484	180092	473,36	115,9	60,9	61,4	LIT015	Phosphate sab	Phosphate sableux à débris	Tricône
S9093	GANTOUR	YOUSSOUFIA	208484	180092	473,36	115,9	61,4	61,8	LIT019	Calcaire phosp	Calcaire phosphaté grisâtre	Tricône
S9093	GANTOUR	YOUSSOUFIA	208484	180092	473,36	115,9	61,8	65,8	LIT039	Marne siliceus	Alternance de marne et de r	Tricône
S9093	GANTOUR	YOUSSOUFIA	208484	180092	473,36	115,9	65,8	68,6	LIT039	Marne siliceus	Alternance de marne , de m	Tricône
S9093	GANTOUR	YOUSSOUFIA	208484	180092	473,36	115,9	68,6	69,2	LIT015	Phosphate sab	Phosphate sableux friable à	Tricône
S9093	GANTOUR	YOUSSOUFIA	208484	180092	473,36	115,9	69,2	69,6	LIT019	Calcaire phosp	Calcaire phosphaté gris	Tricône
S9093	GANTOUR	YOUSSOUFIA	208484	180092	473,36	115,9	69,6	70,7	LIT063	Sable phospho	Sable phosphaté compact gr	Tricône
S9093	GANTOUR	YOUSSOUFIA	208484	180092	473,36	115,9	70,7	71,3	LIT015	Phosphate sab	Phosphate sableux à débris	Tricône
S9093	GANTOUR	YOUSSOUFIA	208484	180092	473,36	115,9	71,3	72,6	LIT035	Marne compac	Marne compacte sableuse lé	Tricône
S9093	GANTOUR	YOUSSOUFIA	208484	180092	473,36	115,9	72,6	73,1	LIT064	Sable phospho	Sable fin marneux phosphat	Tricône
S9093	GANTOUR	YOUSSOUFIA	208484	180092	473,36	115,9	73,1	74,3	LIT035	Marne compac	Marne compacte sableuse l	Tricône
S9093	GANTOUR	YOUSSOUFIA	208484	180092	473,36	115,9	74,3	74,6	LIT015	Phosphate sab	Phosphate sableux compact	Tricône
S9093	GANTOUR	YOUSSOUFIA	208484	180092	473,36	115,9	74,6	75,5	LIT035	Marne compac	Marne compacte plus ou mc	Tricône
S9093	GANTOUR	YOUSSOUFIA	208484	180092	473,36	115,9	75,5	76,2	LIT015	Phosphate sab	Phosphate sableux à débris	Tricône
S9093	GANTOUR	YOUSSOUFIA	208484	180092	473,36	115,9	76,2	76,8	LIT063	Sable phospho	Sable compact phosphaté rc	Tricône
S9093	GANTOUR	YOUSSOUFIA	208484	180092	473,36	115,9	76,8	77,7	LIT064	Sable phospho	Sable fin marneux phosphat	Tricône
S9093	GANTOUR	YOUSSOUFIA	208484	180092	473,36	115,9	77,7	80,6	LIT035	Marne compac	Marne compacte plus ou mc	Tricône
S9093	GANTOUR	YOUSSOUFIA	208484	180092	473,36	115,9	80,6	80,9	LIT019	Calcaire phosp	Calcaire phosphaté à débris	Tricône
S9093	GANTOUR	YOUSSOUFIA	208484	180092	473,36	115,9	80,9	82,7	LIT035	Marne compac	Marne compacte plus ou mc	Tricône

Figure 5: Table de base de données

La table de base de données sur Access contient les paramètres suivants : N° d'ouvrage (correspondant aux puits ou sondages), GEOL_OCP(Bassin), X ,Y ,Z (coordonnées des ouvrages) ,les Profondeurs, la Lithologie(codes reconnus par le logiciel),Description lithologique, l'Identification(correspondant à la détermination de la couche correspondante).

Cette table est obtenue par saisie des paramètres cités ci-dessus dans une application développée sur Oracle avec une interface Access puis exportés vers Access.

Une fois dans Access nous établissons des Requêtes selon nos besoins.

L'identification, dernière étape de la préparation de la base de données, consiste à la détermination des différents niveaux (couches) auxquels correspondent les paramètres (LITHOLOGIE, PROFONDEUR,...) et cela en les vérifiant sur les profils de corrélation.

2. Critique des données

Notre zone d'étude est limitée par un ensemble de **30** puits réalisés entre **1951** et **1981**. Parmi ces ouvrages **27** d'entre eux traversent tous les niveaux concernés et les autres à savoir **S84**, **S9091** et **S9093** se limitent respectivement à la partie supérieure de la couche 0 et la couche 1, ne traversant ainsi pas le sillon X et la couche 2.

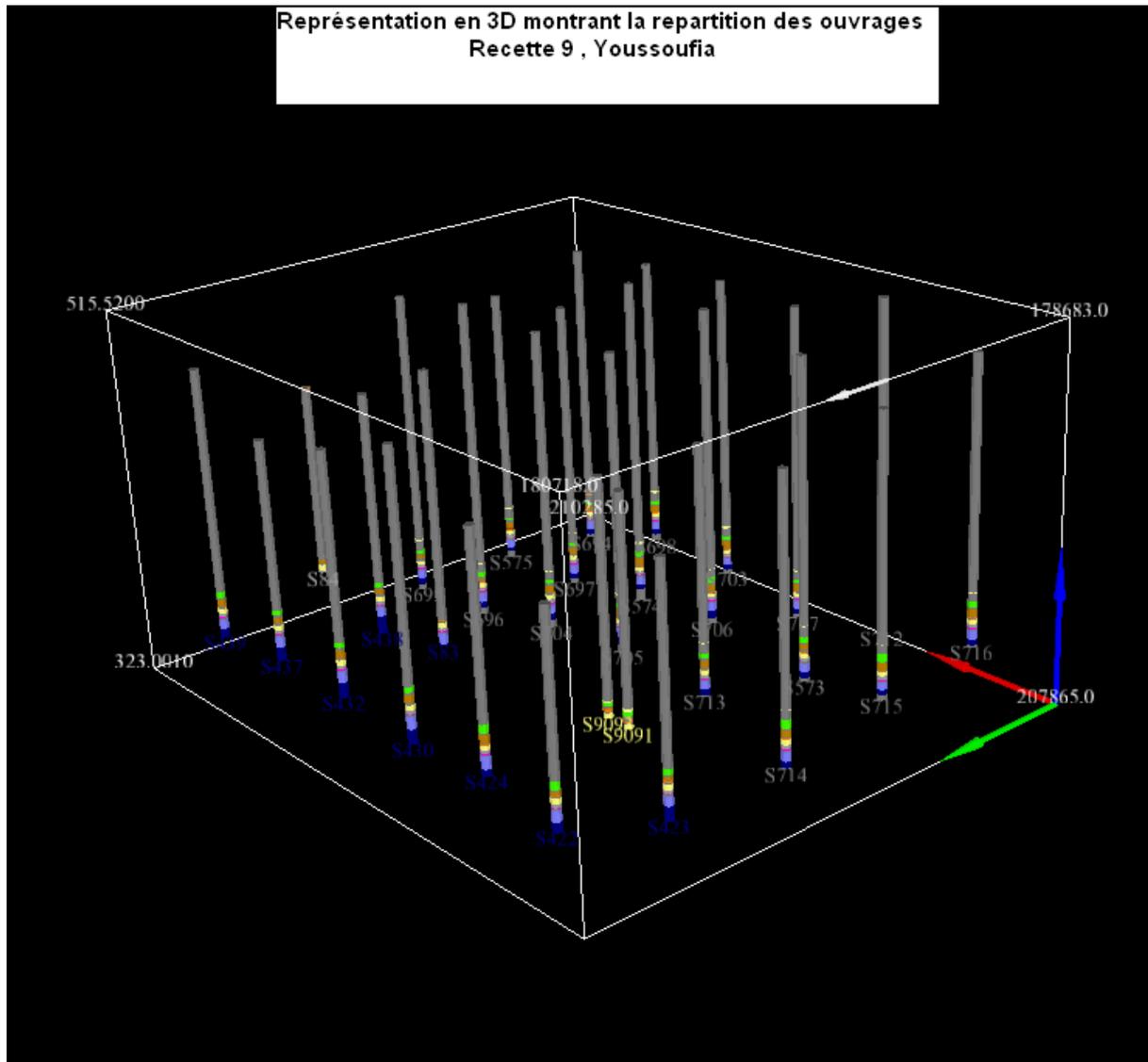


Figure 6: Carte 3D montrant la répartition des ouvrages

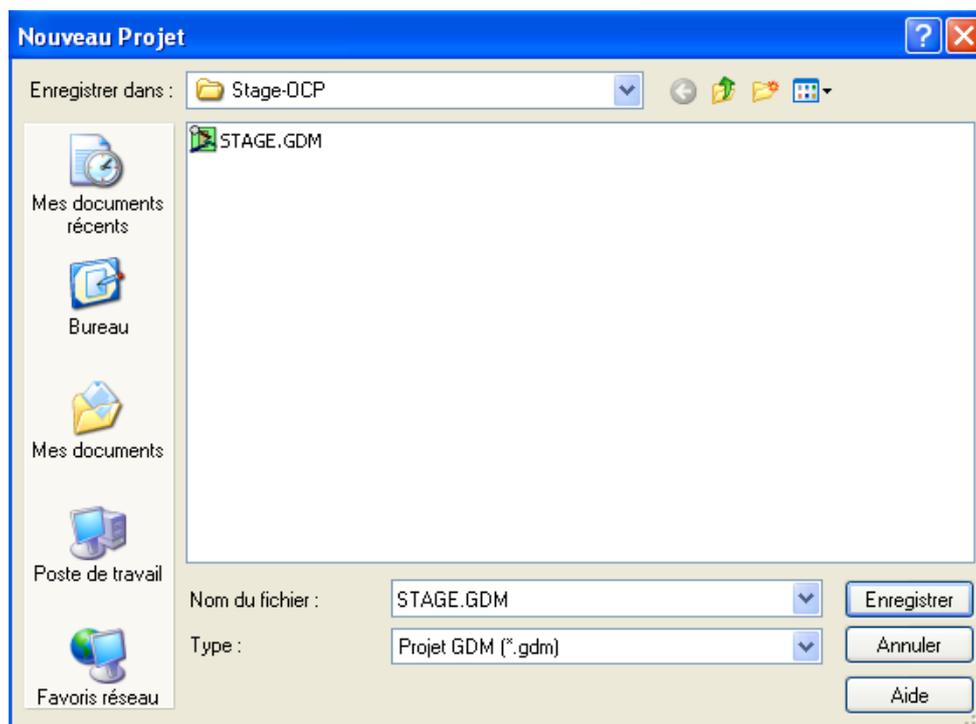
Ainsi nous ne pouvons pas parler de conformité des ouvrages étant donné que tous les niveaux ne sont pas traversés.

III- Modélisation géologique des données

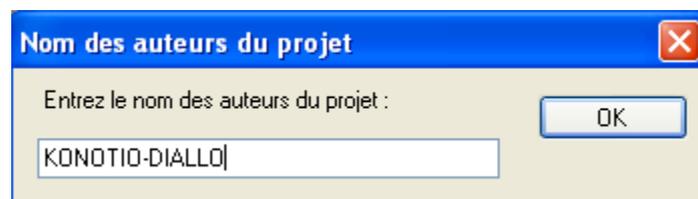
a) Phases de traitement la base de données

Conformément à l'hypothèse de travail, nous procéderons comme suit :

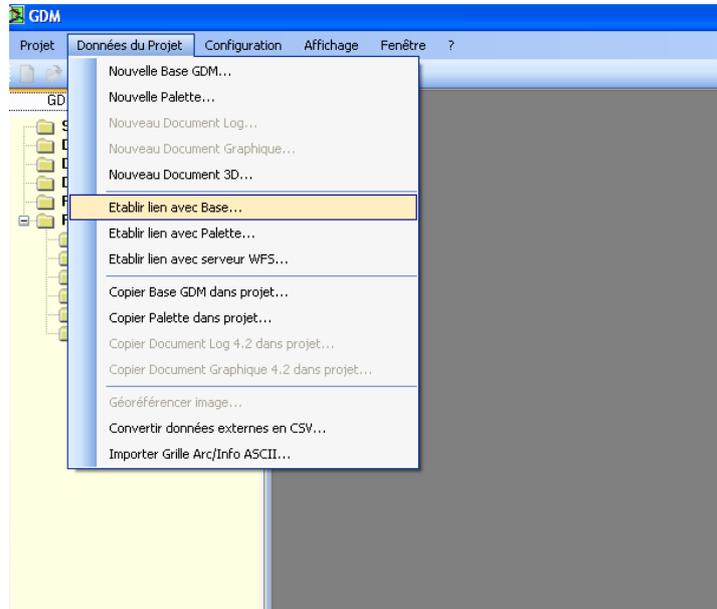
- Disposer d'une base de données (figure 6) pouvant être prise en charge par GDM (dans un format approprié) ;
- Ouvrir GDM et Créer un nouveau projet;



- Désignation du nom de l'auteur



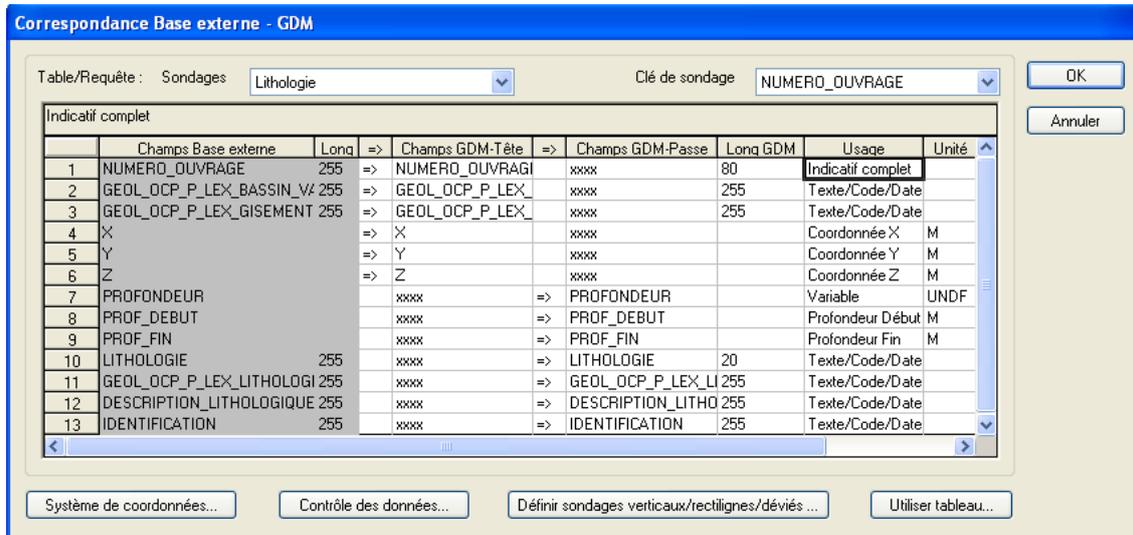
- Connexion de la base de données



- Définition des paramètres de la base de données à connecter

Puis cliquer sur « connexion »

- Etablir la correspondance des paramètres de la base



- Notre base de données est bien prise en charge par GDM lorsqu'apparaît cette fenêtre en « pop-up »



Le traitement proprement dit correspond à l'établissement de log stratigraphique pour chaque ouvrage (figure 7), de cartes (de Puissance totale, de BPL et de CO2) et le calcul des paramètres statistiques.

- Le log est établi de la manière suivante
- Données projet → Nouveau Document Log.....

Nom du document Log Nouveau Log(1) Dessiné par : DIALLO et KONOTIO Nom du sondage S575 Approuvé par : Y.DAAFI Echelle 1 / 375 Tranche de profondeur 0.00 M - 149.40 M Date d'impression 15/06/12						
PROF (M)	Code_Niv	IDENTIFICATION	GEOL_OCP_P_LE	BPL_BRUT	CO2_BRUT	DESCRIPTION_LITHOLOG
0			Terre végétale			Terre végétale et mamo-calcaire
1			Mame compacte			Mamo-calcaire et mame dure blanchâtre
10			Mame			Mame dure , mamo-calcaire et calcaire blanchâtre
18			Mame compacte			Mame et mamo-calcaire blanchâtre
24			Mame tendre			Mame tendre jaunâtre et mamo-calcaire
32			Mame compacte			Mame , mamo-calcaire et calcaire
40			Mame tendre			Mame tendre gris jaunâtre et mamo-calcaire
50			Mame siliceuse			Mame siliceuse , mamo-calcaire et calcaire gris clair
59			Mame			Mame et mamo-calcaire gris clair
69			Mame argileuse			Mame dure , mame siliceuse et mamo-calcaire rare silex
72			Mame siliceuse			Mame siliceuse à silex noirâtre
79			Mame compacte			Mame compacte , mame siliceuse à silex et sable
84			Mame sableuse			Mame sableuse et sable fin mameux sombre
91			Sable			Sable fin mameux sombre
96			Argile			Argile compacte noirâtre
101			Argile sableuse			Argile sableuse très compacte passant au sable très argileux au mur gris sombre
107			Sable			Sable fin très argileux très compacte gris sombre
113			Mame			Sable fin mameux friable à compacte gris sombre
114			Mame siliceuse			Mame sableuse très compacte gris sombre
115			Mame argileuse			Sable fin très mameux très compacte gris sombre
116			Mame compacte			Mame compacte et mame siliceuse à silex noirâtre
117			Mame tendre	2.8	19.3	Phosphate sableux friable gris sombre
118			Mame tendre	3.0	22.8	Phosphate sableux friable à consolidé sombre
119			Mame tendre	2.8	12.6	Phosphate sableux friable à consolidé sombre
119			Mame tendre	5.6	19.3	Phosphate meuble gris sombre
120			Mame tendre	10.2	18.2	Phosphate sableux consolidé sombre
120			Mame tendre	9.6	19.3	Mame très compacte sombre
120			Mame tendre	12.9	24.9	Calcaire gréseux dur grisâtre
121			Mame tendre	6.5	24.1	Mame compacte et mame siliceuse à silex noirâtre
121			Mame tendre	7.3	23.1	Phosphate sableux friable gris sombre
122			Mame tendre	15.0	28.0	Phosphate sableux friable à consolidé sombre
122			Mame tendre	23.1	31.1	Phosphate sableux très calcifié passant au calcaire phosphaté à carditas
123			Mame tendre	6.7	19.6	Phosphate meuble gris sombre
123			Mame tendre	4.6	23.0	Phosphate sableux consolidé sombre
124			Mame tendre	1.7	32.2	Mame très compacte sombre
124			Mame tendre	2.9	35.0	Calcaire gréseux dur grisâtre
125			Mame tendre	1.9	40.3	Mame compacte et mame siliceuse à silex noirâtre
126			Mame tendre	3.3	37.2	Phosphate sableux friable gris sombre
126			Mame tendre	2.3	38.5	Sable fin très phosphaté passant au phosphaté sableux sableux friable gris sombre
127			Mame tendre	7.9	36.0	Phosphate sableux friable à consolidé sombre
127			Mame tendre	6.0	37.8	Phosphate sableux très calcifié passant au calcaire phosphaté à carditas
127			Mame tendre	67.8	32.2	Phosphate meuble gris sombre
128			Mame tendre	12.1	31.1	Phosphate sableux consolidé sombre
128			Mame tendre	29.0	34.7	Mame très compacte sombre
129			Mame tendre	45.9	31.9	Calcaire gréseux dur grisâtre
129			Mame tendre	39.8	21.4	Mame compacte et mame siliceuse à silex noirâtre
130			Mame tendre	12.9	12.9	Phosphate sableux friable gris sombre
130			Mame tendre	8.9	16.8	Phosphate sableux friable à consolidé sombre
131			Mame tendre	15.3	22.8	Phosphate meuble gris sombre
131			Mame tendre	48.3	27.0	Phosphate sableux consolidé sombre
132			Mame tendre	56.3	20.8	Mame très compacte sombre
132			Mame tendre	54.2	11.6	Calcaire gréseux dur grisâtre
133			Mame tendre	52.0	11.4	Mame compacte et mame siliceuse à silex noirâtre
133			Mame tendre	59.6	10.1	Phosphate sableux friable gris sombre
134			Mame tendre	60.2	11.7	Phosphate sableux friable à consolidé sombre
134			Mame tendre	38.0	8.1	Phosphate meuble gris sombre
135			Mame tendre	39.8	8.8	Phosphate sableux consolidé sombre
135			Mame tendre	46.8	22.6	Mame très compacte sombre
136			Mame tendre	64.7	18.9	Calcaire gréseux dur grisâtre
136			Mame tendre	67.4	14.0	Mame compacte et mame siliceuse à silex noirâtre
136			Mame tendre	67.3	6.3	Phosphate sableux friable gris sombre
137			Mame tendre	70.0	5.3	Phosphate sableux friable à consolidé sombre
137			Mame tendre	43.2	4.2	Phosphate meuble gris sombre
138			Mame tendre	22.8	5.6	Phosphate sableux consolidé sombre
139			Mame tendre	66.6	17.5	Mame très compacte sombre
139			Mame tendre	9.7	23.5	Calcaire gréseux dur grisâtre
140			Mame tendre	15.8	4.9	Mame compacte et mame siliceuse à silex noirâtre
140		SFA1	Mame	49.0	34.3	Phosphate sableux friable gris sombre
141		Inter SFA2/SFA1	Mame compacte	51.8	9.1	Phosphate sableux friable à consolidé sombre
141		SFA2	Calcaire compacte	58.6	10.1	Phosphate meuble gris sombre
142		Inter SFA3/SFA2	Calcaire gréseux	33.7	9.9	Phosphate sableux consolidé sombre
142		SFA3	Mame compacte	57.8	9.4	Mame très compacte sombre
143		SFA3inf	Mame compacte	51.1	11.9	Calcaire gréseux dur grisâtre
144		Inter C0/FA	Phosphate sableux	55.4	9.4	Mame compacte et mame siliceuse à silex noirâtre
144		C 1	Mame sableuse	58.3	6.7	Phosphate sableux friable gris sombre
145		Inter Sx/C1	Mame	25.2	15.4	Phosphate sableux friable à consolidé sombre
145		Sillon X	Sable	16.5	12.4	Phosphate grossier mameux à débris organiques
146		Inter C2/Sx	Phosphate	10.7	12.6	Phosphate sableux friable gris sombre
146		C2sup	Sable phosphaté	13.4	13.8	Mame sableuse très compacte gris sombre
146		C2inf	Sable	28.2	11.6	Phosphate grossier mameux à débris organiques
148		Inter C3/C2	Sable	12.2	12.3	Sable phosphaté consolidé gris sombre gris sombre
148			Grès	12.4	4.7	Sable fin mameux assez friable gris sombre
148			Autre	7.6	7.0	Grès très dur gris sombre
149			Sable	12.4	4.4	Perte
149						Sable fin argileux gris sombre

Figure 7 : Log lithostratigraphiques de l'ouvrage S575, obtenu à partir du logiciel GDM

Ce travail a été fait pour tous les ouvrages, voir les logs en annexes 1

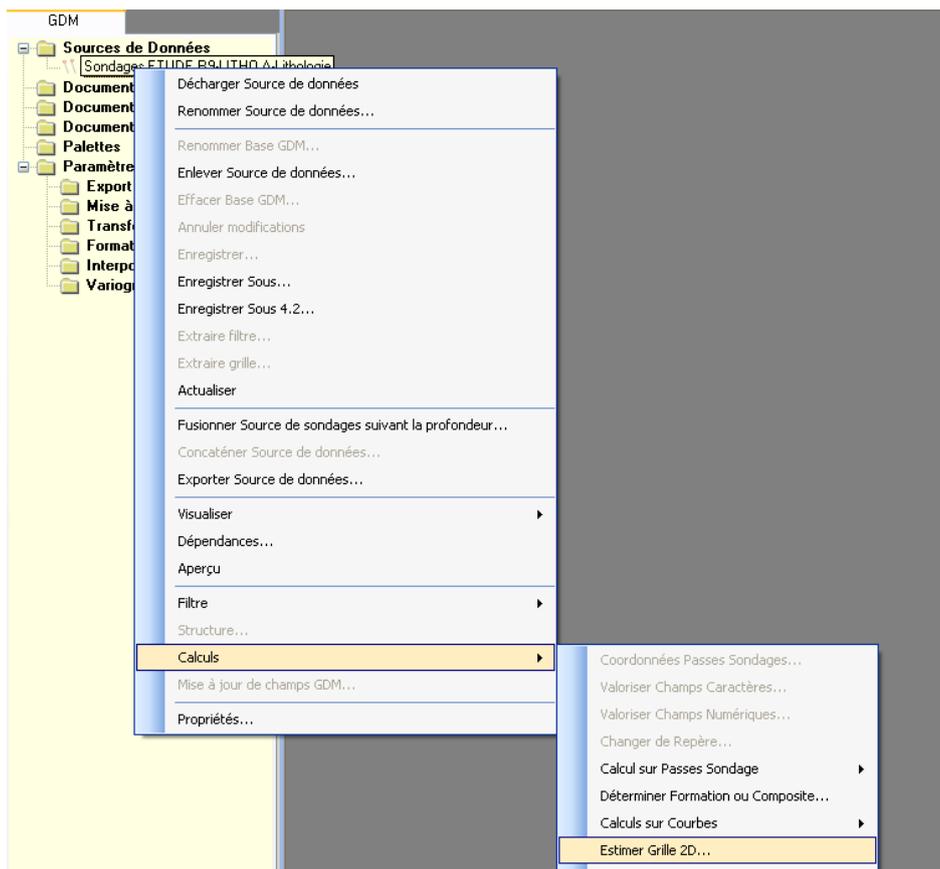
- Pour les cartes, une interpolation s'impose, définissant une grille avec les mêmes paramètres.

L'interpolation des variables se fait selon les critères suivants : dimension de la grille (50x50) en rajoutant les valeurs de la surface estimée et l'écart type de krigeage

pour chaque bloc, la méthode d'interpolation est le « Krigeage avec variogramme

linéaire sans dérive », l'enveloppe sera la limite de la zone avec un voisinage d'interpolation qui permettra de faire une interpolation sur l'ensemble de la zone en question.

1. Interpolation des paramètres de « Recette 9 »



2. Paramétrage de la grille

Créer Grille 2D

Variables disponibles : Z
Variables à interpoler :

Fusion/Classement des données... OK
Compléments... Annuler

Définition de la grille
Origine de la grille
Coordonnées de l'origine : Données :
X0 = 208000 XMin= 208004,6 XMax= 210118
Y0 = 178800 YMin= 178884,1 YMax= 180584

Méthode d'interpolation
Méthode...
Krigage avec variogramme linéaire sans dérive
Voisinage... Options...

Source Failles :
<aucune>
Enveloppe...
Utiliser Paramètres...
Enregistrer Paramètres...

Utiliser Modèle... Options...

Dimensions de la grille
en X : en Y :
Taille d'une maille : 50 50 M
Nombre de noeuds : 44 37
Angle de rotation de la grille : 0

- Options complémentaires

Option grille

Options Grille

Type de grille
 Grille de blocs
Les coordonnées indiquées pour l'origine de la grille sont celles :
 du coin inf. gauche du 1er bloc
 du centre du 1er bloc

Nombre de points de discrétisation d'un bloc :
en X : 5
en Y : 5

OK
Annuler

Compléments

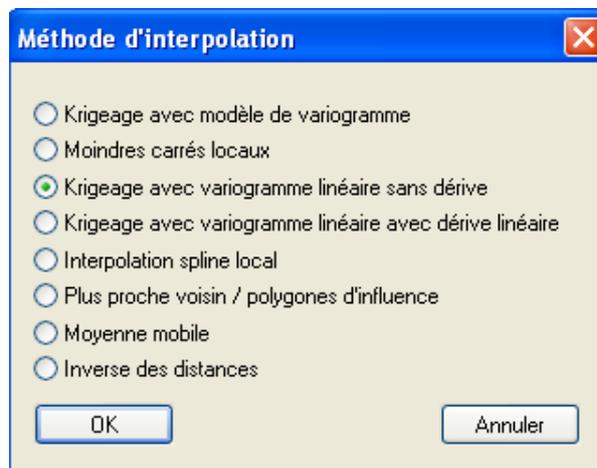
Informations complémentaires

Ajout des variables suivantes dans la grille :

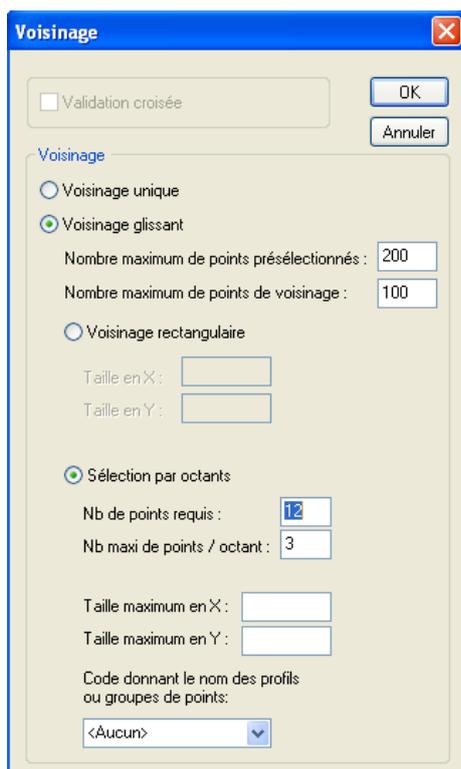
	Nom variable
<input type="checkbox"/> Nombre de points du voisinage	
<input checked="" type="checkbox"/> Surface estimée	surf
<input checked="" type="checkbox"/> Ecart type de krigage	écar
<input type="checkbox"/> Terme correctif lognormal	

OK
Annuler

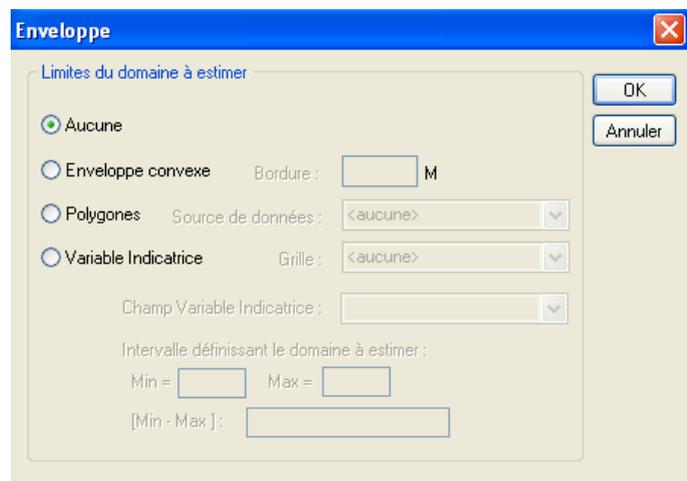
Méthode d'interpolation



Voisinage

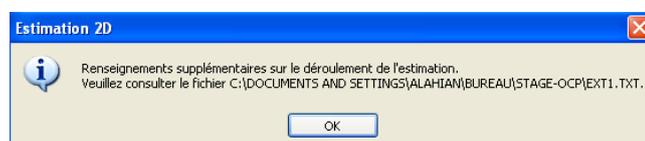


Enveloppe



Une fois le paramétrage choisi, on clique sur « ok » pour exécuter.

Apparition d'un message de confirmation après exécution.



Pondération des différents niveaux

La pondération s'effectue dans le cas où nous voulons diluer la teneur de l'intercalaire au sein de chaque niveaux. Pour ce faire :

	LDIL	EXAC	UNDF	VALEUR CO2 BRUT	VALEUR BPL BRUT	FOR
1	0,000	100,0000	0,000	11,19990	54,49940	CROS
2	0,000	100,0000	0,000	10,48480	56,16000	CROS
			0,000	9,55291	59,90590	CROS
			0,000	17,99000	39,98000	CROS
			0,000	6,65000	61,50000	CROS
			0,000	8,75000	63,26000	CROS
			0,000	19,25000	43,08000	CROS
			0,000	8,75000	61,53000	CROS
			0,000	8,22500	62,97000	CROS
			0,000	13,30000	65,80000	CROS
						NO
			0,000	14,45870	46,88640	CROS
			0,000	15,66000	45,21000	CROS
			0,000	13,42360	52,65870	CROS
			0,000	11,03000	55,97000	CROS
			0,000	8,69000	55,43000	CROS
			0,000	9,50301	58,62040	CROS
			0,000	18,12000	39,81000	CROS
			0,000	13,06680	54,97310	CROS
			0,000	8,37673	62,59610	CROS
			0,000	9,42676	58,79990	CROS
			0,000	15,26680	46,75650	CROS
			0,000	8,40000	64,28000	CROS
			0,000	10,12810	64,47630	CROS
			0,000	16,10000	54,40000	CROS
			0,000	9,03422	60,82520	CROS
			0,000	7,47000	63,13000	CROS
			0,000	7,41000	62,25000	CROS
			0,000	5,66000	67,21000	CROS
			0,000	6,77499	64,52010	CROS

Détermination d'une formation ou d'un composite

Détermination de la formation ou du composite

à partir du code IDENTIFICATION ayant les valeurs : C 1 C 0
 à partir de la variable PROF_DEBUT ayant des valeurs : > à :
 entre deux profondeurs : M et M
 entre deux Z : M et M

Dilution

Valeurs calculées pour la formation ou le composite

Valeurs stockées dans une nouvelle base GDM :
 Profondeurs début et fin; coordonnées début, fin et milieu;
 épaisseur; longueur

Moyenne des variables : VALEUR_CO2_BRUT PROFONDEUR
 VALEUR_BPL_BRUT

Pour le calcul de la moyenne prendre en compte la densité : PROF_DEBUT

Pour identifier la formation dans
 Data_base_GDM
 Stocker la valeur :
 dans le champ : LITHOLOGIE

Enregistrer Param... Charger Param...

OK Annuler

Par exemple, les paramètres de la couche 1 seront ainsi remplis, ensuite on coche « Dilution » puis OK.

L'option « Dilution », sert à dire au logiciel de négliger l'existence des intra-couches C'est-à-dire diluer la teneur en BPL tout en conservant la puissance totale.

b) Caractérisation spatiale des paramètres physiques et chimiques

Après la prise en charge et le paramétrage des données, nous avons établi des cartes permettant de voir la répartition spatiale des paramètres physiques et chimiques de chaque couche de la Recette 9.

En plus de la répartition spatiale des paramètres, les cartes permettent de définir des coupes aboutissant à des profils afin de mieux voir l'agencement des couches et aussi une estimation quantitative et qualitative.

Quant aux graphes (histogrammes) ils sont réalisés grâce à d'autres composantes de GDM. Les histogrammes ont pour objectif de montrer l'occupation surfacique de chaque classe des paramètres (BP, CO₂ et PT).

L'analyse statistique est dans ce cas relative à la grille avec un effectif de 1628 blocs.

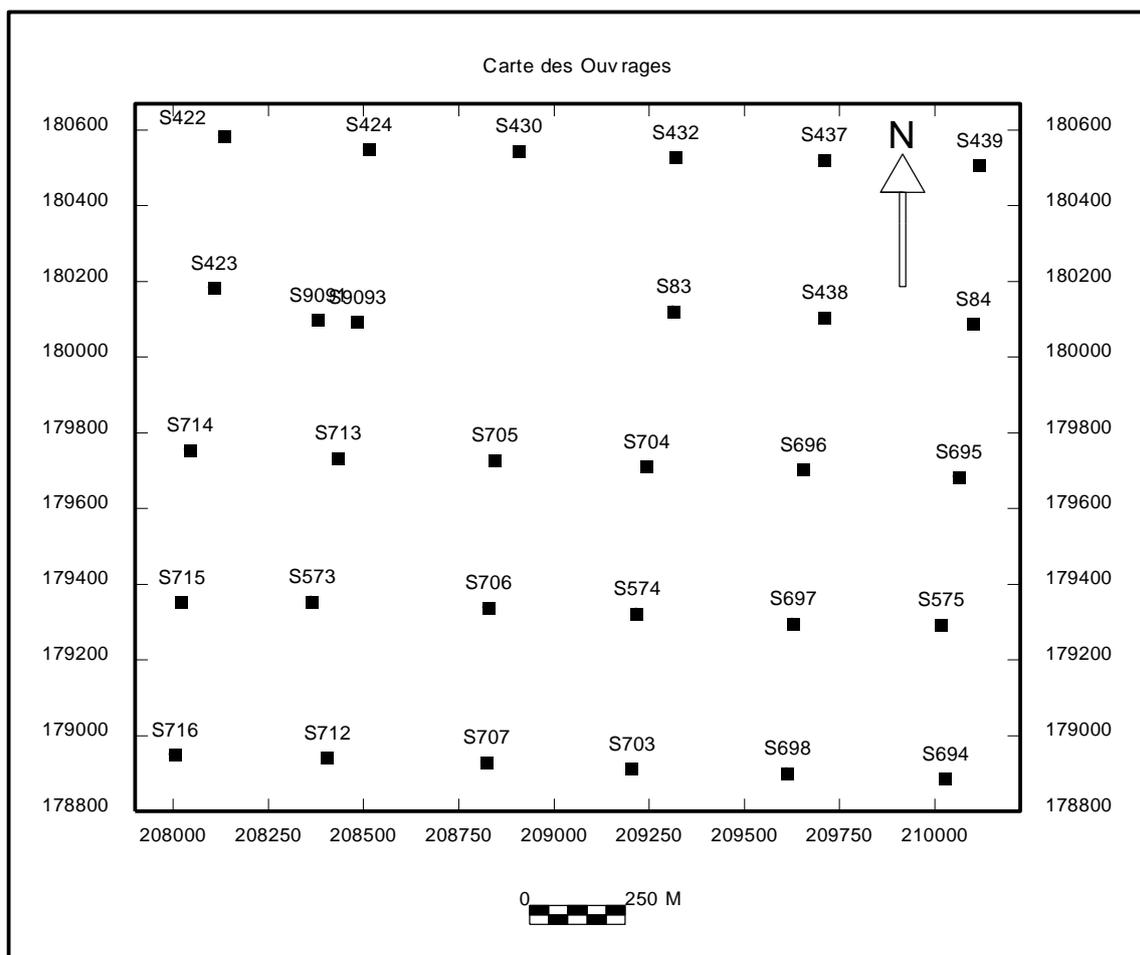


Figure 8 : carte de répartition des ouvrages (au nombre de 30) dans la Recette 9

Cette carte (figure 9) montre la répartition des 30 ouvrages dans la zone de la Recette 9 dont chacun est représenté par un numéro.

En commençant de la base vers le sommet, on distingue :

La Couche 2 :

Formée de phosphates sableux, des marnes, de sables phosphatés et silteux, et de calcaires. Ce niveau présente aussi des débris d'organismes.

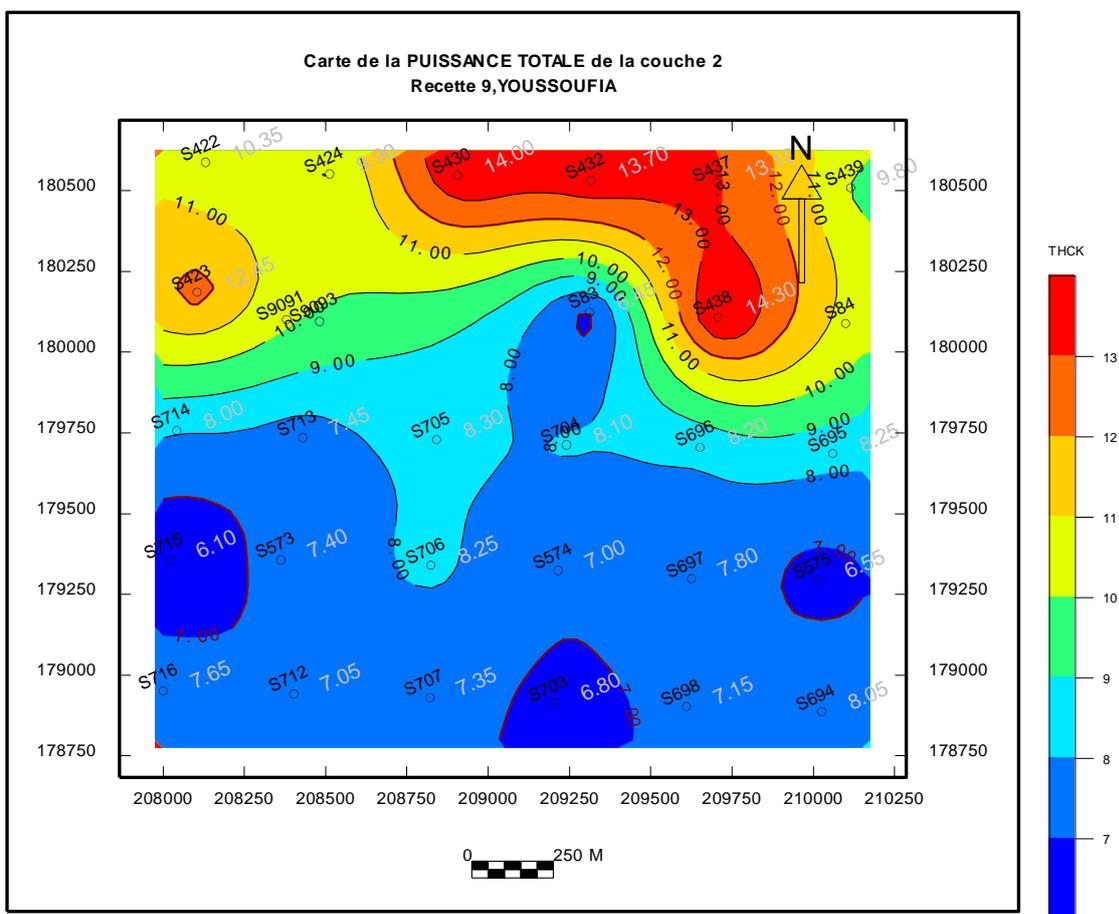


Figure 9 : Carte de répartition de la Puissance Totale de la couche 2, Recette 9, Youssoufia

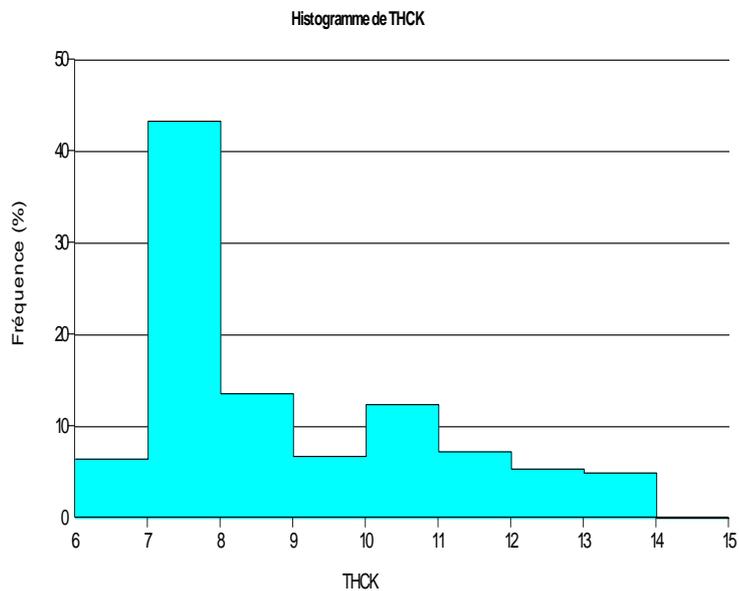


Figure 10 :Histogramme de Puissance Totale de la couche 2, Recette 9, Youssoufia

Nom étendu	Effectif	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart type
PUISSANCE TOTALE (m)	1628	6,22	13,93	8,9	1,95

Interprétation :

On distingue sur cette carte deux niveaux ; l'un de faible puissance cartographié au sud et l'autre de puissance moyenne à très élevée au nord. Donc nous notons une augmentation du sud vers le nord.

L'effectif reflète le nombre d'ouvrages ayant traversé la couche 2.

Les puissances évoluent de 6,22m à 13,93m dans la direction NE-SW avec une puissance moyenne de 8,9 m et un écart-type de 1,195m.

Les puissances comprises entre 7 m et 8 m occupent à elles seules 43,5% de la surface totale et les 56,5% autres sont répartis entre les surfaces inférieures ou supérieures à ces limites.

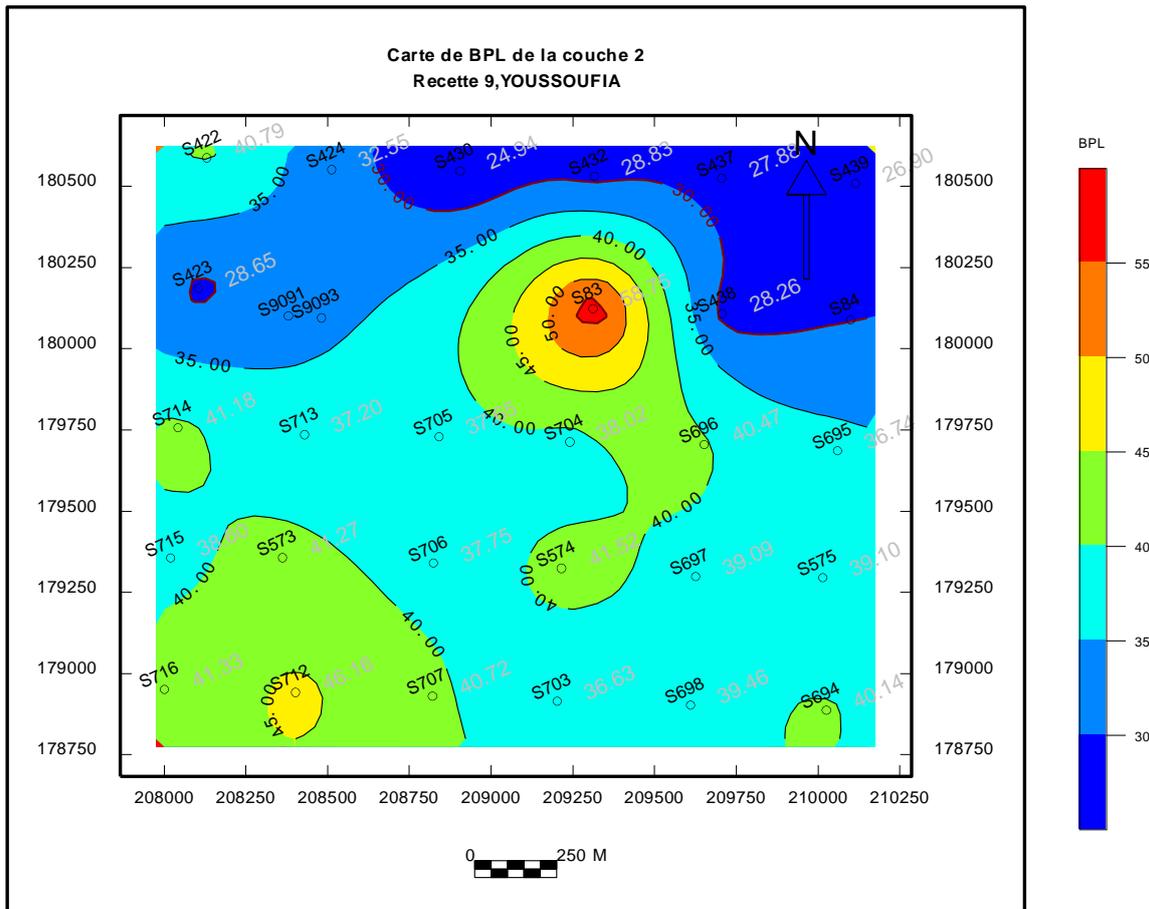


Figure 11 : Carte de BPL de la couche 2, Recette 9, Youssoufia.

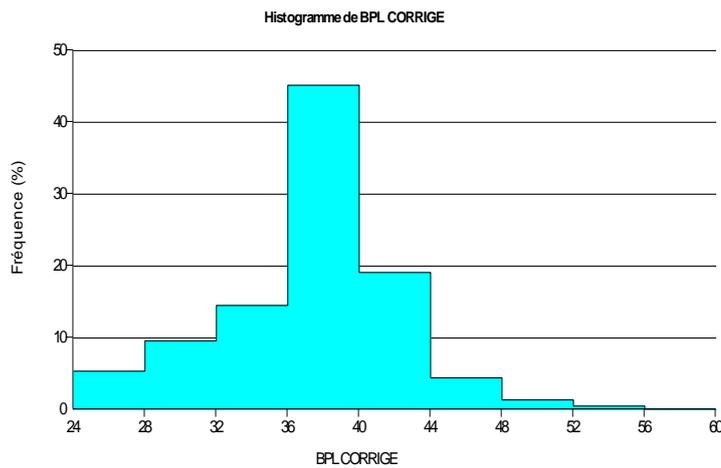


Figure 12 : Histogramme BPL de la couche 2, Recette 9, Youssoufia.

Nom étendu	Effectif	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart type
BPL(%)	1628	25,17	56,91	37,55	4,93

Interprétation :

Cette carte nous montre une forte concentration en BPL légèrement excentrée.

Les concentrations en BPL évoluent de 25,17% à 56,91% avec une concentration moyenne de 37,55 % et un écart-type de 4,93%.

Les concentrations comprises entre 36% et 40% occupent à elles seules 46,5% de la surface totale.

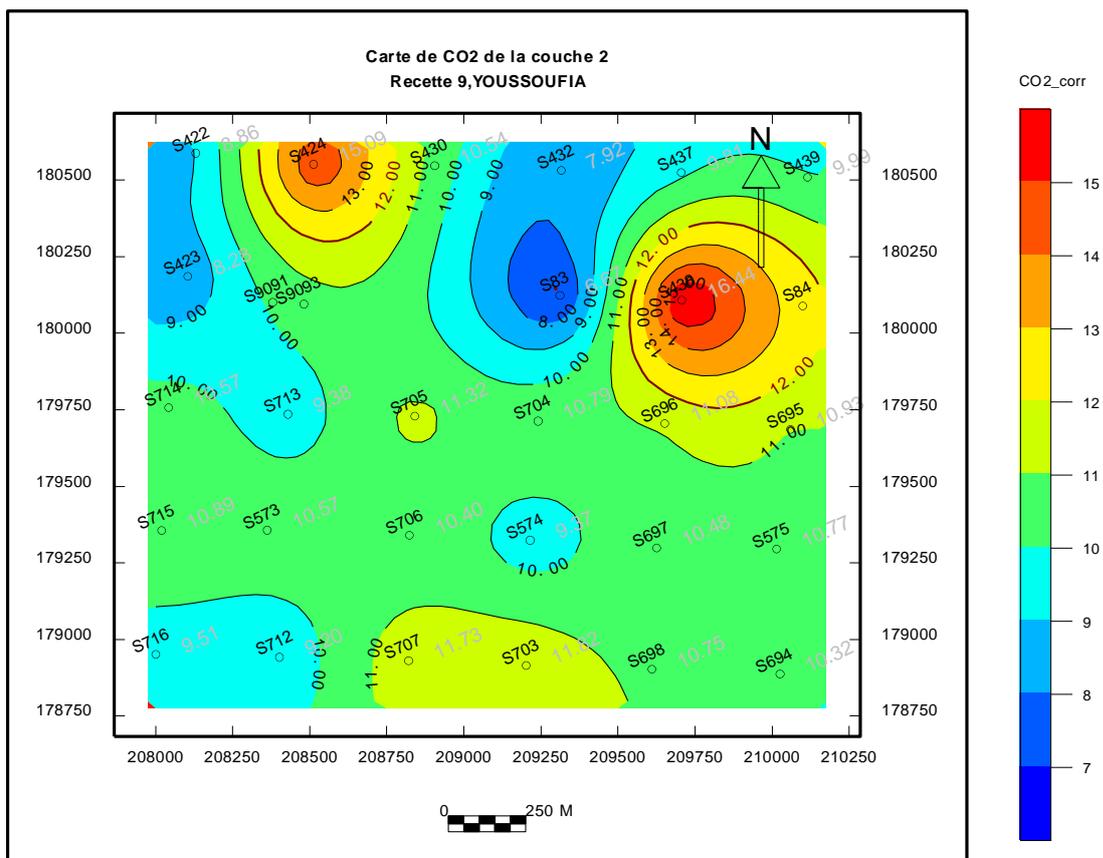


Figure 13 : Carte de CO2 de la couche 2, Recette 9, Youssoufia.

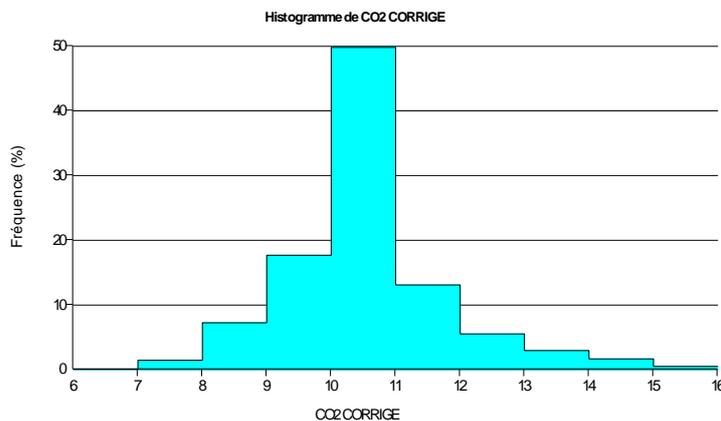


Figure 14 : Histogramme CO2 de la couche 2, Recette 9, Youssoufia

Nom étendu	Effectif	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart type
CO2	1628	6,97	15,94	10,57	1,24

Interprétation :

Sur cette carte, les teneurs les plus élevées en CO2 se situent aux extrémités Nord, Nord-Est et Sud de la zone.

Les teneurs évoluent de 6,97% à 15,94% avec une teneur moyenne de 10,57 % et un écart-type de 1,24 %.

Les teneurs comprises entre 10 % et 16 % occupent la plus grande surface sur la carte (72%), toutefois la classe 10 % -11 % est la plus représentative.

En dehors de ces limites, les autres classes ne constituent que des amas épars çà et là sur l'ensemble de la carte.

On remarque que les cartes BPL et CO2 peuvent être superposées montrant ainsi l'évolution inversement proportionnelle des deux paramètres.

Le Sillon X :

Le Sillon X est un bon repère grâce à son toit, intercalaire avec la couche 1.

Il est essentiellement formé de phosphate sableux, de phosphate moyen meuble et de marnes compactes par endroit.

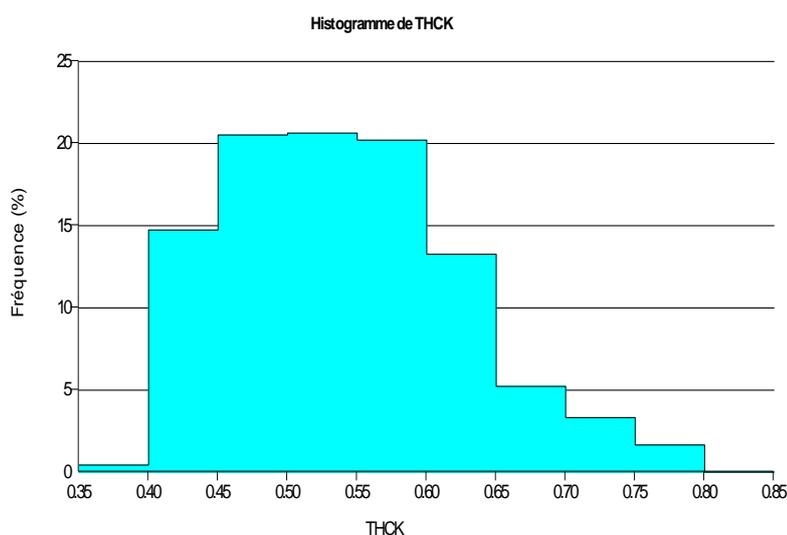


Figure 15 : Histogramme de Puissance totale de la couche 2, Recette 9, Youssoufia

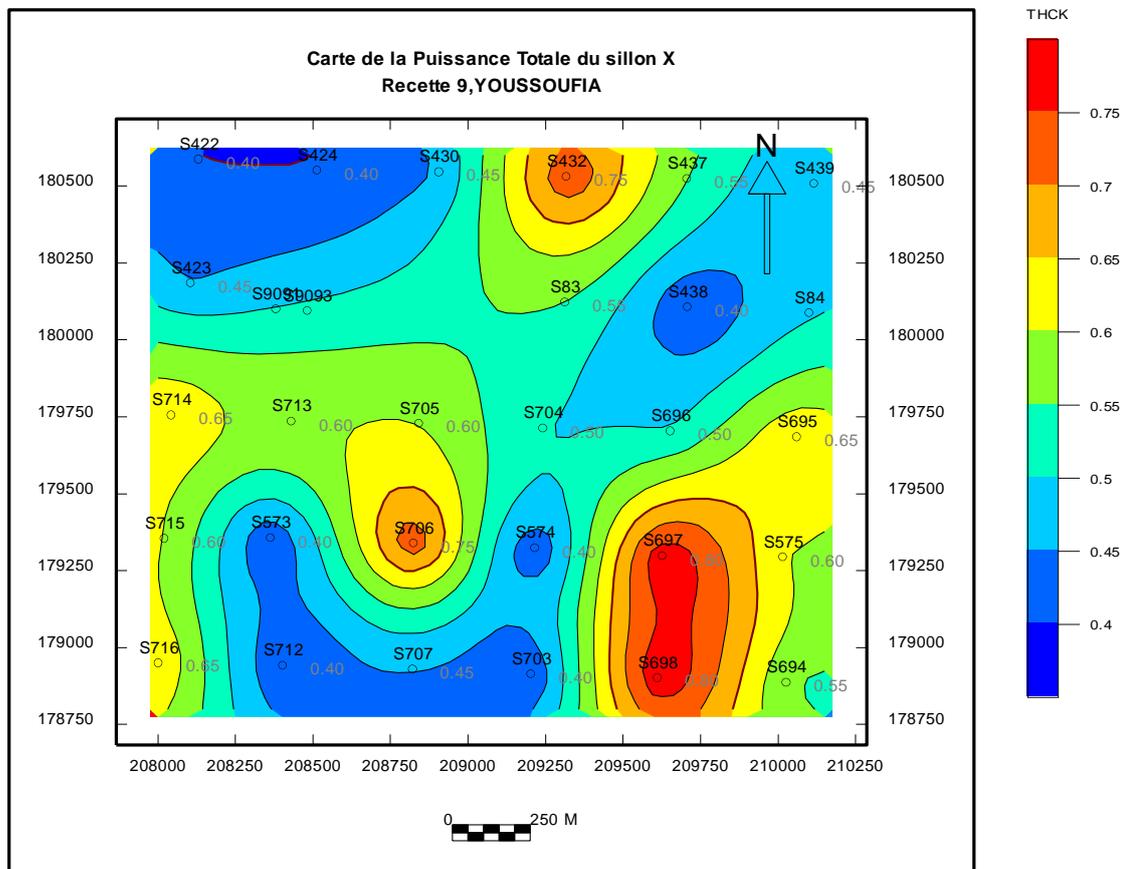


Figure 16 : Carte de CO2 du Sillon x, Recette 9, Youssoufia.

Nom étendu	Effectif	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart type
PUISSANCE TOTALE (m)	1628	0,39	0,78	0,54	0,08

Interprétation :

A ce niveau les puissances évoluent de 0,39m à 0,78m avec une puissance moyenne de 0,54m et un écart-type de 0,08m.

Les classes comprises entre 0,40m et 0,80m totalisent les puissances les plus élevées.

Cependant l'intervalle 0,45m -0,60m est la plus représentée sur la carte.

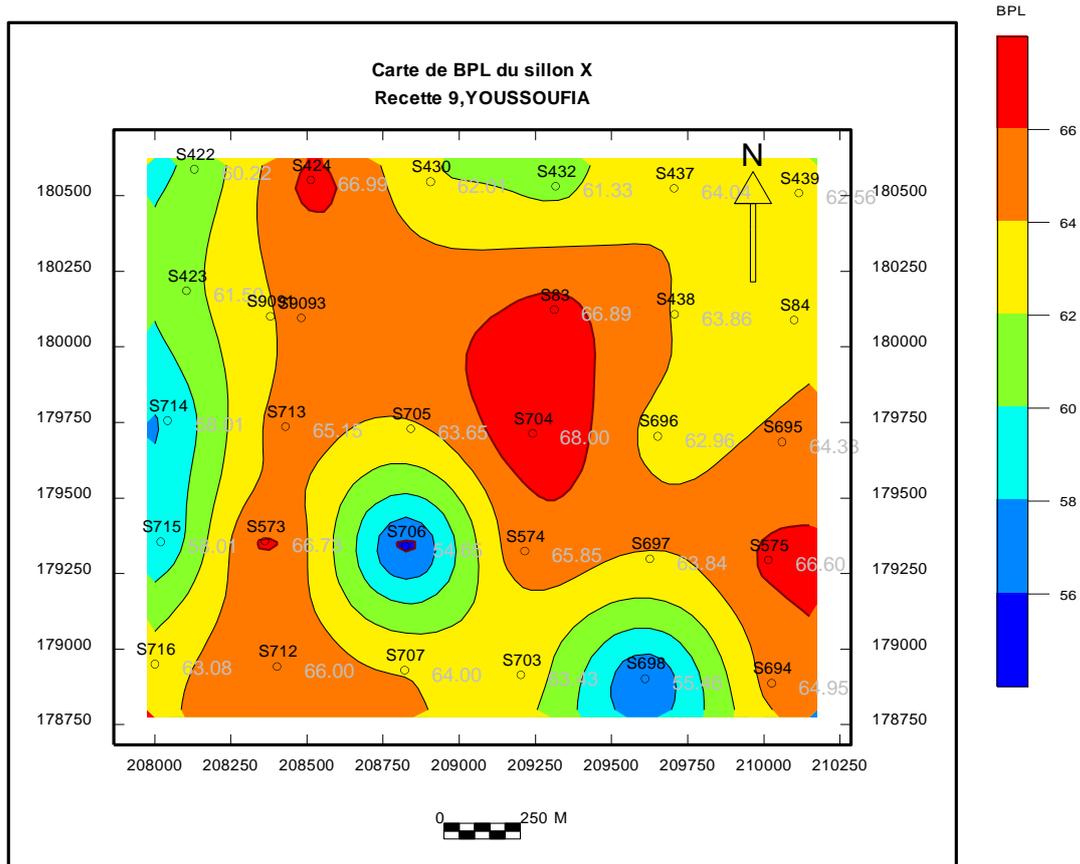


Figure 17: Carte de BPL du Sillon x, Recette 9, Youssoufia.

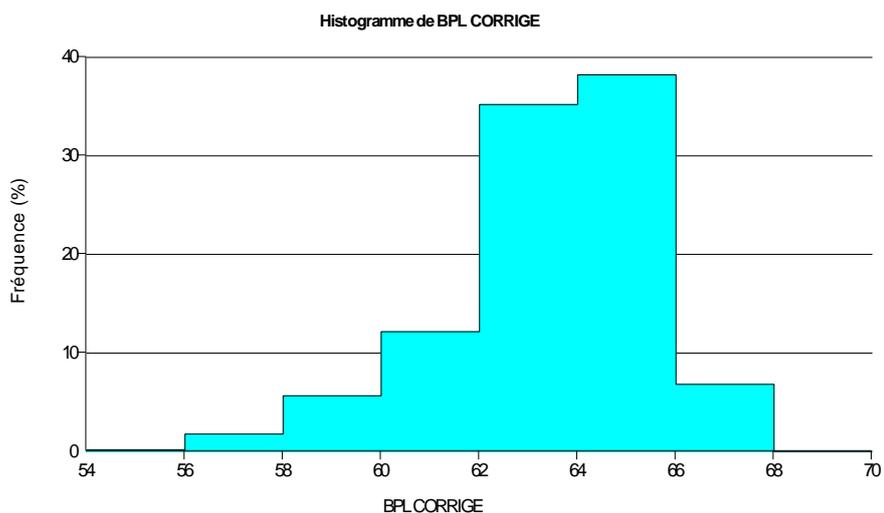


Figure 18 : Histogramme BPL du Sillon X, Recette 9, Youssoufia.

Nom étendu	Effectif	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart type
BPL(%)	1628	55,71	67,75	63,49	2,07

Interprétation :

Le sillon X est l'un des niveaux les plus riches et cela se matérialise par une large répartition des concentrations élevées sur la carte.

Les concentrations en BPL évoluent de 55,71% à 67,75% avec une concentration moyenne de 63,49% et un écart-type de 2,07%.

La classe 64%-68% correspond aux concentrations les plus élevées.

L'intervalle 62%-68% occupe la plus grande surface, soit 82% de la surface totale.

En dehors de ces limites les autres intervalles constituent des cas isolés.

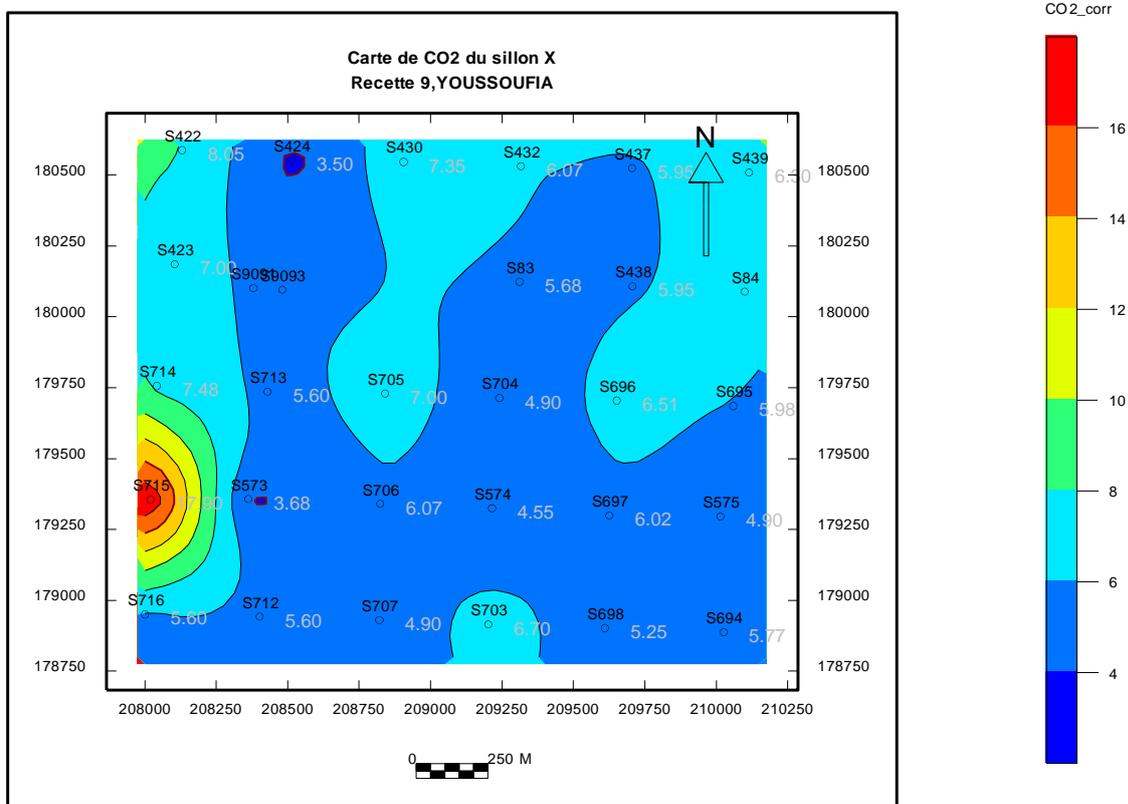


Figure 19 : Carte de CO2 du Sillon X, Recette 9, Youssoufia.

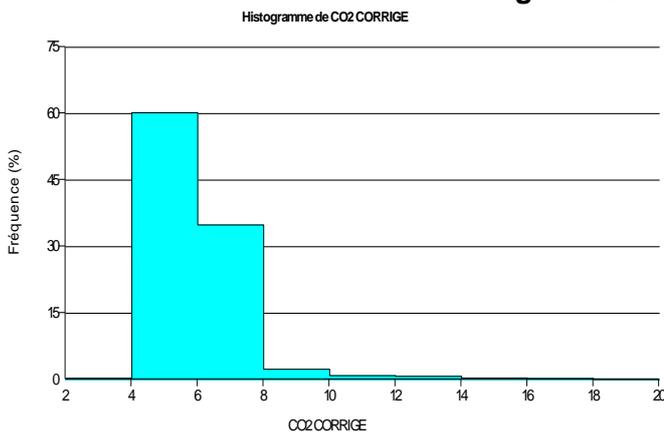


Figure 20 : Histogramme CO2 du Sillon X, Recette 9, Youssoufia.

Nom étendu	Effectif	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart type
CO2(%)	1628	3,75	17,24	6,05	1,31

Interprétation :

Les teneurs en CO2 évoluent 3,75% à 17,24% avec une teneur moyenne de 6,05% et un écart-type de 1,31 %.

Les teneurs les plus élevées se localisent du côté sud-ouest de la zone et occupent 4,65% de la surface totale, les 95,35% occupé par les teneurs faibles.

On remarque que les cartes BPL et CO2 peuvent être superposées montrant ainsi l'évolution inversement proportionnelle des deux paramètres.

Couche 1 :

C'est la couche la plus riche, elle est essentiellement formée de :

- Phosphate sableux oolithique
- Phosphate légèrement calcifié

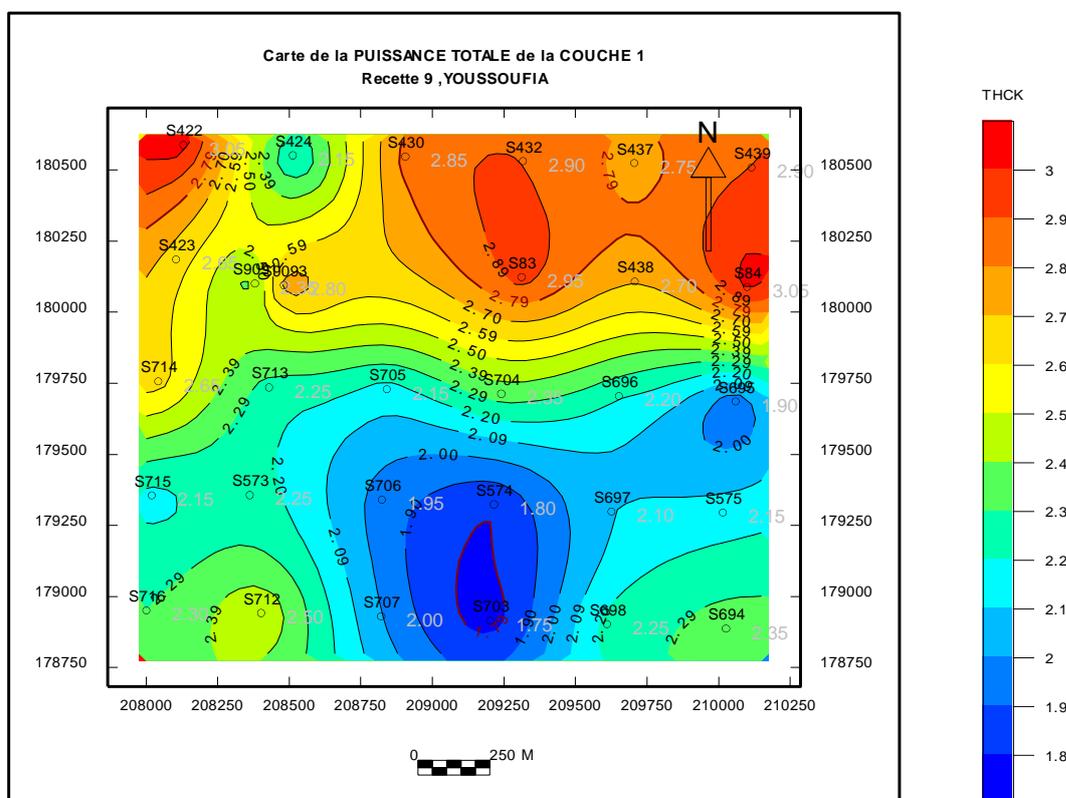


Figure 21 : Carte de Puissance totale de la couche 1, Recette 9, Youssoufia.

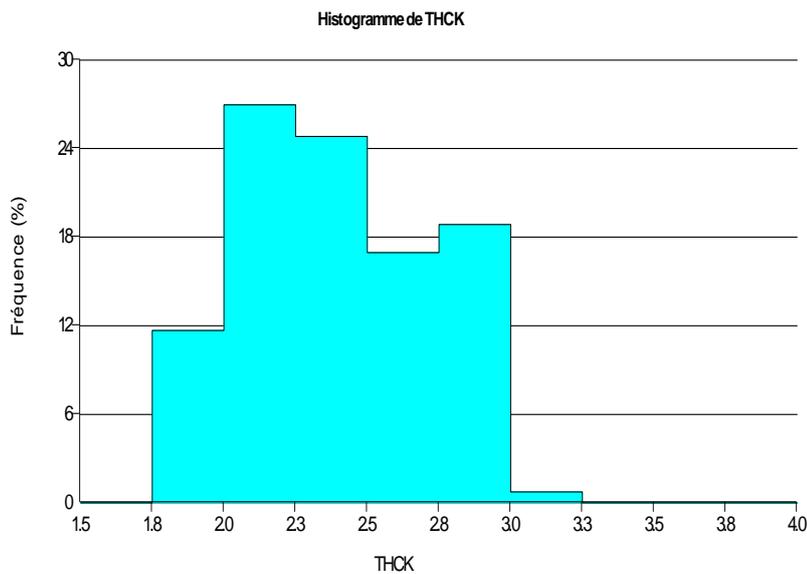


Figure 22 : Histogramme de Puissance totale de la couche 1, Recette 9, Youssoufia.

Nom étendu	Effectif	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart type
PUISSANCE TOTALE(m)	1628	1,76	3,04	2,38	0,32

Interprétation :

Les puissances évoluent de 1,76m à 3,04m dans la direction Nord-Sud avec une puissance moyenne de 2,38m et un écart-type de 0,32m.

L'occupation surfacique est proportionnelle de part et d'autre de 2,29m c'est-à-dire 50% de la surface est occupée par les puissances inférieures à 2,29m et les autres 50% occupés par les puissances supérieures.

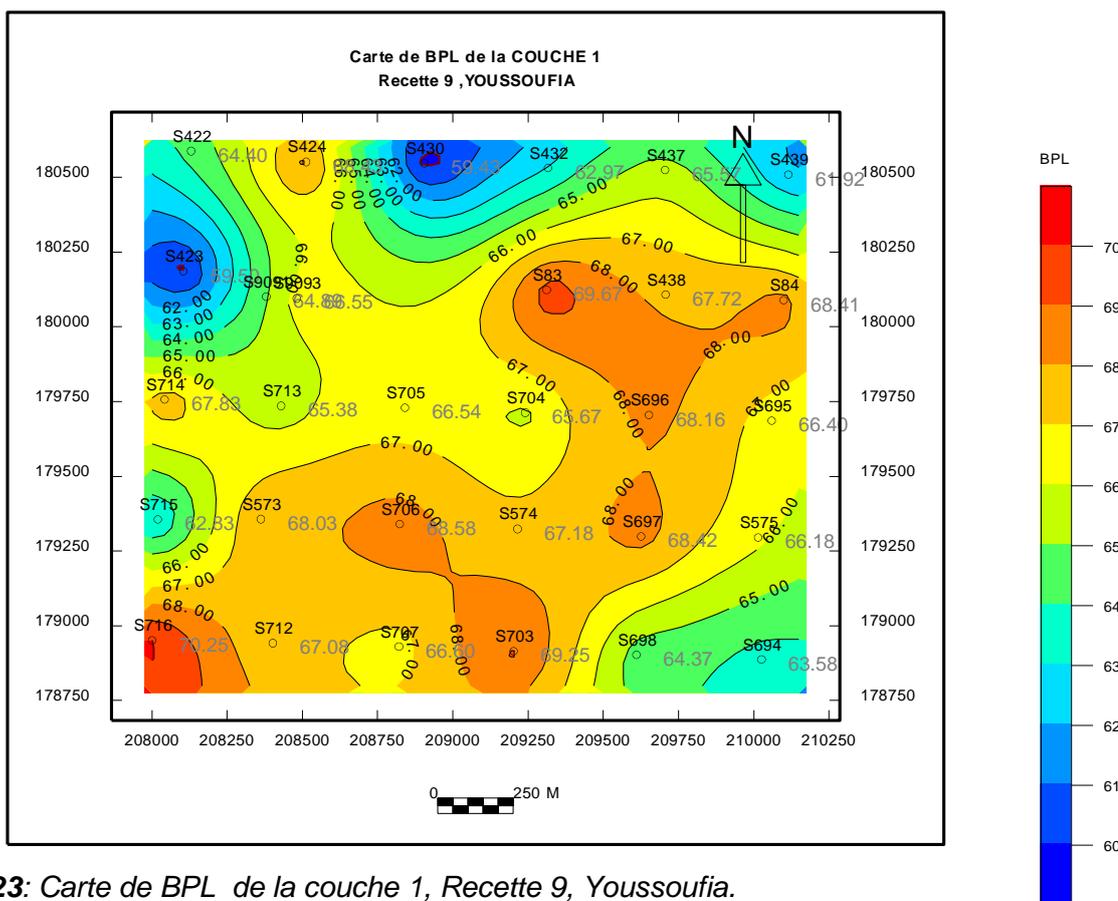


Figure 23: Carte de BPL de la couche 1, Recette 9, Youssoufia.

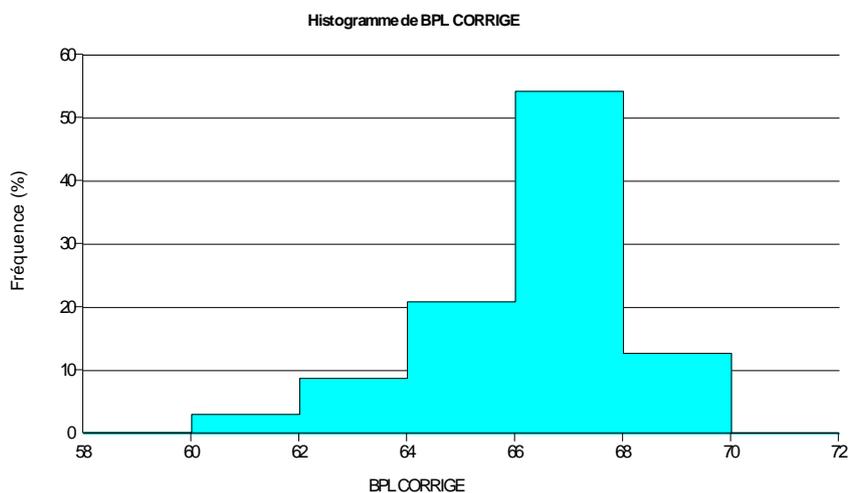


Figure 24 : Histogramme de BPL de la couche 1, Recette 9, Youssoufia.

Nom étendu	Effectif	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart type
BPL(%)	1628	59,81	70,04	66,30	1,80

Interprétation :

Les concentrations en BPL évoluent de 59,81% à 70,04% avec une concentration moyenne de 66,30% et un écart-type de 1,80%.

L'intervalle 64%-70% totalise à la fois la plus grande occupation surfacique soit 87% de la surface totale et les concentrations les plus élevées.

Les classes inférieures à cet intervalle occupent les 13% restants.

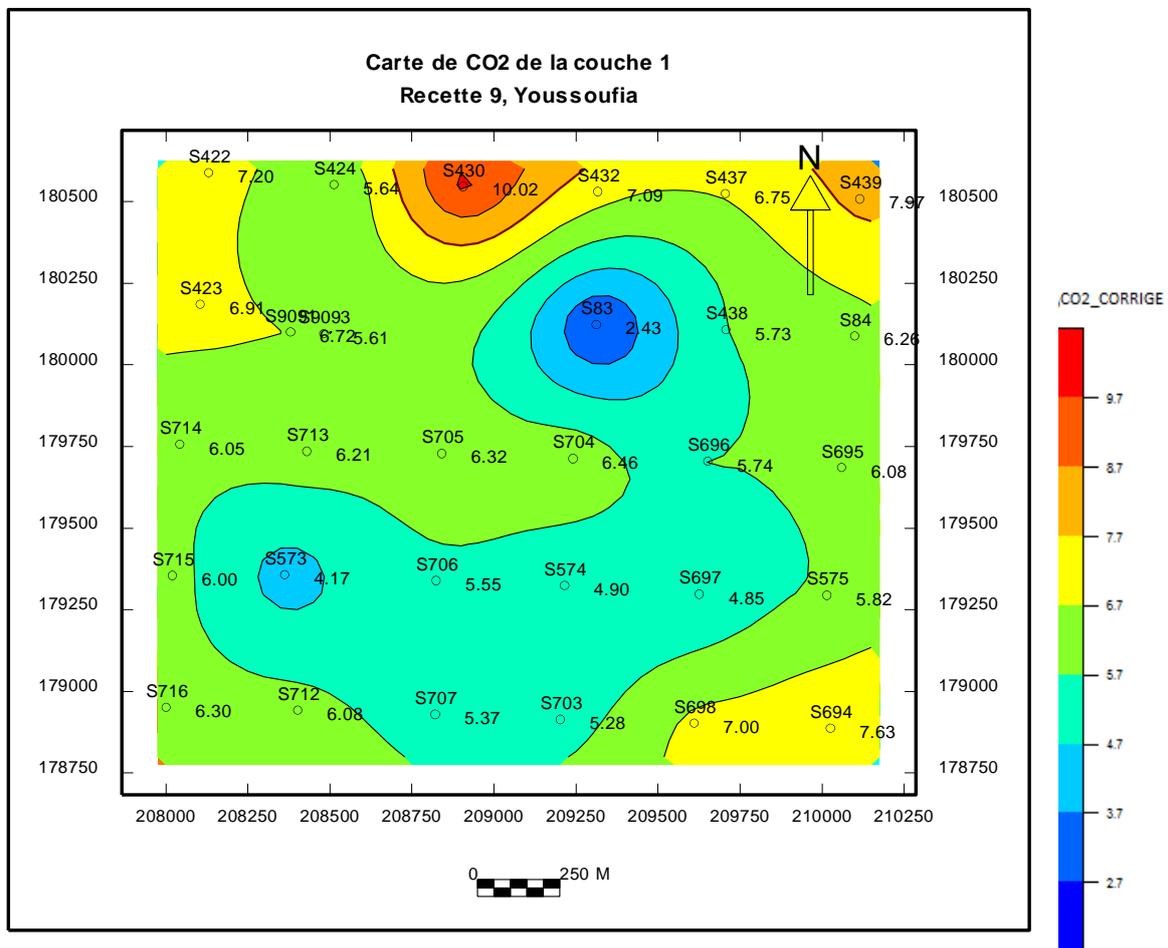


Figure 25 : Carte de CO2 de la couche 1, Recette 9, Youssoufia.

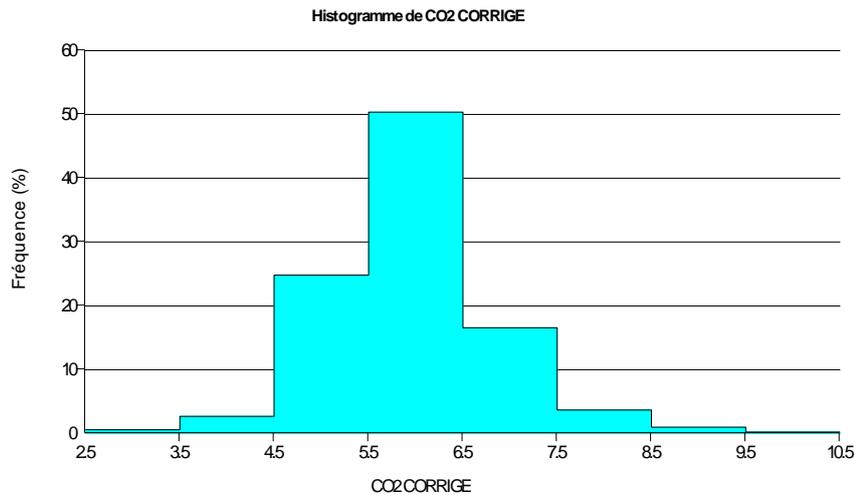


Figure 26 : Histogramme de CO2 de la couche 1, Recette 9, Youssoufia.

Nom étendu	Effectif	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart type
CO2(%)	1628	2,7	9,9	6,09	1,6

Interprétation :

Les teneurs évoluent de 2,7% à 9,9% avec une teneur moyenne de 6,09% et un écart-type de 1,6%.

Les teneurs les plus élevées constituent des cas isolés.

La presque totalité de la carte est occupée par les teneurs faibles à très faibles.

Dans ce cas aussi une superposition des cartes BPL et CO2 est possible et nous montre la variation inversement proportionnelle de ces deux paramètres.

Nom étendu	Effectif	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart type
PUISSANCE TOTALE (m)	1628	0,14	1,14	0,56	0,19

Interprétation :

Les puissances évoluent de 0,14m à 1,14m avec une puissance moyenne de 0,56m et un écart-type de 0,19m.

Les puissances comprises entre 0,4m et 0,8m occupent à elles seules 63,5% de la surface totale.

Les puissances les plus élevées sont comprises entre 0,5m et 1,2m.

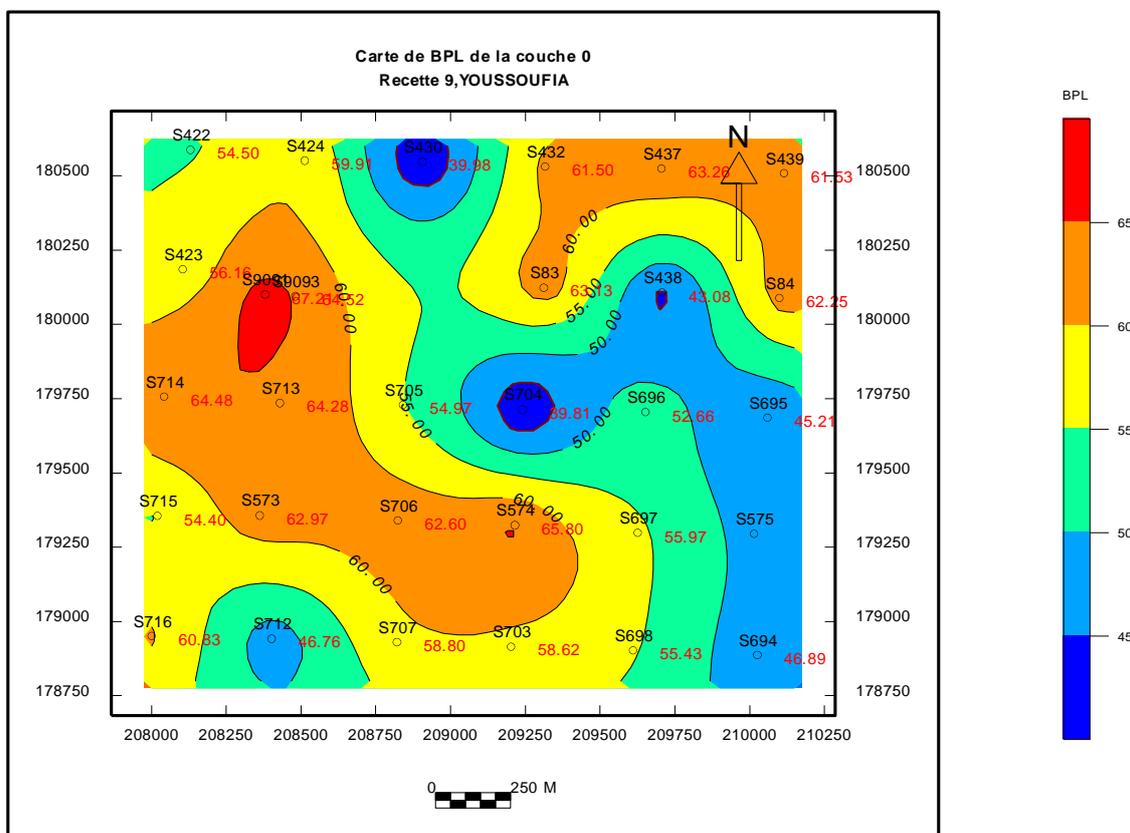


Figure 29 : Carte de BPL de la couche 0, Recette 9, Youssoufia

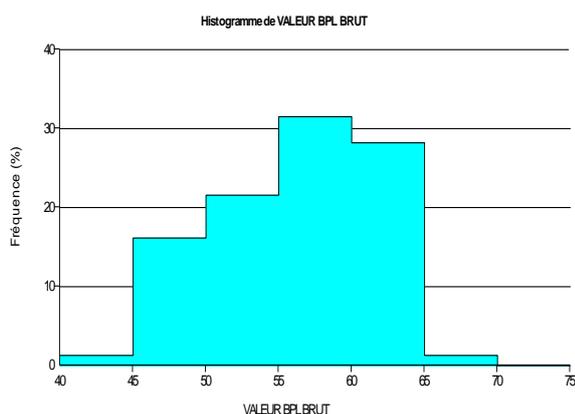


Figure 30 : Histogramme de la Puissance totale de la couche 0, Recette 9, Youssoufia

Nom étendu	Effectif	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart type
BPL(%)	1628	41,06	66,53	56,15	5,35

Interprétation :

Les concentrations en BPL dans cette couche varient de 41,06% à 66,53% avec une concentration moyenne de 56,15% et un écart-type de 5,35%.

Les concentrations comprises entre 55% et 65% occupent 60% de la surface totale et les concentrations les plus élevées s'étalent entre 55% et 70%.

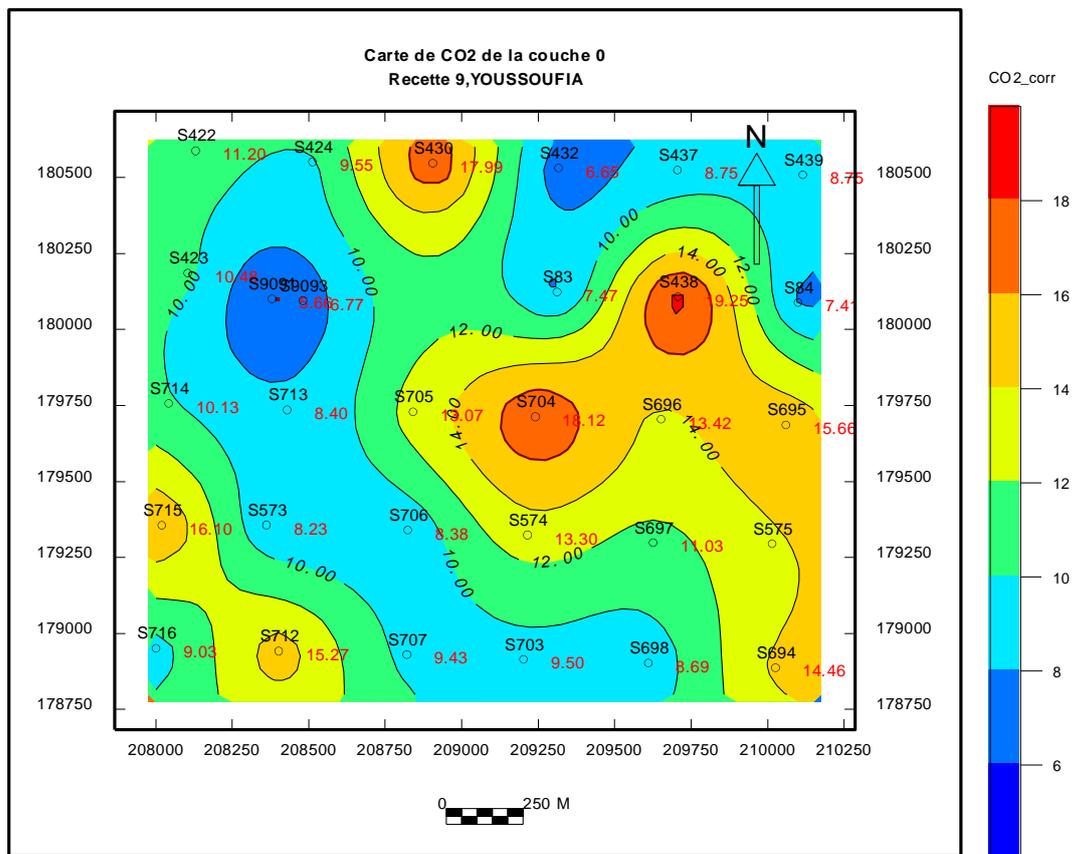


Figure 31 : Carte de CO2 de la couche 0, Recette 9, Youssoufia

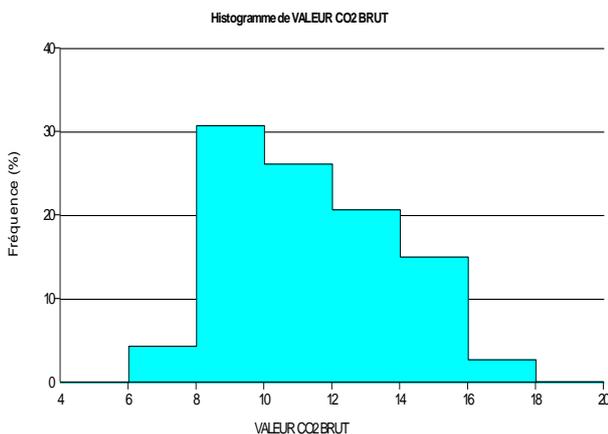


Figure 32 : Histogramme de CO2 de la couche 0, Recette 9, Youssoufia

Nom étendu	Effectif	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart type
CO2(%)	1628	5,95	18,61	11,39	2,37

Interprétation :

Contraire aux zones où ont été recensées les teneurs les plus élevées en BPL, nous remarquons des teneurs faibles en CO2 pour ces mêmes zones. C'est le cas au niveau de l'intersection du parallèle 180 000 et le méridien 208 375.

Faisceau A :

Dernier niveau dans notre série, il se distingue des couches sous-jacentes par sa composition faite essentiellement de Sable phosphaté, Marne sableuse, Phosphate marneux et calcaire phosphaté rosâtre à traces de carditas.

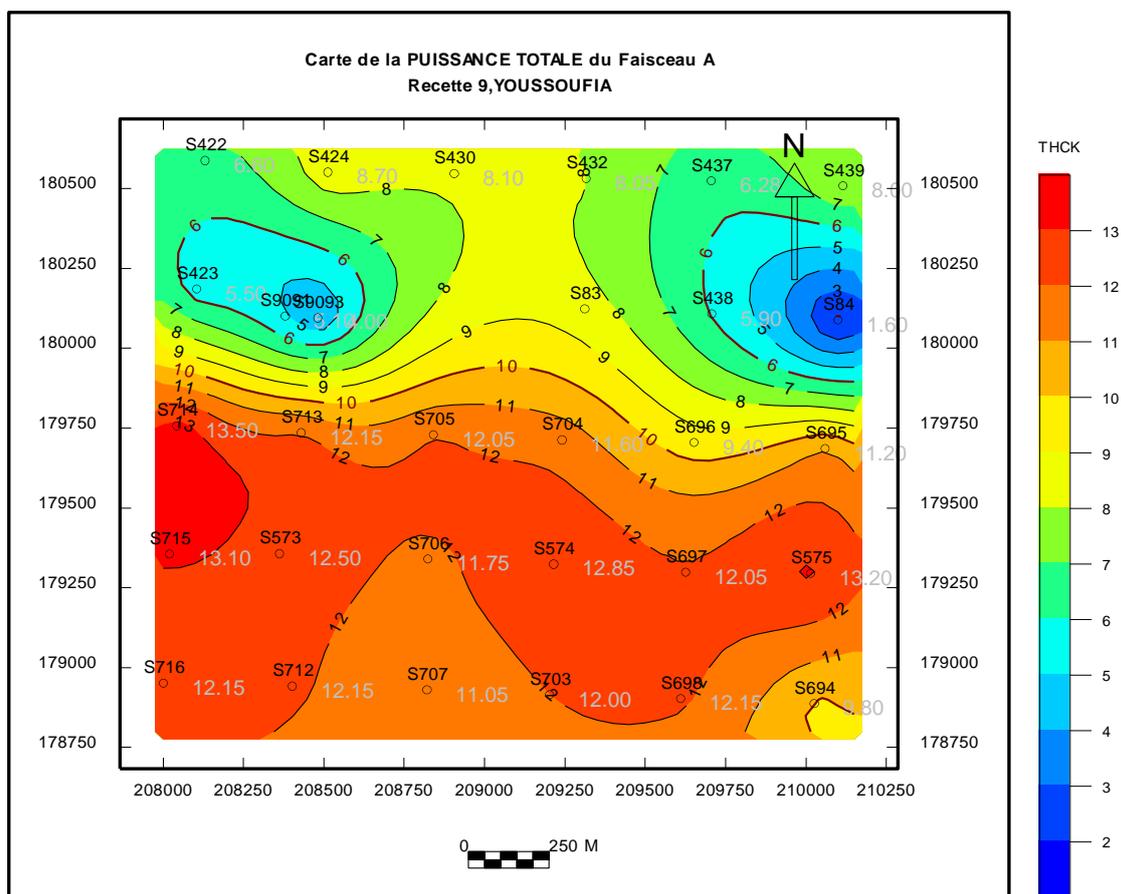


Figure 33 : Carte de la Puissance totale du Faisceau A, Recette 9, Youssoufia

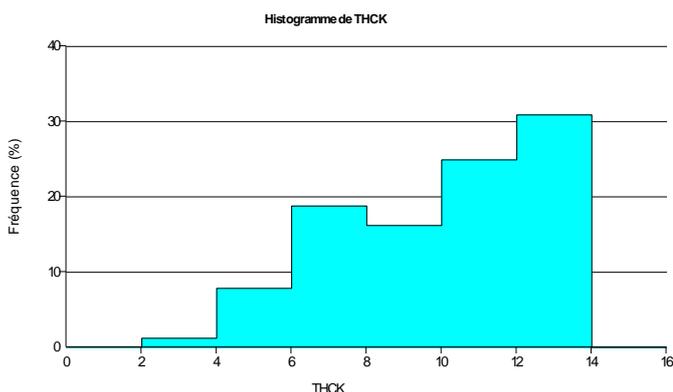


Figure 34: Histogramme de Puissance totale du Faisceau A, Recette 9, Youssoufia

Nom étendu	Effectif	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart type
PUISSANCE TOTALE	1628	1,95	13,48	9,86	2,6

Interprétation :

On distingue deux niveaux ; un niveau de forte puissance cartographié au sud et un niveau de faible à moyenne puissance vers le nord d'où une diminution de la puissance en allant du sud vers les nord.

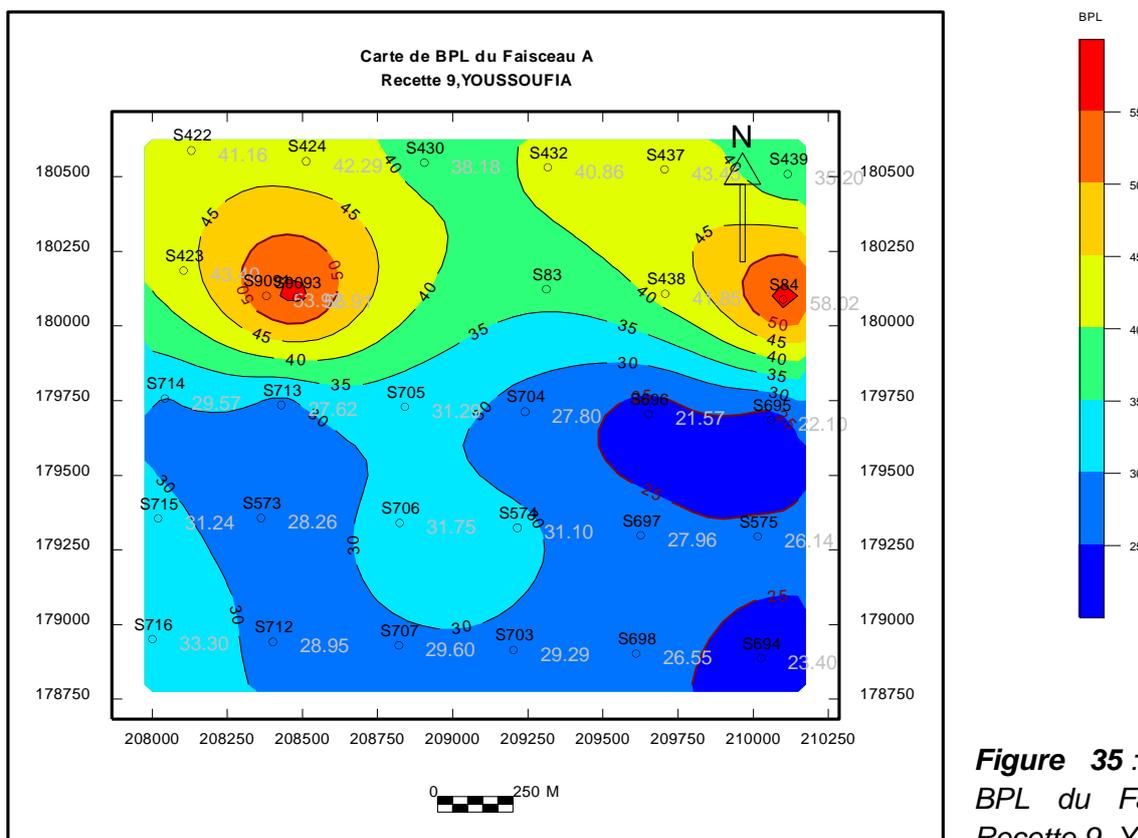


Figure 35: Carte de BPL du Faisceau A, Recette 9, Youssoufia

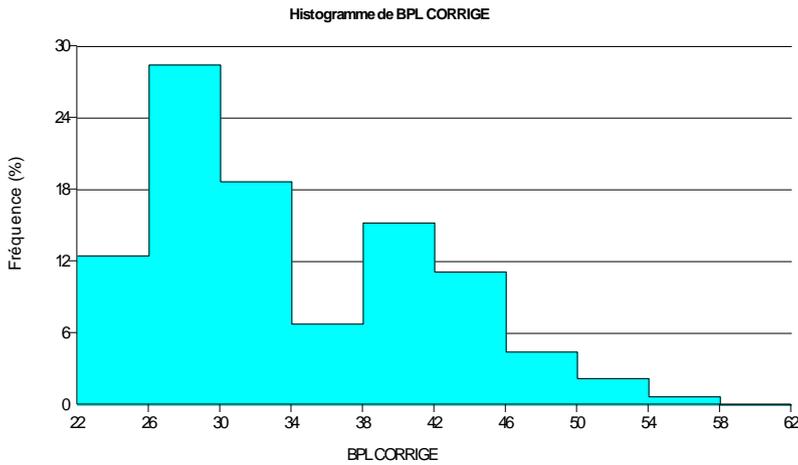


Figure 36 : Histogramme de BPL du Faisceau A, Recette 9, Youssoufia

Nom étendu	Effectif	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart type
BPL(%)	1628	22,09	56,71	34,06	7,54

Interprétation :

Contrairement aux puissances, les concentrations en BPL diminuent du nord vers le sud attribuant ainsi aux puissances les plus élevées les plus faibles concentrations en BPL.

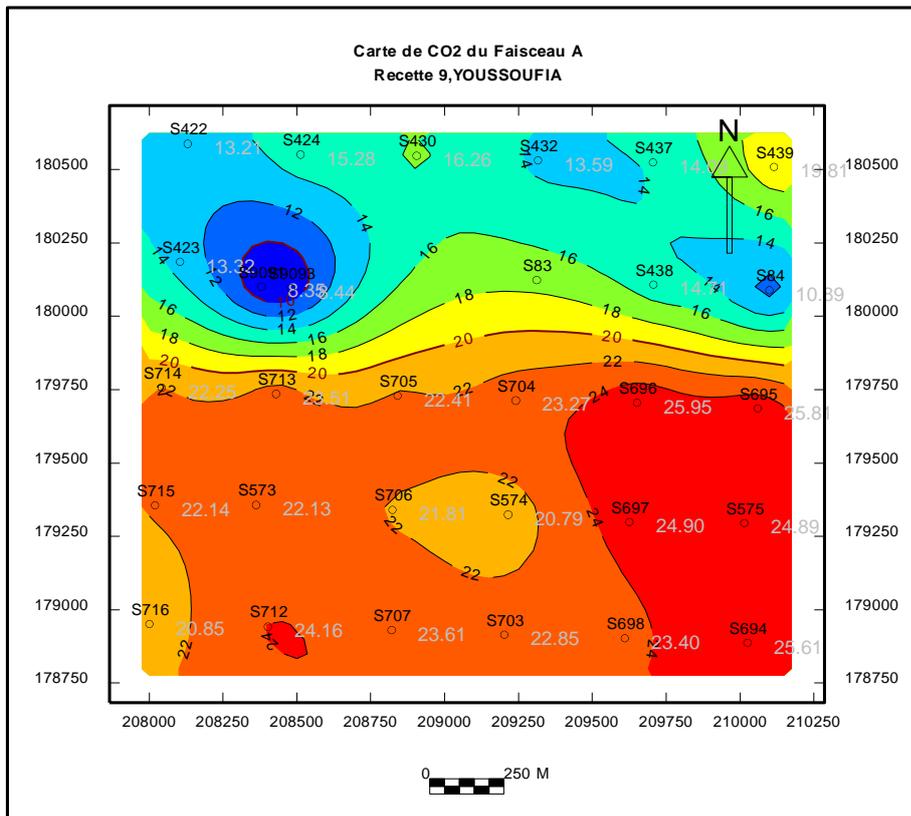


Figure 37 : Carte de CO2 du Faisceau A, Recette 9, Youssoufia

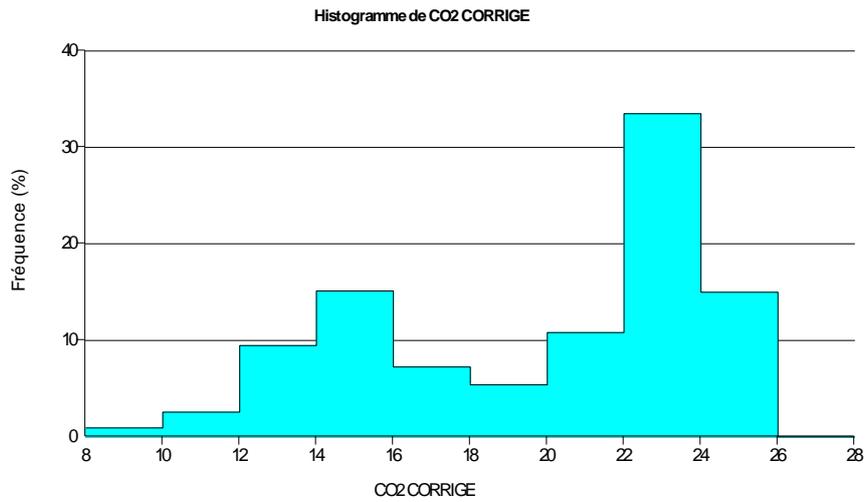


Figure 38 : Histogramme de CO2 du Faisceau A, Recette 9, Youssoufia

Nom étendu	Effectif	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart type
CO2(%)	1628	8,48	25,95	19,86	4,38

Interprétation :

Les teneurs en CO2 diminuent en allant du sud vers le nord montrant ainsi une variation proportionnelle aux puissances et inversement proportionnelle aux concentrations en BPL.

Les profils de Corrélation :

Les différents profils sont réalisés principalement selon les directions Est-Ouest et Nord-Sud et à proximité d'un certain nombre d'ouvrages.

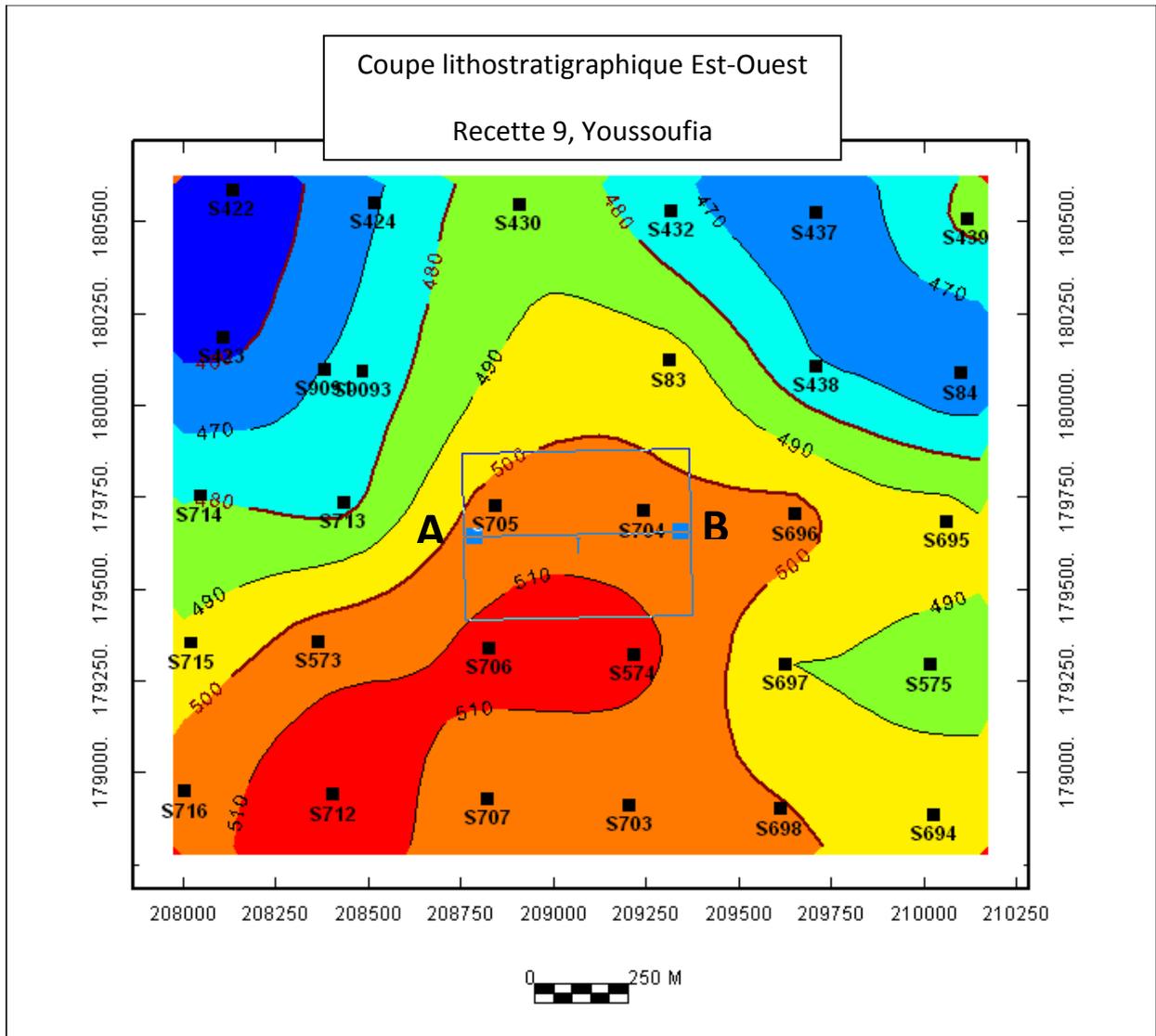


Figure 39: carte d'interpolation par rapport aux altitudes et situation d'une coupe (AB) Est-Ouest entre les ouvrages S705 et S704.

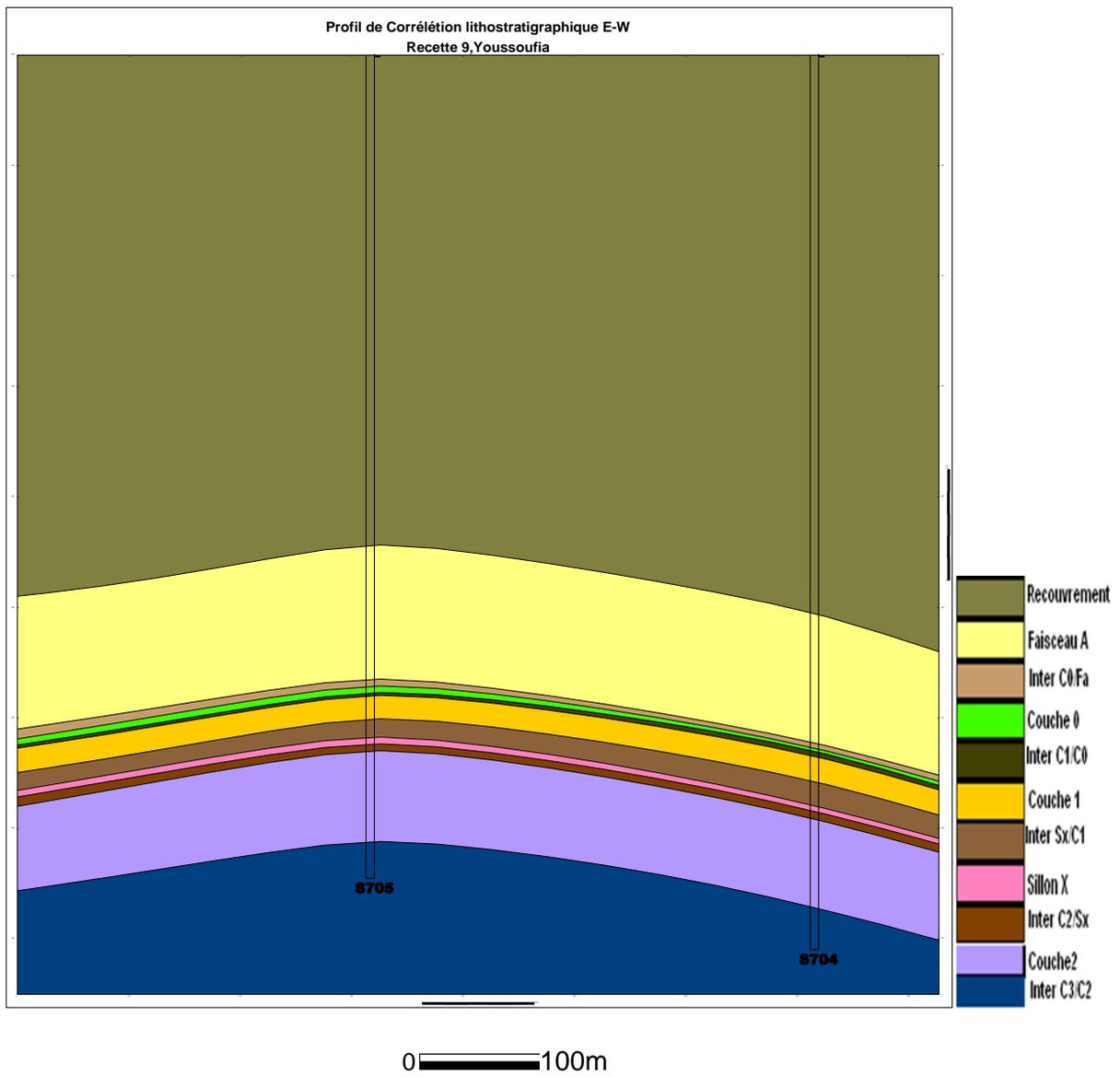


Figure 40: Profil de Corrélation lithostratigraphique (AB) Est-Ouest, Recette 9, Youssoufia.

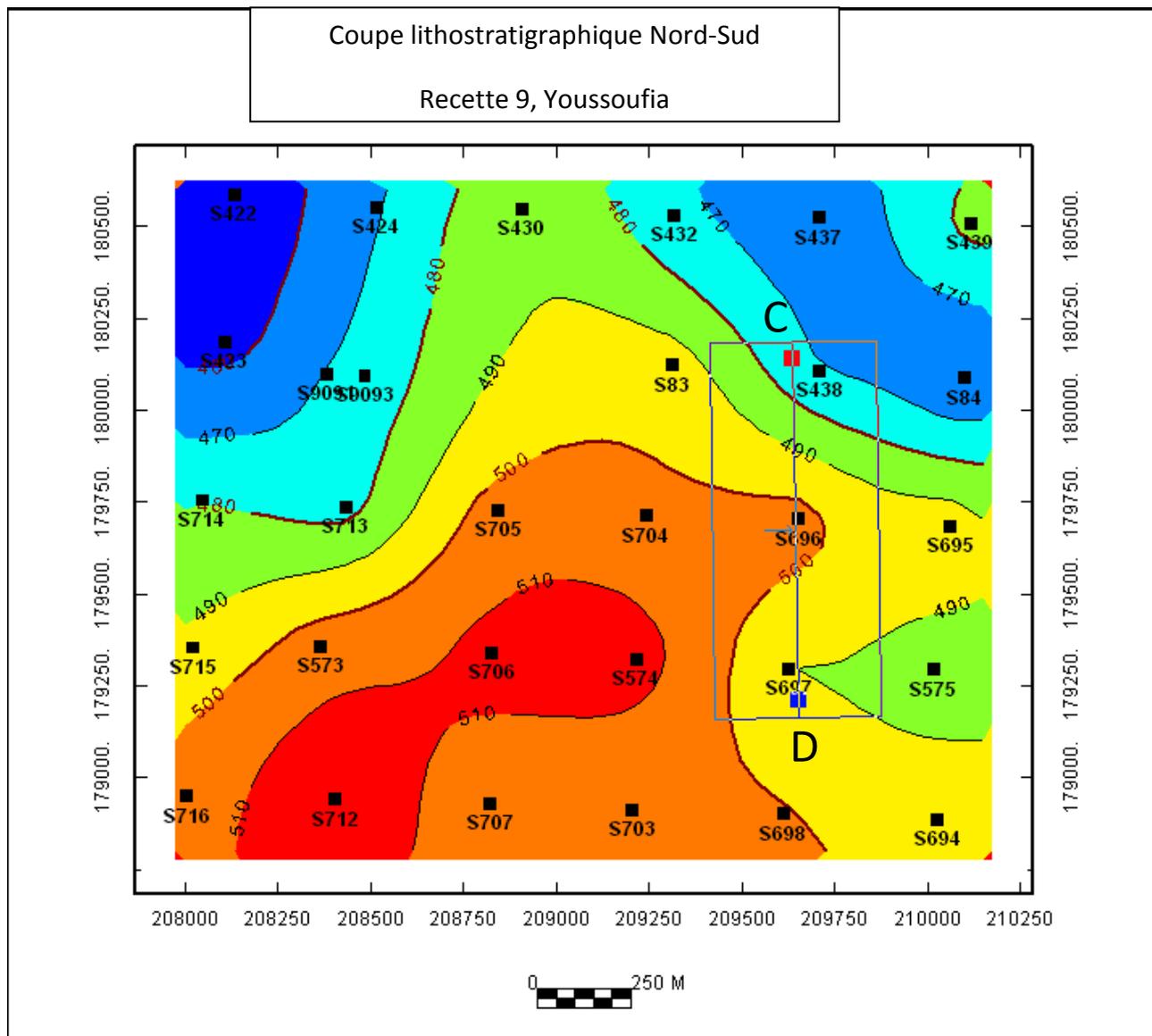


Figure 41: carte d'interpolation par rapport aux altitudes et situation d'une coupe (CD) Nord-Sud entre les ouvrages S697, S696 et S438.

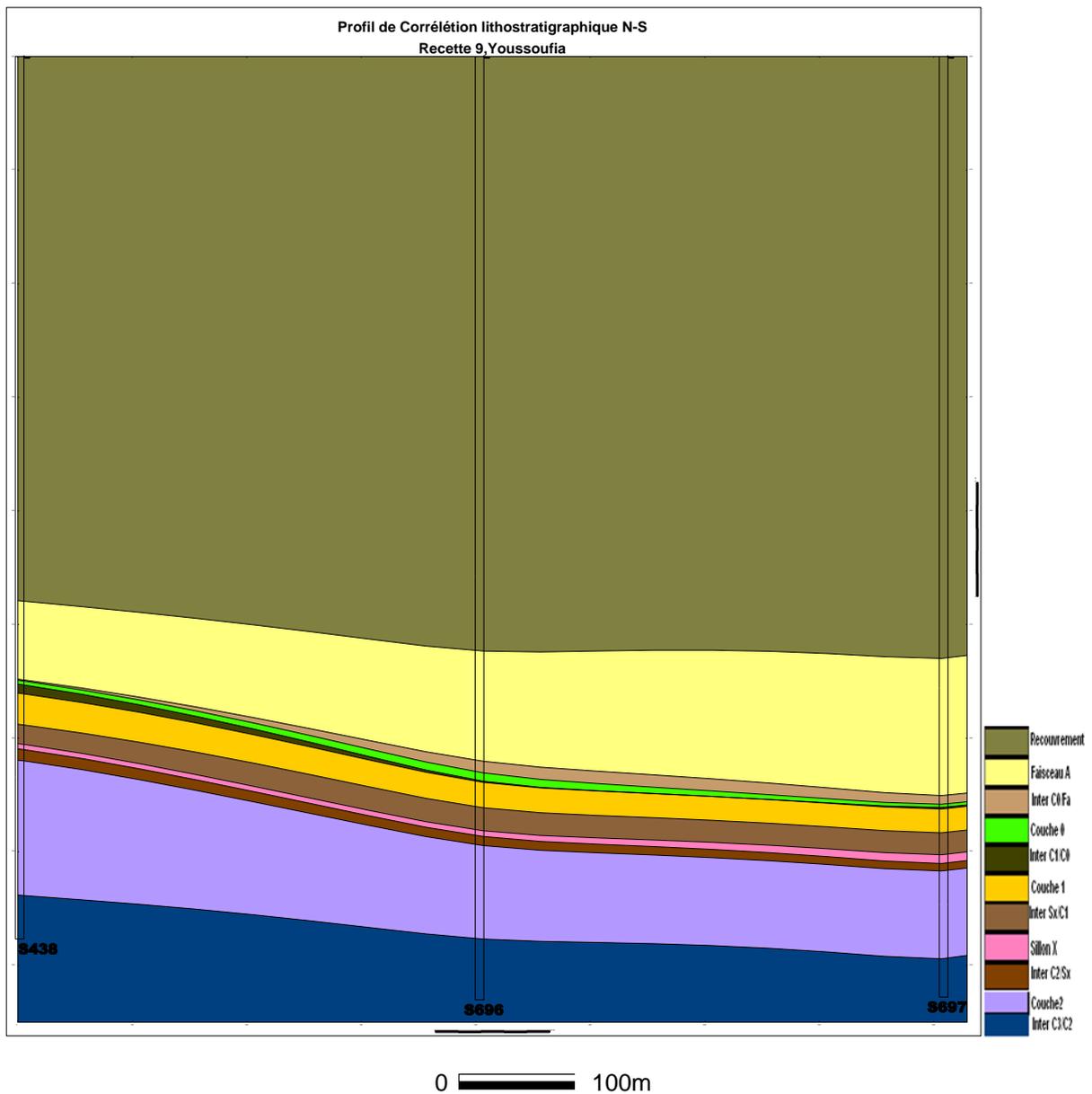
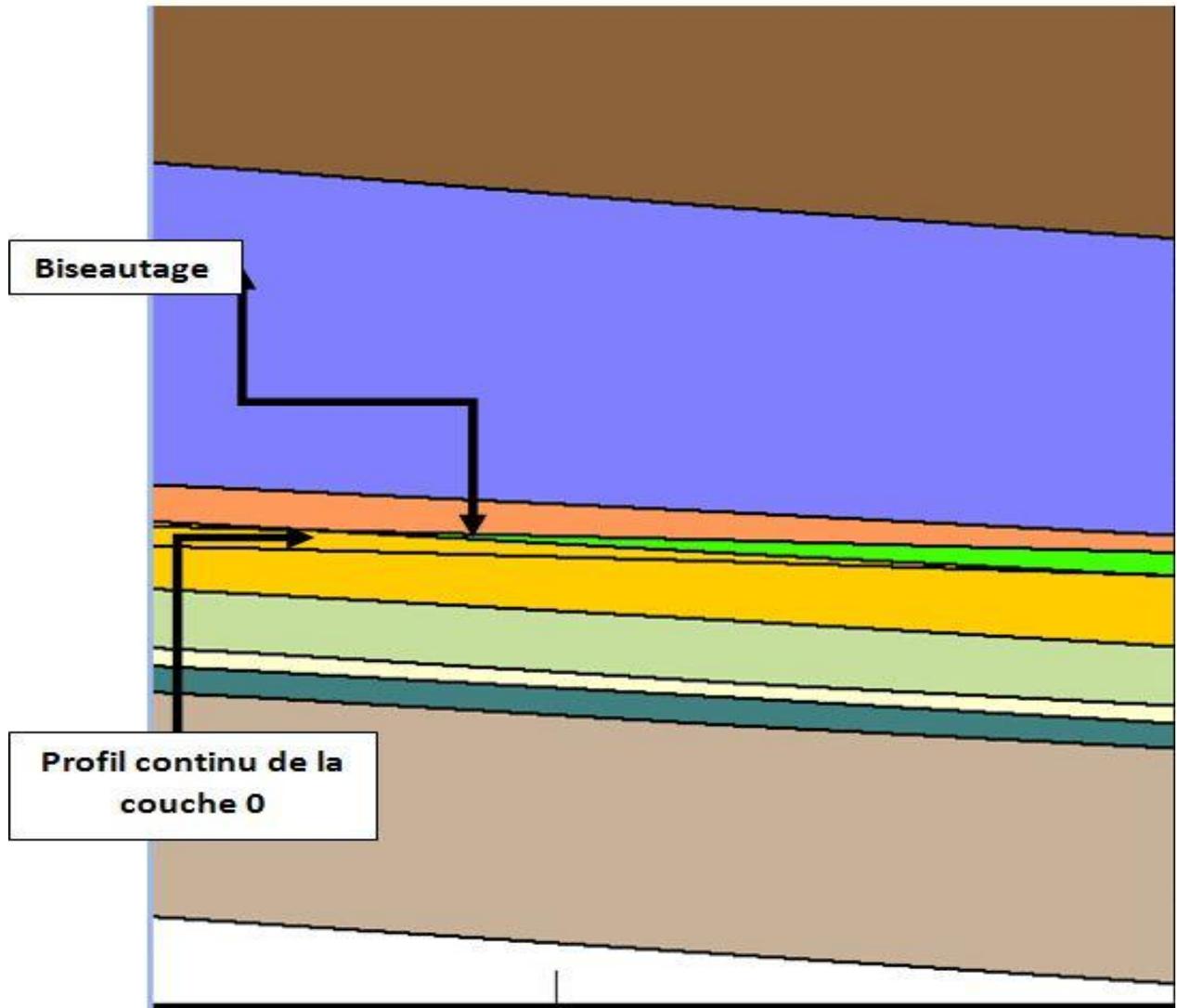


Figure 42: Profil de Corrélation lithostratigraphique (CD) Nord-Sud, Recette 9, Youssoufia

Ces profils de corrélation montrent l'agencement des couches dans la zone étudiée pouvant être souvent dérangé par des biseautages comme dans le cas de la couche 0.



Zoom sur le Profil de corrélation Nord-Sud de la Recette 9 montrant le **biseautage** de la **couche 0** par rapport à la **couche 1** alors que le **profil continu** au sein de cette dernière ce qui montre le caractère lenticulaire de la **couche 0** d'où le traitement qui s'impose pour parer à ce problème.

Ce problème est plus visible au niveau de la présentation en 3D du modèle.

Présentation en 3D du Modèle :

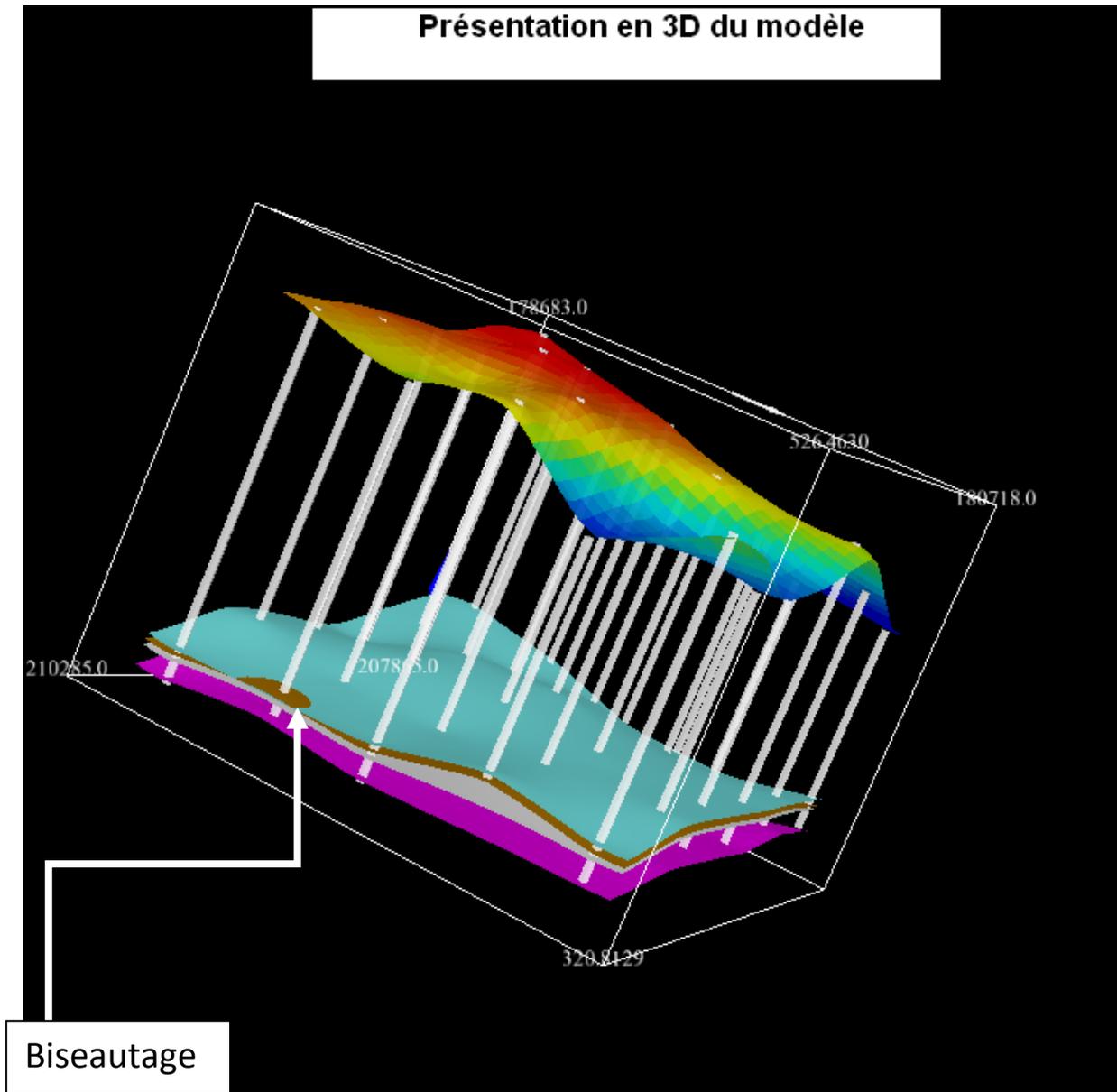


Figure 43 : Présentation en 3D du modèle montrant le biseautage de la Couche 0

L'agencement entre la couche 1(ancienne) et la couche 0(récente) est anormal du moment que nous ne sommes pas dans un cas d'inversion.

Ainsi pour parer à ce problème nous avons effectué un traitement qui consiste à limiter le profil une fois qu'il intercepte la couche 1.

Ce traitement se fait dans GDM comme suit:

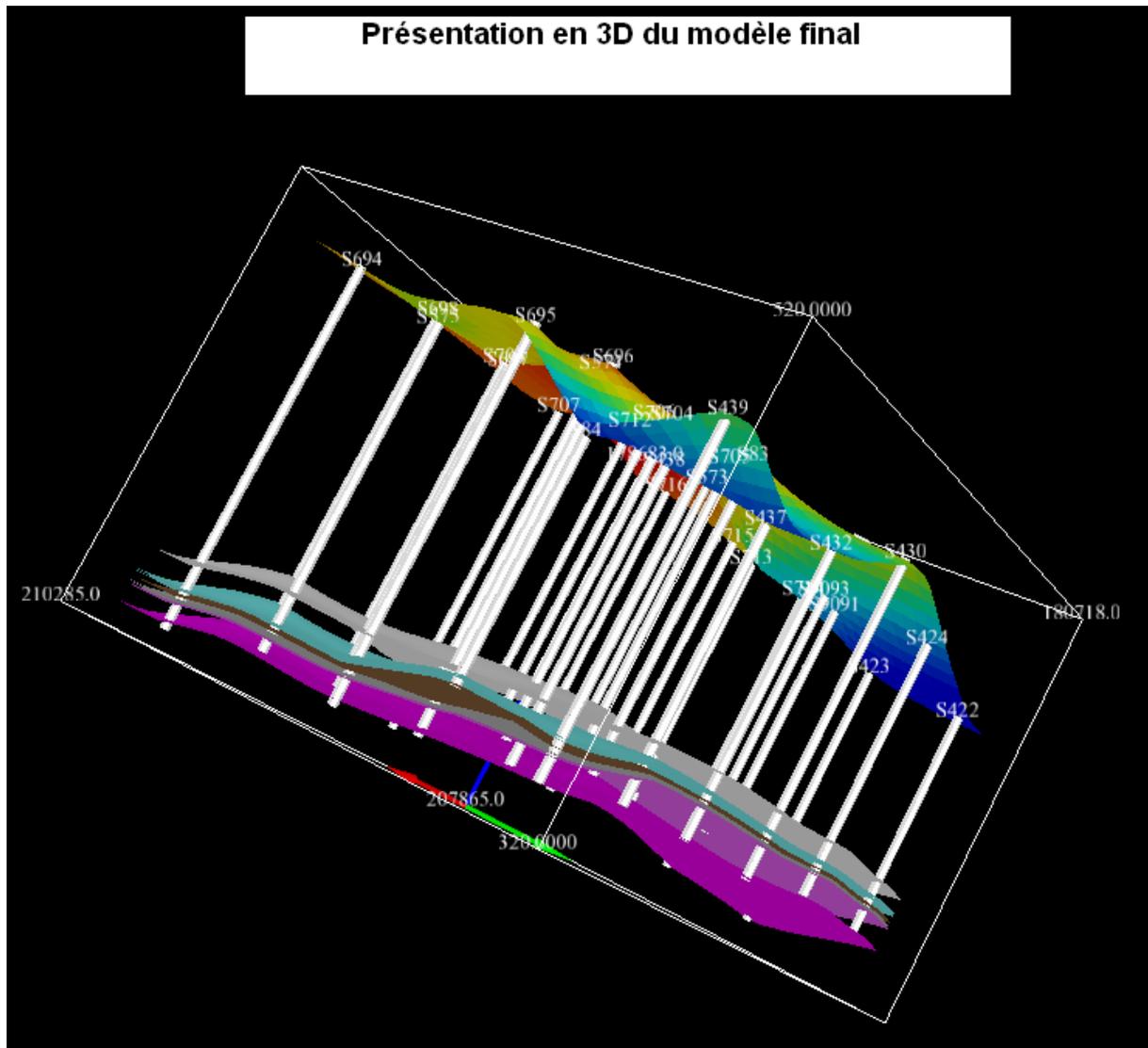


Figure 45 : *Présentation en 3D du Modèle global*

Sur cette présentation nous pouvons observer l'agencement de l'ensemble des couches traversées par les différents ouvrages.

A ce niveau nous avons effectué une légère dilatation par rapport à (Z) pour pouvoir apprécier la topographie et mieux distinguer les différents niveaux.

IV- Estimation de ressources en place

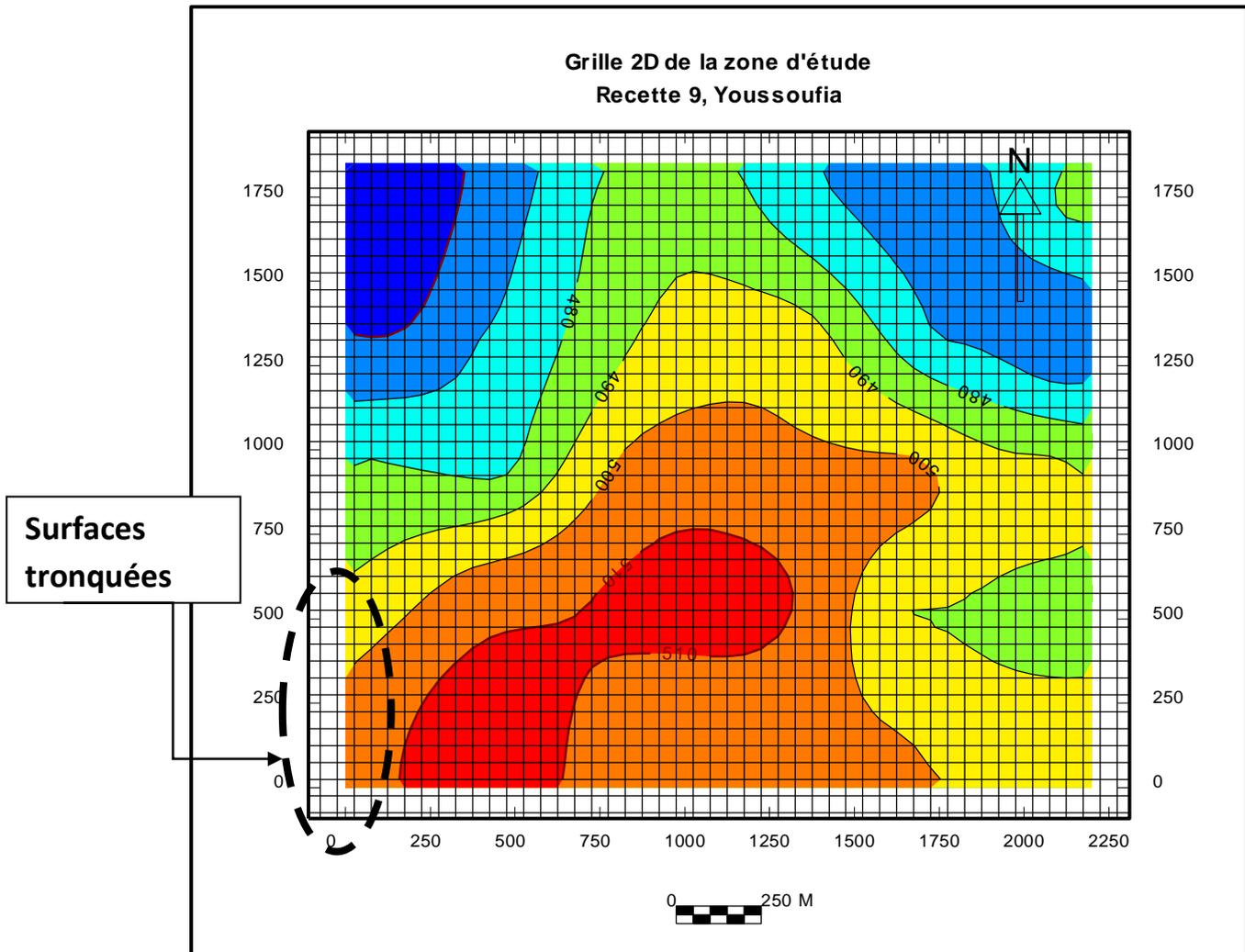


Figure 46 : Grille 2D de la zone d'étude

Cette grille correspond au maillage effectué sur la zone avec une unité de 50X50m équivalant ainsi à 1628 blocs.

On remarque sur cette carte l'existence de surfaces tronquées qui seront considérées comme entières par le logiciel.

Ainsi dans notre estimation de la grille 2D, le logiciel nous calculera la surface de chacun des blocs (2500m²) et nous en déduirons la surface totale.

Quant au volume, il correspond au produit de la surface d'un bloc par la puissance phosphatée de ce bloc.

La puissance phosphatée est obtenue en faisant la différence entre la côte du toit et celle du mur d'un même niveau en négligeant l'existence des intra-couches.

Le volume total d'un niveau correspondra à la somme du volume de l'ensemble des blocs qui le constitue.

Ce traitement est effectué à l'échelle d'un niveau et sera appliqué aux autres niveaux.

Conclusion :

Les principaux paramètres statistiques des différentes variables (BPL, CO2 et Puissance Totale) sont directement calculés par le logiciel et cela pour chaque couche.

La caractérisation statistique est relative à la grille avec un effectif de **1628 blocs**.

La couche 2 :

Nom étendu	Effectif	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart type
PUISSANCE TOTALE	1628	6,22	13,93	8,9	1,95
CO2	1628	6,97	15,94	10,57	1,24
BPL	1628	25,17	56,91	37,55	4,93

Sillon X :

Nom étendu	Effectif	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart type
PUISSANCE TOTALE	1628	0,398454	0,784281	0,541256	0,084204
CO2	1628	3,7532	17,246	6,05353	1,31783
BPL	1628	55,7193	67,7512	63,4913	2,07242

Couche 1 :

Nom étendu	Effectif	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart type
PUISSANCE TOTALE	1628	1,76423	3,04152	2,38592	0,323083
CO2	1628	2,77242	20,3512	6,29451	1,71215
BPL	1628	59,8151	70,0493	66,3055	1,80141

Couche 0 :

Nom étendu	Effectif	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart type
PUISSANCE TOTALE	1628	0,146255	1,14949	0,562624	0,197495
CO2	1628	5,95027	18,6128	11,3974	2,37946
BPL	1628	41,0622	66,5324	56,1581	5,35103

Faisceau A :

Nom étendu	Effectif	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart type
PUISSANCE TOTALE	1628	1,95	13,48	9,86	2,6
CO2	1628	8,48	25,95	19,86	4,38
BPL	1628	22,09	56,71	34,06	7,54

En négligeant l'existence des intra-couches, le volume phosphaté d'un bloc de la grille correspondrait à son volume total, ainsi nous pourrions estimer les ressources en place pour chaque couche et par la suite estimer le volume phosphaté global de notre domaine.

Le tableau suivant donne les totaux des paramètres chimiques et géométriques pour chaque niveau :

Couches	PT Moyenne (m)	PI Moyenne (m)	BPL Moyenne (%)	CO2 Moyenne (%)	Surface Totale (ha)	Volumes Phosphatés (m ³)	Volumes Intercalaires (m ³)
Couche 2	8,90	0,84 (Inter C2/SX)	37,55	10,57	407	36 223 155	3 402 466 (Inter C2/SX)
Sillon X	0,54	1,86 (Inter SX/C1)	63,49	6,05	407	2 202 911	7 608 449 (Inter SX/C1)
Couche 1	2,38	0,39 (Inter C1/C0)	66,30	6,29	407	9 710 700	1 576 845 (Inter C1/C0)
Couche 0	0,56	0,50 (Inter C0/FA)	56,15	11,39	407	2 153 405	2 038 401 (Inter C0/FA)
Faisceau A	9,86	118,06 Recouvrement	34,06	19,86	407	40 144 514	480 535 269 Recouvrement

Volume Phosphaté Total	90 434 685 m³
-------------------------------	---------------------------------

Grâce aux différentes valeurs de puissance totale et puissance intercalaire nous pouvons calculer le ratio de gisement et celui de découverte.

$$\text{Ratio de gisement} = \sum \text{PI} / \sum \text{PT} = 9.06$$

Le ratio de gisement correspond à la quantité de stérile à enlever pour atteindre les niveaux minéralisés.

Quant au ratio de recouvrement, il se définit comme la quantité de stérile à enlever pour atteindre un niveau cible. Il est donné par la formule suivante :

$$\text{Ratio de recouvrement} = \text{PR} / \text{PT(FA)} = 11.97$$

COUCHES	LOG	PT MOYENNE (m)	BPL MOYENNE (%)	CO2 MOYENNE (%)	SURFACE (ha)	VOLUME (m ³)
RRMT		118,06	-	-	407	480 535 669
FA		9,86	34,06	19,86	407	40 144 714
C0/FA		0,5	-	-	407	2 038 401
C0		0,56	56,15	11,39	407	2 153 405
C1/C0		0,39	-	-	407	1 576 845
C1		2,38	66,3	6,29	407	9 710 700
SX/C1		1,86	-	-	407	7 608 449
SX		0,54	63,49	6,05	407	2 202 911
C2/SX		0,84	-	-	407	3 402 466
C2		8,9	37,55	10,57	407	36 223 155

Figure 47 : Coupe moyenne de la zone d'étude

Bibliographie

- Armand BOUJO(1972) : *Contribution à l'étude géologique du gisement de phosphate crétacé-éocène des Gantour (Maroc Occidental)*, thèse de doctorat en sciences naturelles.
- E.JOURANI(1994) : *Caractères généraux des bassins de Gantour Synthèse Bibliographique* (Rapport géologie N°391)
- *Inédit du rapport Annuel OCP 2010*
- Ohetta El GHAZI (1994) : *Etude géologique de la couche 2, du sillon X et des sillons A3, A2 et A1 à la maille de 400m (Rapport géologique N° 268)*
- Youssef DAAFI (2011) : *Guide d'utilisation de GDM*

