

# Mémoire de fin d'études :

## *Licence és-Sciences et Techniques Eau et Environnement*

**Elaboration d'un projet de  
réhabilitation du panneau III  
de la mine de M'Zinda à la  
région de Youssoufia**

### Encadré par :

L. DAOUDI (Professeur FST- Marrakech).

Y. DAAFI (Ingénieure groupe OCP- Youssoufia).

A. JAMMOULA (groupe OCP- Youssoufia).

### Réalisé par :

**MOULOUA Missoune**

### Soutenu le 27 / 06/2012 devant le jury composés de :

- Pr : A. AITADDI
- Pr : S. ESSARRAJ
- Pr : L. DAOUDI
- Mr : Y. DAAFI

## **DEDICACE**

Je me trouve obligée de rendre hommage à toutes les personnes ayant contribué à l'élaboration de ce modeste rapport, et qui m'ont fourni tous leurs efforts et leurs soutiens, pour que j'avance en pas sûrs pendant toute l'année, et aussi tout au long de ma période de stage.

Je tiens très fort à dédier ce travail à toute ma famille, et spécialement à mes parents qui n'ont pas cessé de m'orienter et de me conseiller pour que je prenne le bon chemin.

Je tiens à le dédier aussi à tous les responsables du stage, Mes formateurs et le personnel du service géologie.

Et finalement, je ne serais que fière d'exprimer ma gratitude envers mes amis qui n'ont hésité à aucun moment à être à mes cotées pour m'apporter toute l'aide nécessaire.

## TABLE DES MATIERES

Remerciements.....	7
Introduction générale.....	8

### Chapitre I – Présentation générale

<b>I- Présentation de l'Office Chérifien des Phosphates.....</b>	<b>9</b>
1. Historique .....	9
2. Statut juridique .....	10
<b>II- Principaux Bassins Phosphatés du Maroc.....</b>	<b>11</b>
1. Bassin d'Oulad Abdoun.....	14
2. Bassin de Gantour.....	14
3. Bassin Maskala.....	15
4. Bassin d'Oued Eddahab.....	15

### Chapitre II – Présentation de la zone d'étude

<b>I- Gisements Phosphatés de Gantour.....</b>	<b>16</b>
1. Données générales .....	16
2. Cadre géographique.....	17
a. Localisation .....	17
b. Climat.....	18
3. Cadre géologique.....	18
4. Cadre structural.....	20
5. Stratigraphie de la série phosphatée.....	20
6. Hydrogéologie.....	23

<b>II- Situation et limites de la zone étudiée (M'Zinda).....</b>	<b>24</b>
1. Situation de la zone.....	24
2. Limite de la zone.....	26
3. Géologie de la zone.....	26
4. Lithostratigraphie.....	27

## **Chapitre III – Caractérisation géologique des rejets et impact de l'exploitation sur l'environnement**

<b>I- Introduction.....</b>	<b>28</b>
<b>II- Caractéristique géologique de la nature des rejets .....</b>	<b>29</b>
1. Nature des rejets trouvés dans la zone.....	29
2. Caractéristique géologique de la nature des rejets.....	29
<b>III- L'impact de l'exploitation minier sur l'environnement .....</b>	<b>33</b>
1. Introduction.....	33
2. Etude et description de milieu.....	34
3. Les différents enjeux de l'exploitation minière.....	34
4. Type d'exploitation utilisée dans la zone étudiée .....	36
5. L'impact de l'exploitation sur l'être humain.....	38
6. L'impact de l'exploitation sur la terre végétale.....	38
7. L'impact de l'exploitation sur la qualité des eaux.....	39
8. L'impact de l'exploitation sur l'air.....	40
9. L'impact de l'exploitation sur la faune.....	41

## **Chapitre IV - Proposition d'un projet de réhabilitation et Evaluation économique :**

<b>I- Procédure de travail .....</b>	<b>42</b>
<b>II- Proposition d'un projet de réhabilitation.....</b>	<b>48</b>
1. Données et calculs.....	48
<b>III- Evaluation économique.....</b>	<b>52</b>
<b>Conclusion.....</b>	<b>54</b>
<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>55</b>

## Liste des figures

Figure 2 : localisation des 4 principaux bassins phosphatés.....	13
Figure 3 : Plan d'ensemble du plan des Gantour.....	17
Figure 4 : Coupes litho stratigraphiques de la série phosphatée.....	20
Figure5 : Plan de Situation du panneau III de la M'Zinda.(Imagerie@2012/spot image. Gueye. Donné cartographique2012/05/19- Google Maps).....	25
Figure6 : photo illustre le silex .....	29
Figure7 : photo qui montre des bancs argileux qui sont l'intercalaire entre la couche 6 inférieure et la couche 6 médiane.....	31
Figure8 : photo montre la couche 5 inférieure A constitué des marnes .....	32
Figure9 : Situation de Douar Lhouiffattes.....	34
Figure10 : les différents enjeux de l'exploitation minière.....	35
Figure11 : Histogramme des pourcentages des conséquences de sautage dans la zone d'étude.....	37
Figure12 : Histogramme des niveaux piézométrique en fonction des trois années.....	40
Figure13 : carte en 3D du modèle numérique du terrain exploité.....	42
Figure14 : carte de superposition du levé exploité sur le panneau III.....	43
Figure15 : carte de superposition des deux M.N.T des terrains naturels et exploités.....	44
Figure16 : les profils en travers mesurés en terrains.....	47
Figure17 : Schématisation d'un profile en travers.....	48
Figure18 : Carte de situation des ouvrages.....	50
Figure19 : carte de répartition spatiale des puissances des ouvrages.....	51

## **Liste des tableaux**

<u>Tableau 1</u> : piézométrie du puits local de la zone étudiée en fonction des années 2007, 2009, 2011.....	39
<u>Tableau2</u> : calcul de volume à déblai et à remblai par profil entre 2M.N.T.....	45
<u>Tableau 3</u> : les densités moyennes des marnes, silex et calcaire.....	52

---

## Remerciements

Je tiens à remercier dans un premier temps, toute l'équipe pédagogique de *la Faculté des Sciences et Techniques de Marrakech* et les intervenants professionnels responsables de la formation d'eau et d'environnement, pour avoir assuré la partie théorique de celle-ci.

Mon remerciement le plus sincère à la direction de Production et de site de Gantour, pour m'avoir accordé la chance de passer ce stage.

Je remercie tout particulièrement et à témoigner toute notre reconnaissance aux personnes suivantes, pour l'expérience enrichissante et pleine d'intérêt qu'elle m'a fait vivre durant ce mois au sein du *Groupe OCP* :

\* Monsieur **E. JOURANI**. Directeur Géologie et Recherche Minière IDR/V/G de nous avoir accepté au sein du département en tant que stagiaire.

\* Monsieur **A. CHAKIR**. Chef unité Géologie Zone Centre IDR/V/GC de nous avoir accueilli au sein du département durant la période de stage.

\* Monsieur **Y. DAAFI**. Mon encadrant. Pour m'avoir intégré rapidement au sein du service et pour le temps qu'il m'a consacré tout au long de cette période.

---

\* Monsieur **H.DAOUDI**. Mon encadrant. Qui a fait preuve d'une grande patience et disponibilité à mon égard et qui m'a permis, grâce à ses conseils, de mener à bien mon stage.

\* Je tiens également à exprimer toute ma gratitude à mon parrain de stage Monsieur **A.JAMOULLA** pour son soutien et la fidélité à son engagement de parrain de stage.

\* Un Grand merci à tous les techniciens ainsi que l'ensemble du personnel du *Groupe OCP* pour leur accueil sympathique et leur coopération professionnelle tout au long de ce mois.

## **Introduction générale**

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

L'étude réalisée au cours de ce stage a pour objet de répondre à une problématique concernant la réhabilitation du panneau III de la mine de M'Zinda et d'identifier l'impact de l'exploitation de ce panneau sur l'environnement. Le but final est de proposer des solutions intégrées permettant de répondre efficacement aux contraintes environnementales.



## Chapitre I – Présentation générale

### I- Présentation de l'Office Chérifien des Phosphates :

#### 1. *Historique :*

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 en 1921. 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 dépasser en 1964, 10 millions de tonnes.

La principale utilisation du phosphate est la production des engrais et l'acide phosphorique, le Maroc exporte actuellement le Phosphate brut, les engrais au P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> sous forme de produit (acide phosphorique clarifié, acide désulfaté, super phosphate le MAP).

Le Groupe Office Chérifien 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 du Groupe, 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 phosphate sous toutes ses formes, le Groupe OCP écoule 80% de sa production en dehors des frontières nationales. Opérateur international, il rayonne sur les cinq continents de la planète.

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.

## **2. Statut juridique :**

---

L'OCP a été constitué sous forme d'un organisme d'état, mais étant donné le caractère de ses activités commerciales et industrielles, l'OCP est dirigé par un Président directeur général et le contrôle est exercé par un conseil d'administration qui représente l'intérêt de la nation.

Office Chérifien des Phosphates : 7 août 1920

Le 26 février 2008 porte UNE Transformation de l'Office Chérifien des Phosphates en société anonyme sous le nom de OCP SA La durée de la société est fixée à 99 ans à compter du 1er avril 2008, sauf cas de dissolution anticipée ou prorogation prévue par les statuts ou par la loi.

Groupe OCP SA est une entreprise semi-publique sous contrôle de l'état, mais elle agit avec le même dynamisme qu'une grande entreprise privée, servant à l'état marocain tous les droits de recherche et d'exploitation des phosphates, gérée par un directeur et contrôlée par un conseil d'administration. La gestion financière est séparée de l'état.

## **II- Principaux Bassins Phosphatés du Maroc :**

Le phosphate des bassins marocains est un phosphate sédimentaire qui provient de la décomposition des animaux de mer, car les mers et les océans ont été recouverts d'une grande partie de continents depuis presque 75 millions d'années.

La phosphatogenèse s'est déroulée durant la période géologique comprise entre le Maastrichtien (Crétacé terminal) et le Lutétien (Eocène moyen), (Boujo, 1972).

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

- Au sommet : des formations carbonatées.
- A la base : des détritiques fins (sables et argiles).

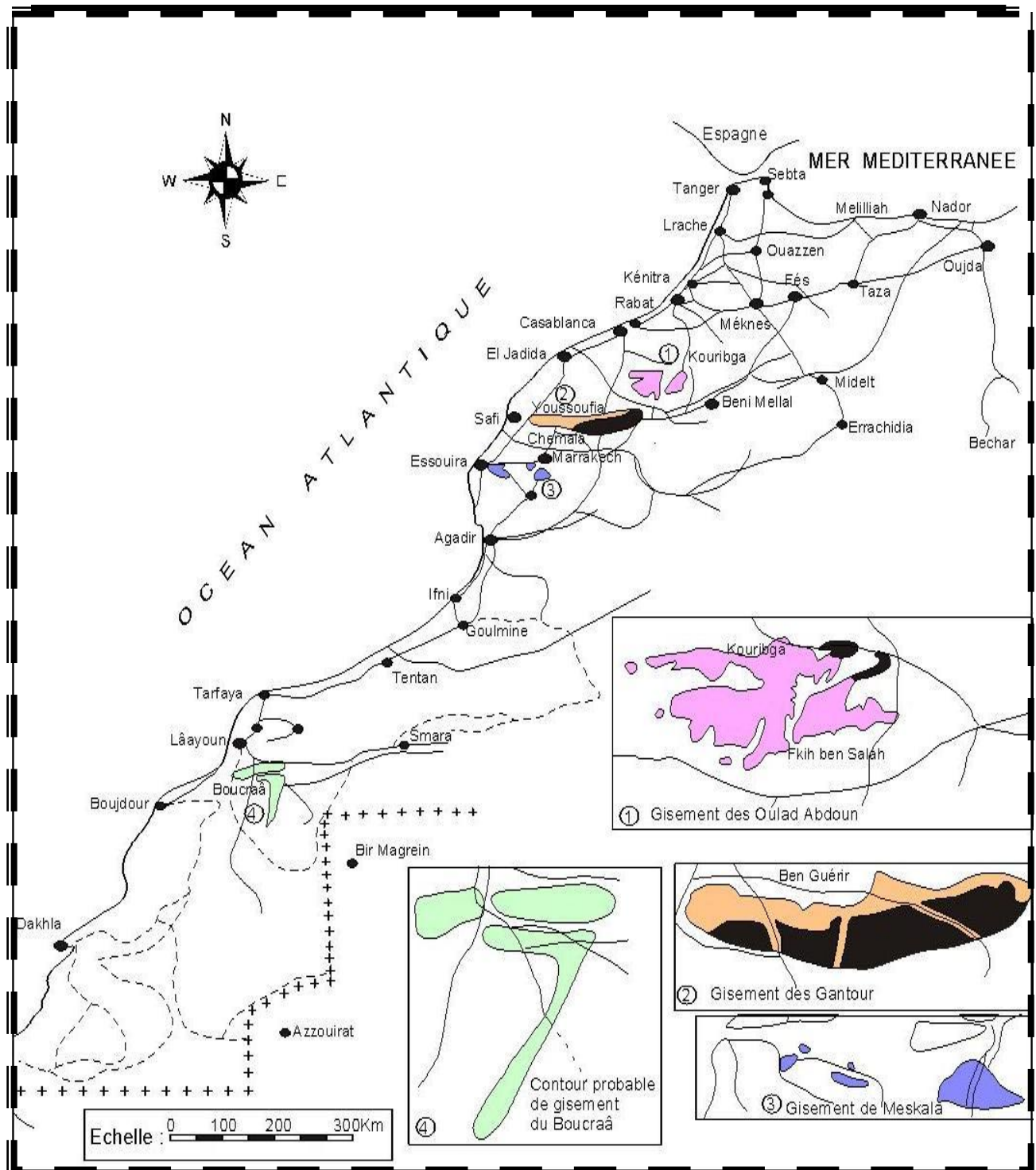
Ces phosphates sont formés de grains de taille comprise entre 40 et 215  $\mu\text{m}$ .

---

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 : voir fig : 2

- Quatre grands Bassins :
  - Bassin d'Oulad Abdoun, à Khouribga.
  - Bassin de Gantour, à Youssoufia.
  - Bassin de Meskala, au domaine Nord Atlasique, à Chichaoua, s'étendant du Jbilets jusqu'à le Haut Atlas Occidental.
  - Bassin Oued Eddahab au domaine Saharien. Gisement Boucraa



**Figure2 : Localisation des quatre 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 Maastrichtien par des dépôts phosphatés très marneux et se termine au lutétien par une dalle à thersités, 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 Km et de largeur de 20 à 30 Km, est situé entre les méridiens 7°10' et 8°35' et les parallèles 32°10' et 32°20', ses limites sont :

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

---

Le phosphate se présente en deux grands types de faciès :

- Facies clair : trouver dans les affleurements, les faibles recouvrements et les zones sèches.
- Facies noir : trouver dans les profondeurs supérieures à 50 m, et dans les zones noyées. C'est un signe de l'existence de la matière organique.

### **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 Imin'Tanout 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 Km, dans la zone saharienne entre la zone d'Eddchira au Sud-est de Laayoune et le sud de la ville de Dakhla où il se rétrécit.

Il est limité par :

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

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.

## Chapitre II – Présentation de la zone d'étude

La zone d'étude fait partie intégrante du bassin phosphaté des Gantour. Pour cela, avant de décrire en détail la zone d'étude, il convient tout d'abord de présenter dans un premier paragraphe le gisement phosphaté des Gantour.

### I- Gisements Phosphatés des Gantour :

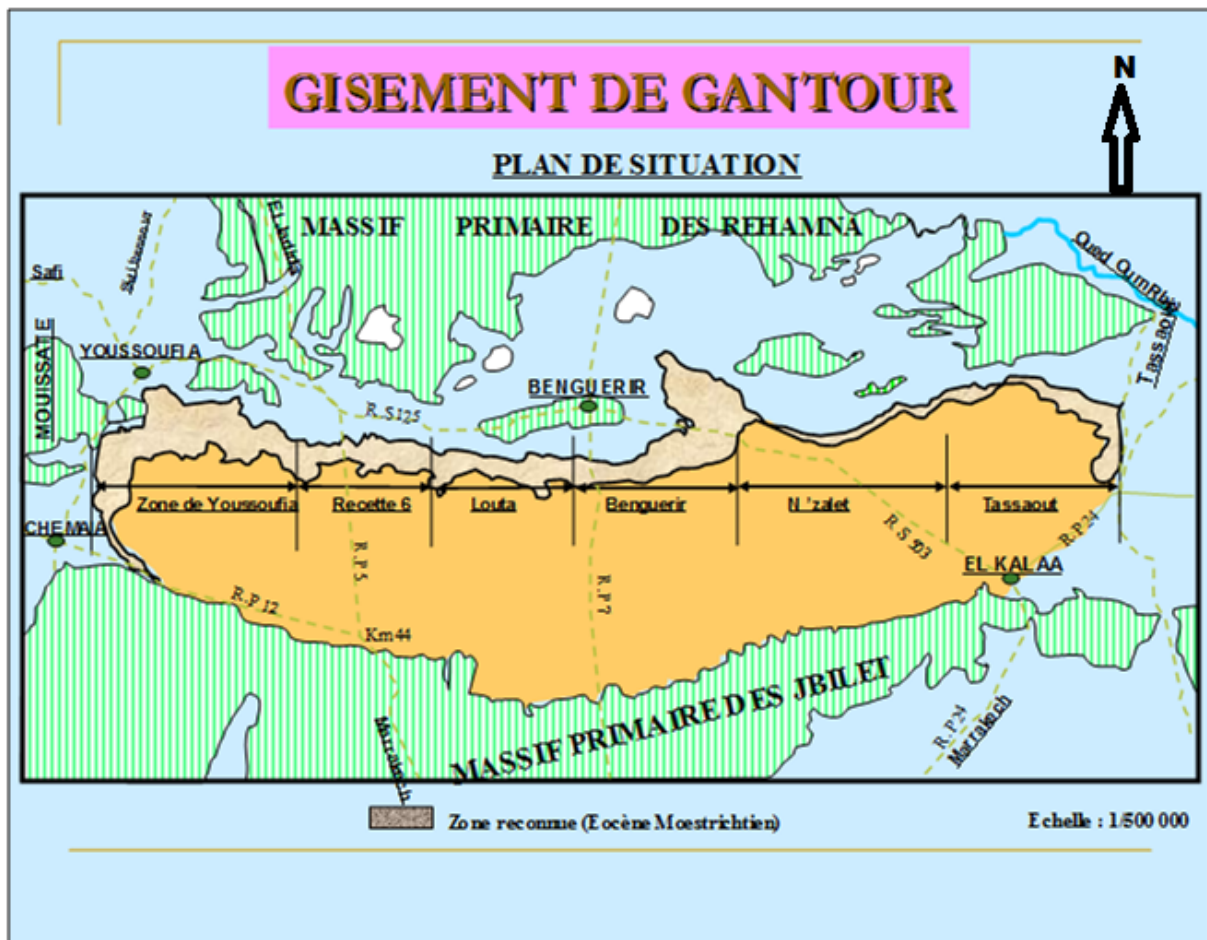
#### 1. Données générales :

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 125 Km d'Est en Ouest et sur 20 à 35 Km du nord au sud. Son relief est relativement modéré avec une altitude moyenne de 430 m, mais relativement accidenté 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'exploitation de la production venant de Youssoufia.





**Figure3 : Carte de situation des gisements de Gantour**

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.

## 2. Cadre géographique :

### a. Localisation :

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, ce plateau 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 rive gauche de l'Oued Tessaout. Au Sud, le gisement s'ennoie sous les formations récentes de la Bahira

***b. Climat :***

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

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

**3. Cadre géologique :**

Le bassin de Gantour représente un élément important de la couverture sédimentaire de la Meseta occidentale. On y rencontre les unités suivantes (Boujo, 1972):

- Le socle paléozoïque affleure au Nord sous forme de roches métamorphiques et cristallines (massif des Rehamna), 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 :

Deux domaines structuraux d'allure très différente occupent l'ensemble du bassin Gantour-Bahira : (Jourani, 1994) :

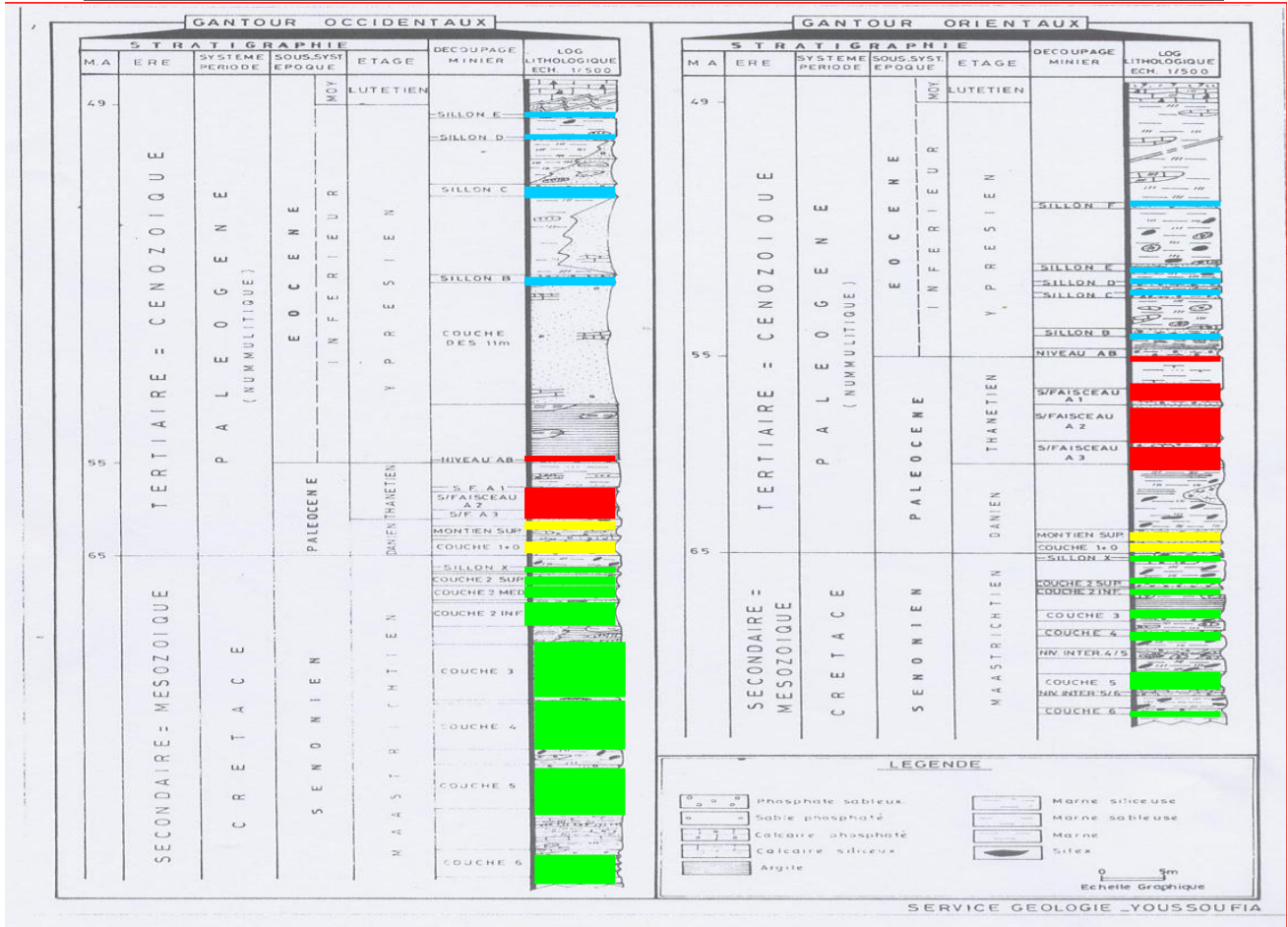
- Un domaine occidental entre Youssoufia et la route Marrakech-El-Jadida où les affleurements sont orientés Nord-Sud à l'extrémité occidentale, entre Chemaia et Youssoufia puis Ouest-Est depuis Youssoufia jusqu'au Sud du village de Benguerir
- Un domaine oriental où les affleurements redeviennent Nord-Sud 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. Stratigraphie de la série phosphatée :

Du point de vue stratigraphique, la série phosphatée formée par les dépôts de phosphate, s'étend du Maastrichtien au Lutétien, (Boujo, 1972). Cette série est constituée par une alternance de niveaux de roches phosphatées, meubles à plus ou moins indurées et de niveaux stériles nommés intercalaires qui sont de nature lithologique variée (argile, marnes, calcaires et silt....). L'ensemble est coiffé par une dalle carbonatée appelée dalle à Thersité. La stratigraphie de la série de la de Youssoufia peut être résumée comme suit :

## Série phosphatée : Zone des Gantour



**Figure 4 : Coupe Lithostratigraphique de la Série Phosphatée de la zone de Gantour.**

**a. Maastrichtien :**

Il comprend les niveaux suivants : C6, C5, C4, C3, C2 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.

Cet étage 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 maastrichtiennes.
  - 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 maastrichtien. 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.
- Marnes.

#### **b. Danien :**

Généralement, cet étage commence 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 coprolithique 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 calcaire phosphaté ou de phosphate induré.

**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 qui marque la fin de la sédimentation phosphatée et caractérisé par le développement d'une dalle calcaire dolomitique renfermant des Thérstités appelée dalle à Thérstités.

**6. Hydrogéologie :**

Le gisement de Gantour correspond à une zone noyée dont la superficie et les ressources sont plus importantes que celles de la zone sèche (zone d'affleurement) (Jourani, 1994).

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

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

- Nappe inférieure :

C'est une nappe captive emmagasinée dans les formations comprises entre les argiles yprésiennes et les argiles maastrichtiennes, c'est-à-dire, située entre la couche 1 et les argiles du mur de la couche 2.

Cette nappe présente de très faibles caractéristiques hydrodynamiques. Sa charge est située en moyenne à une vingtaine de mètres en dessous de la charge de la nappe supérieure.

- Nappe intermédiaire :

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

- Nappe supérieure :



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

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.

Malgré la diversité des faciès, la série phosphatée constitue en général 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 phosphatée ;
- 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-dessus de la couche 1.

#### **IV- Situation et limites de la zone étudiée (Panneau III de mine M'Zinda) :**

##### **1. Situation de la zone :**

La zone de M'Zinda est située au Nord des Recettes 3 et 4. Son centre est à environ 8 Km au Sud du chemin de fer reliant Youssoufia et Benguerir, et à 14 Km au Sud-est de la ville de Youssoufia.





**Figure5** : Plan de Situation du panneau III du M'Zinda.

(Imagerie@2012/spot image. Gueye. Donné cartographique2012/05/19-Google Maps).

Les agglomérations situées dans le gisement sont de l'Ouest à l'Est

- Village M'zinda ;
- Douar Lhouiffrattes Est ;
- Douar El caïd El Hadj.

Les agglomérations situées aux alentours du gisement sont de l'Ouest vers l'Est comme suit :

- Douar Oulad Bouhalla ;
- Douar El Haissoun ;
- Douar Oulad Aria ;
- Douar Si Bou Khelifa ;
- Douar Oulad Amer ;
- Douar Si Abdallah Serrakh.

## 2. Limites de la zone :

Cette zone est limitée comme suit :

- Au Nord par l’affleurement du mur de la couche 6 ;
- Au Sud par la limite de l’ancienne exploitation en couche 1 ;
- A l’Ouest par le méridien Lambert 213000 ;
- A l’Est par le méridien Lambert 223000 ;
- A l’Ouest la zone comprise entre les méridiens Lambert 212000 et 213000 n’est pas prise en considération vu qu’elle est occupée par le village M’Zinda. A l’Est, la zone située entre les méridiens Lambert 223000 et 225000 (ex : zone charnière) n’est pas prise également en considération, vu que les couche 5 et 6 sont noyées dans une grande partie.

La zone ainsi délimitée s’étend sur 10 Km de l’Ouest vers l’Est. Elle couvre une superficie de 3049 ha (couche d’extension de la couche 6 entre son affleurement et la limite de l’ancienne exploitation en couche 1). Elle est reconnue à une maille de 1 Km devenant aléatoire à proximité des affleurements ou elle peut atteindre 250 m.

### **3. Géologie de la zone :**

M’Zinda est une zone reconnue par la compagnie des 110 puits à la maille irrégulière de 1000 m pouvant atteindre 250 m vers les affleurements. Cette compagnie a vue l’exécution de 169 puits et l’approfondissement de 4 anciens puits.

Le gisement de M’Zinda est dominé par des terrains d’âge Maastrichtien. Ce dernier est composé de plusieurs niveaux de phosphate. Il peut être subdivisé en trois termes (Daafi, 2010) :

- Terme inférieur : il renferme de bas en haut des niveaux composés de phosphate sableux assez riche en BPL (couche 6 et couche 5 inférieures) et un niveau composé de sable phosphaté marneux (couche 5 supérieures). Ce terme est marqué par le développement des intercalaires inter-couches formées de marne siliceuse, marne et de sable peu phosphaté.
- Terme médian : il comporte des niveaux de phosphate sableux assez riche en BPL (couche 4 inférieures et couche 3 inférieures) et des niveaux de sable phosphaté à peu phosphaté (couche 4 supérieures et couche 3 supérieures)

- Terme supérieur : il englobe de bas vers le haut des de sable phosphaté à peu phosphaté (couche 2 inférieure et couche 2 médiane) et un niveau de phosphate sableux et grossier très riche en BPL (couche 2 supérieure).

#### 4. Lithostratigraphie :

Les couches étudiées dans le présent rapport du Maastrichtien.

Ce dernier est formé de plusieurs niveaux phosphatés. Il est subdivisé en trois entités :

##### a. Entité inférieure :

Elle est marquée par le développement des intercalaires silico-carbonatées (marnes, marnes siliceuses, silex et grès). Les niveaux miniers qui composent cette entité, cités de haut en bas sont :

- La couche 5 supérieure ;
- La couche 5 inférieure ;
- La couche 6 supérieure ;
- La couche 6 médiane ;
- La couche 6 inférieure.

##### b. Entité médiane :

Les niveaux miniers qui constituent cette entité sont la couche 3 et la couche 4. Cette entité se termine par un puissant dépôt d'argile de couleur ocre ou noire qui forme l'intercalaire couche 3 / couche 2.

##### c. Entité supérieure :

Cette entité est caractérisés par la réduction des puissances des intercalaires stériles constituées, de grés, de marnes et de silex.

Les niveaux miniers qui constituent cette entité sont :

- La couche 2 supérieure ;
- La couche 2 médiane ;
- La couche 2 inférieure.

## Chapitre III – Caractérisation géologique des rejets et impact de l'exploitation sur l'environnement

### I- Introduction :

**L'exploitation** : c'est une opération qui consiste à extraire le phosphate et cela se fait selon les étapes suivantes :

- **La foration** : est la première étape fondamentale, elle consiste à réaliser à l'aide d'une sondeuse, des forages verticaux suivant une géométrie et une maille bien déterminée dont l'objectif est de faciliter l'enlèvement des stériles.
  - *Foration par une sondeuse.(M'Zinda)*



- **Le sautage** : les terrains stériles couvrant les couches de phosphate sont sautés par l'explosif (dans le panneau III l'explosif utilisé est l'amonix).
- **Le décapage** : c'est une étape qui vise l'enlèvement des morts terrains se trouvant au-dessus des couches phosphatées, les stériles enlevés par les bulls sont stockés sous forme de cavaliers dont la tranchée adjacente préalablement exploitée.

- Décapage par poussage par un Bulldozer D11( M'Zinda)



- **Le défruitage** : est l'ensemble des phases élémentaires qui consiste à extraire les couches de phosphate et assurer leur transport par les moyens appropriés

Le transport du phosphate se fait par des camions jusqu'aux trémies ou il sera criblé et stocké.

**La réhabilitation** : c'est une opération qui consiste à remettre le terrain exploité à son état initial ou mieux par l'implantation des arbres ou de faire des lacs artificielles passant par plusieurs procédures tel que : (levé du terrain, calcul du volume à déblayer et à romblir, implantation des arbres ou des plantes,...). On procède à la réhabilitation des sites afin de réduire les impacts sur l'environnement et les populations par :

- Compensation des impacts de l'activité d'exploitation,
- Intégration du projet dans une démarche environnementale globale et contribution aux objectifs d'optimisation de la biodiversité,
- Conformité des activités avec les dispositions réglementaires relatives aux Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE),
- Communication de l'entreprise autour des thématiques du développement durable, auprès des partenaires de l'entreprise et des populations riveraines des sites d'exploitation.

## **II-caractéristique géologique de la nature des rejets :**

### **1. Nature des rejets:**



Les rejets trouvés dans le panneau III sont des stériles issue de l'exploitation des phosphates tels que : les argiles, les silex, les marnes, les marnes siliceuses, les marnes phosphatées, et enfin le sol.

Ces rejets comprennent la couche arable, les morts-terrains, les stériles et les résidus. La couche arable est formée par la couche supérieure de la terre végétale. Elle est en général mise en cote avec aucune utilisation, Les morts-terrains et les stériles sont composés de roches déplacées pour atteindre le gisement de minerai. Quand aux résidus, ils sont composés de déchets solides issus de divers procédés de traitement des minéraux. La préparation du minerai consiste à séparer les minéraux utiles des résidus.



**Figure6** : photo illustrant le silex

## **2. caractéristiques Géologiques de la nature des rejets :**

Dans la zone étudiée –panneau III du M'Zinda-, l'exploitation se fait par tranchée et pendant notre sortie sur terrain on a assisté à l'exploitation de la couche

5 et de la couche 6 de la tranchée 16. Les constituants de chaque couche sont détaillés ci-dessous :

1. Couche 6 inférieure :

La couche 6 inférieure est formée de phosphate sableux grossier à débris organique, friable. Elle renferme parfois des calcaires ou des grès phosphatés. Elle est toujours argileuse au toit.

2. Intercalaire couche 6 inférieure et couche 6 médiane :

Cet intercalaire est souvent formé, par des bancs argileux, des niveaux marneux et de niveaux de phosphate sableux. Il contient rarement des niveaux de calcaire marneux.



**Figure7 : photo montrant des bancs argileux qui sont l'intercalaire entre la couche 6 inférieure et la couche 6 médiane**

3. Couche 6 médiane.

Cette couche est principalement constituée, de phosphate sableux à débris organique. Elle est parfois calcifiée et marneuse. Elle est absente dans toute la zone Ouest.

4. Couche 6 supérieure :

C'est le niveau qui a le plus d'intérêt pour l'exploitation en termes de puissance et de ses teneurs. Il est formé de phosphate sableux, généralement marneux au toit et marneux ou argileux au milieu de la couche.

5. Intercalaire couche 6 supérieure et couche 5 inférieure A :

C'est le niveau le plus puissant dans la zone. Généralement, sa puissance se développe de l'Ouest vers l'Est. Il est formé de marnes, de marnes argileuses, d'argiles et de niveaux de sables phosphatés. Il contient parfois des silex noirs.

6. Couche 5 inférieure A

Cette couche est formée de phosphate sableux, parfois induré ou marneux à la base.



**Figure8 : photo montrant la couche 5 inférieure A constituée des marnes phosphatées**



7. Couche 5 inférieure B.

C'est un sous- niveau lenticulaire, il est absent dans la partie sud de la zone. Sa puissance et sa teneur sont faibles.

8. Couche 5 inférieure C.

C'est le sous – niveau le plus développé est le plus riche en teneur de la couche 5.

9. Intercalaire couche 5 inférieure- couche 5 supérieure.

Il est généralement, formé de marnes, de marnes siliceuses ou de niveaux d'argiles. Au sud de la zone, il est constitué de marnes siliceuses à silex noir.

10. Intercalaire couche 5 supérieure A – couche 5 supérieure B.

Cet intercalaire est toujours formé par une fine passée de calcaire ou de grès phosphaté et rarement par des marnes sableuses, siliceuses.

### **III. l'impact de l'exploitation minière sur l'environnement :**

#### **1- Introduction :**

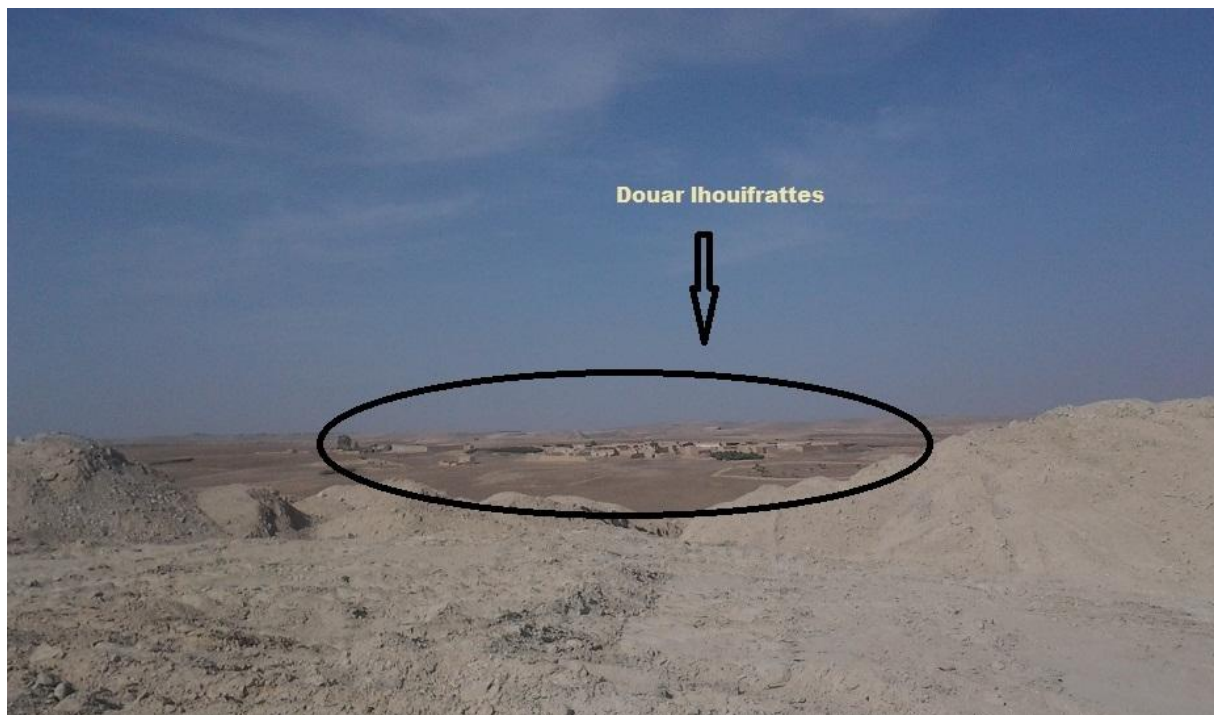
L'environnement représente la composition des conditions des milieux dans lequel un organisme vivant existe et fonctionne. L'environnement humain est la principale constituante de la représentation locale de l'environnement.

L'augmentation des effets néfastes des activités minières sur l'environnement, ajoutée à l'aggravation des valeurs sociales locales et la perturbation des écosystèmes, a conduit à des exigences environnementales et sociales. Ces exigences comprennent l'évaluation des impacts sociaux et environnementaux préalablement à l'octroi de licences d'exploitation minière et à l'obtention de fonds sociaux et en faveur de la protection de l'environnement. Le recours accru à l'évaluation des impacts a bénéficié en partie des initiatives de sociétés observant des normes internationales. L'utilisation de ces normes et directives à améliorer la responsabilité sociale des entreprises. Un environnement sain et le respect pour les

droits de l'homme autour des sites d'extraction minière. Cela dit, on assiste à une tendance néfaste pour l'environnement, consistant en l'augmentation de la consommation d'énergie, en raison des grands prix des ressources minières. Cela a entraîné une plus grande dépendance vis-à-vis à des effets graves sur l'environnement.

La zone étudiée est sous un climat semi- arides, le problème d'érosion et de sédimentation dus aux exploitations minières sont en général moins graves qu'ailleurs. Le choix de ce douar car c'est le douar le plus proche à l'exploitation.

## 2. Etude et description de l'état initial du milieu :



**Figure9 : Situation de douar Lhouifrattes.**

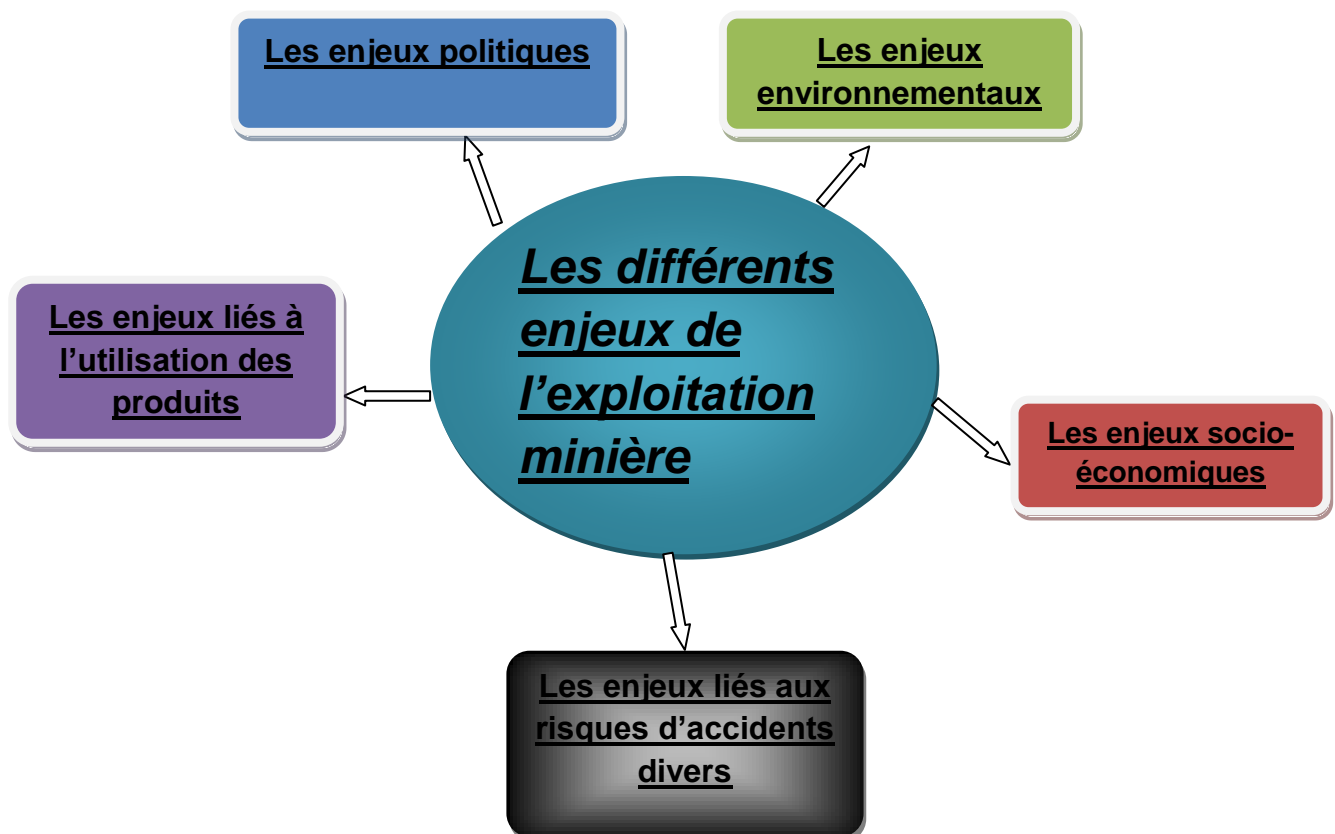
L'agriculture joue un rôle déterminant dans l'activité et la vie quotidienne des habitations de douar lhouifrattes. Elle occupe environ 70% de la population active. Cependant, la production est fortement liée aux conditions climatiques .L'essentiel des terres de la zone sont des terres cultivables. On y cultive des céréales. Et des plantations fruitières (oliviers). La superficie de la forêt naturelle dans la zone est

insignifiante. Les principales espèces d'élevage sont les ovins, les bovins et les caprins. L'élevage des caprins représente plus de 80 % de l'élevage sur la zone.

### 3. Les différents enjeux de l'exploitation minière :

L'exploitation minière occasionne des modifications de l'environnement. L'étude d'impact présente une description et une analyse des incidences directes et indirectes du projet sur l'environnement.

Les différents enjeux peuvent récapitulés comme suit:



**Figure10 : les différents enjeux de l'exploitation minière**

- **Les enjeux environnementaux :** se caractérisent par la dégradation des composantes physiques (sol), biologiques (végétation, faune) et climatique (atmosphère) du milieu récepteur ;

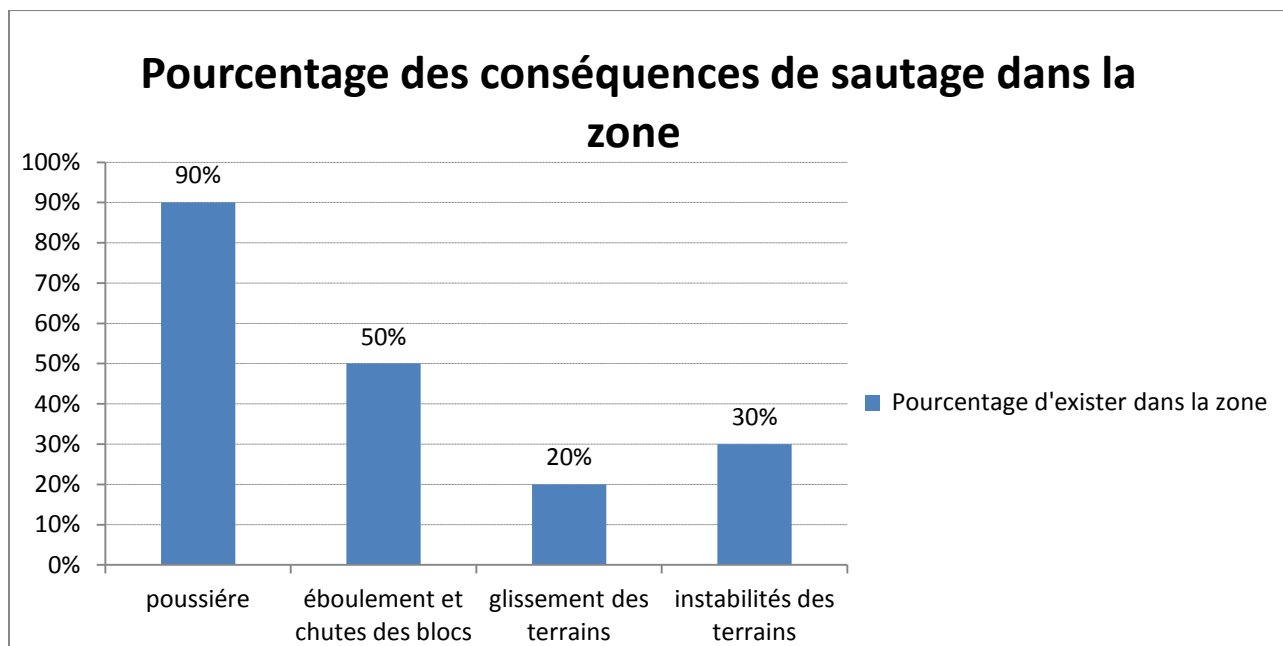
- **Les enjeux socio-économiques** : se manifestent positivement par la génération de revenu, la création d'emploi, le développement des activités connexes et négativement par la migration de la population, les pertes de terres agricoles et pastorales, les conflits sociaux ;
- **Les enjeux politiques** : politique de développement du secteur minier, promotion du secteur privé, développement de l'industrie, création d'emploi, lutte contre la pauvreté et le chômage ;
- **Les enjeux liés à l'utilisation des produits chimiques** : risque pour la santé des travailleurs, pour l'écosystème, pour la pollution du réseau hydrique ;
- **Les enjeux liés aux risques d'accidents divers** : produits dangereux, explosifs, engins lourds.

#### **4. Type d'exploitation utilisée dans la zone étudiée :**

##### **Exploitation à ciel ouvert**

L'exploitation à ciel ouvert est un type d'exploitation dans laquelle le dépôt de minerai s'étend profondément dans le sous sol nécessitant l'enlèvement de couches superposées de mort- terrain et de minerai. Dans plusieurs cas, l'exploitation des arbres, la coupe rase ou le brûlage de la végétation surplombant le dépôt de minerai peuvent précéder l'enlèvement des morts terrains. L'utilisation de la machinerie lourde, est le moyen le plus commun pour enlever les morts- terrains. L'exploitation à ciel ouvert fait souvent intervenir le déplacement de la végétation native des zones. On peut déduire les risques de cette exploitation sur la zone dans l'étape de sautage (battage à l'explosif) qui provoque des grands dangers sur le milieu naturel et le milieu humain :

- Parmi les conséquences du sautage (battage à explosif) sur le milieu naturel :



**Figure11 : Histogramme des pourcentages des conséquences de sautage dans la zone d'étude.**

**La poussière :** Les émissions des poussières représentent la principale nuisance liée à l'exploitation dans la zone étudiées (panneau III du M'Zinda-). Les poussières sont mises en suspension et transportés par les flux d'air :(mouvement de vents). La teneur de l'air en poussière augmente avec la sécheresse de l'air. Dans ces mêmes zones, l'air est souvent plus riche en gaz polluants agressifs pour les poumons.

**Les éboulements et les chutes des blocs :** les éboulements et les chutes des blocs constituent un grand danger pour les ouvriers des chantiers car ils peuvent les produire à l'importe quel moment. Les éboulements sont d'autant plus dangereux qu'ils peuvent atteindre des vitesses de 35 à 40 mètres à la seconde mais dans notre zone on' a mois de risque car les couches sont verticaux.

**Glissement des terrains :** Les glissements de terrain représentent un risque important pour la population de la zone, ils peuvent être déclenchés par des processus naturels ou par les activités anthropiques sur sites tels que les explosifs.

---

**Instabilités des terrains :** la constitution des fissures, des failles, des fractures qui sont du par des séismes, des vibrations.

**Remodelage des paysages :** caractérise la topographie, les pentes et les rivières...).

### **5. l'impact de l'exploitation sur l'être humain :**

Les ressources naturelles d'un pays comprennent le sol (terre), les eaux, les plantes, les animaux et les minéraux.

Le déplacement des êtres vivants établis est une cause importante de ressentiment et de conflits associés aux grands développements miniers. Des communautés entières peuvent être déracinées et contraintes de s'établir ailleurs, souvent dans des colonies construites à cet effet et pas nécessairement de leur propre choix. En plus de perdre leurs maisons, les communautés peuvent également perdre leurs terres et donc leurs moyens de subsistance.

Près de la zone d'étude la plus grande agglomération d'habitant correspond au douar Lhouiffattes qui encore habité tandis que les terres sont des propriétés de l'OCP, l'impact négatif de l'exploitation sur la santé de cette population est visible : telle que le montre une brochure de l'INRS :(Institut National de Recherche et de Sécurité) L'exposition aux poussières issues de l'exploitation de ces minerais peut être susceptible d'entraîner de nombreuses maladies, telle que des pathologies pulmonaires. Par ailleurs peu de précautions sont prises pour limiter le niveau de poussière sur le lieu de travail.

### **6. L'impact de l'exploitation sur la terre végétale :**

L'exploitation minière s'accompagne généralement d'un défrichage total du sol, d'une modification radical du paysage et d'un dérèglement complet de l'écosystème. Lorsqu'elles sont mal gérées, les activités minières peuvent aussi avoir des effets notables au-delà du site. Trop souvent, les mines ont été abandonnées dans un état fortement perturbé. L'exploitation minière est de ce fait souvent considérée comme une forme de développement indésirable pour la constitution de la terre végétale.

Sur le panneau III de M'Zinda de la zone noyé de Youssoufia où l'exploitation minière est très importante, les effets de l'activité minière sur l'environnement portent principalement sur une destruction sévère de la végétation ainsi qu'une dégradation importante des sols. Une fois le site d'extraction abandonné, aucune végétation naturelle ne subsiste, seulement des excavations et des déchets.

Conformément aux principes de développement durable, les opérations minières doivent être considérées comme une utilisation transitoire des terres. Cela signifie qu'après l'exploitation, le sol doit être remis dans l'état où il se trouvait avant la perturbation, retrouvant ainsi une valeur égale ou supérieure.

### 7. L'impact de l'exploitation sur la qualité des eaux :

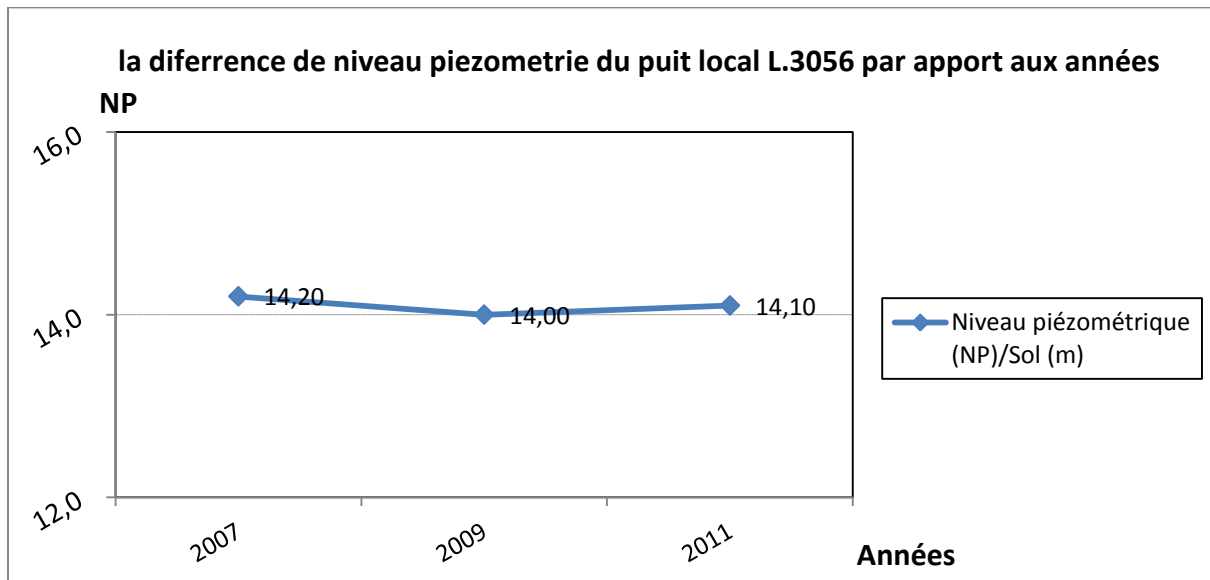
L'eau est essentielle à la vie sur notre planète. Un préalable de développement durable doit s'assurer que les cours d'eaux ne soient pas contaminés. De nos jours, de plus en plus de mines menacent les ressources d'eau dont nous dépendons tous. Le prix que nous payons tous les jours pour l'extraction de minerais est extrêmement élevé. L'extraction, consomme naturellement, beaucoup d'eau et peut polluer très sérieusement des cours d'eaux.

Malgré le fait qu'il y ait eu une amélioration des opérations d'extraction ces dernières années, les risques pour l'environnement restent bien présents. Dans notre secteur d'étude, les effets de l'exploitation minière sur la qualité de l'eau et de la disponibilité des ressources en eau constituent peut-être l'impact le plus important de ce projet d'exploitation minière.

**Tableau1 : piézométrie du puits local de la zone étudiée en fonction des années 2007,2009 ,2011.**

Années	Ouvrage	X	Y	Z	Date de mesure	Niveau piézométrique (NP)/Sol (m)
2007	L.3056	218804,59	185125,03	369,41	14/05/2007	14,20
2009	L.3056	218804,59	185125,03	369,41	24/07/2009	14,00
2011	L.3056	218804,59	185125,03	369,41	09/09/2011	14,10

D'après ce tableau on va faire la courbe des niveaux piézométrique de l'ouvrage local L.3056- mesuré dans la zone – en fonction des 2007 , 2009, et 2011 pour savoir si la nappe est touché par l'exploitation ou non ?



**Figure12 : Courbe des niveaux piézométrique au cours des trois années.**

D'après ce courbe on remarque que les niveaux piézométriques du puits varient d'une façon très faible durant les cinq dernières années, Donc selon les résultats cités ci-dessus on déduire que la nappe de la bahira est n'est pas touché par l'exploitation, on peut lier la petite différence entre les niveaux piézométrique au changement pluviométrique.

### **8. L'impact de l'exploitation sur la qualité de l'air :**

Les émissions atmosphériques se produisent à chaque étape du cycle de la mine, mais surtout pendant l'exploration, le développement, la construction et les activités opérationnelles. Les opérations minières mobilisent de grandes quantités de matières, et des déchets de piles contenant des particules de petite taille sont facilement dispersés par le vent. Les plus importantes sources de pollution atmosphérique dans les opérations minières sont :



- 
- Les particules de matières transportées par le vent, à la suite de fouilles d'abattages par explosion, de transport de matériaux, des poussières fugitives provenant des installations de résidus, des décharges de résidus;
  - Les émissions de gaz provenant de la combustion de carburants dans des sources fixes et mobiles, explosions et traitement des minéraux.

### **9. L'impact de l'exploitation sur la faune :**

La faune est un terme général qui fait référence à tous les animaux qui ne sont pas domestiqués.

L'exploitation minière a une incidence sur l'environnement et les biotes associés par le biais de la suppression de la végétation ainsi que le sol de couverture, le déplacement de la faune. Les espèces de la faune vivent dans des communautés qui dépendent les unes des autres. L'exploitation minière provoque des dommages directs et indirects sur la faune.

---

## Chapitre IV - Proposition d'un projet de réhabilitation et évaluation économique :

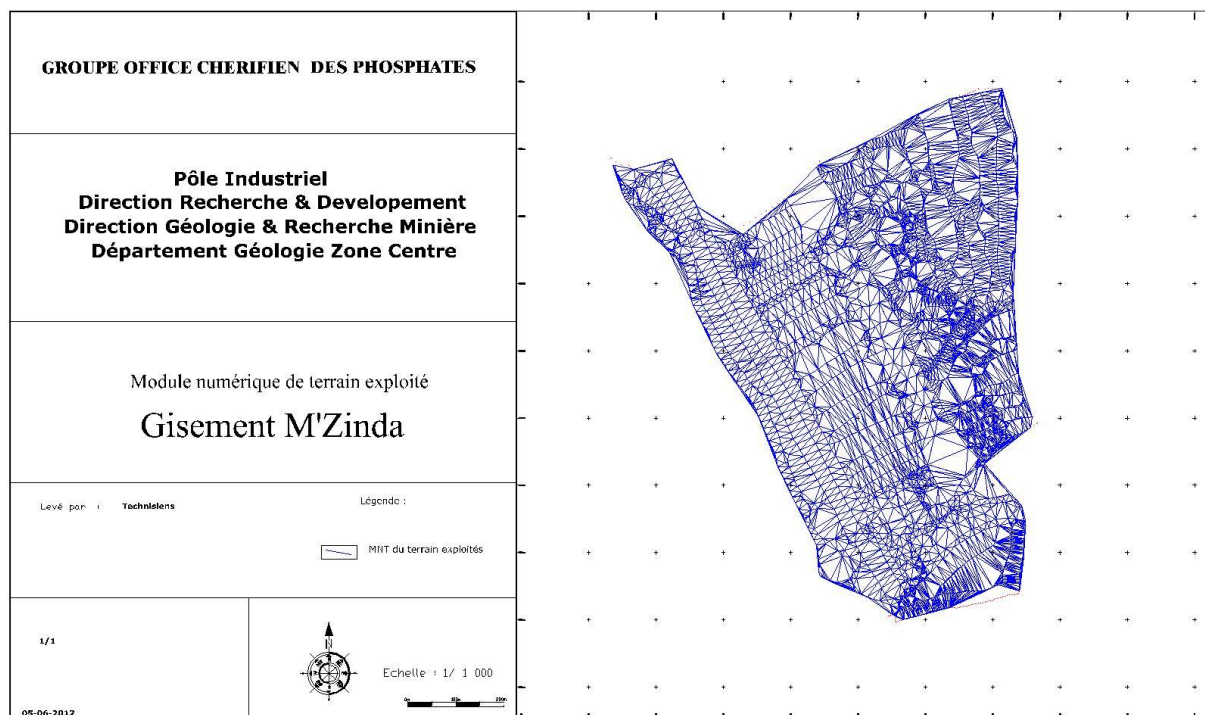
### I- Procédure du travail :

Pour réaliser la réhabilitation il faut d'abord faire le levé de la zone avant exploitation et le levé pendant l'exploitation, on superpose les deux cartes des deux levés pour calculer le volume à déblayer et à remblayer et pour faire ceci on a réalisé les levés de terrain par GPS qui enregistre les points pour former des coupes géologique qui nous donne enfin le plan cote de la zone.

- Levé de terrain :

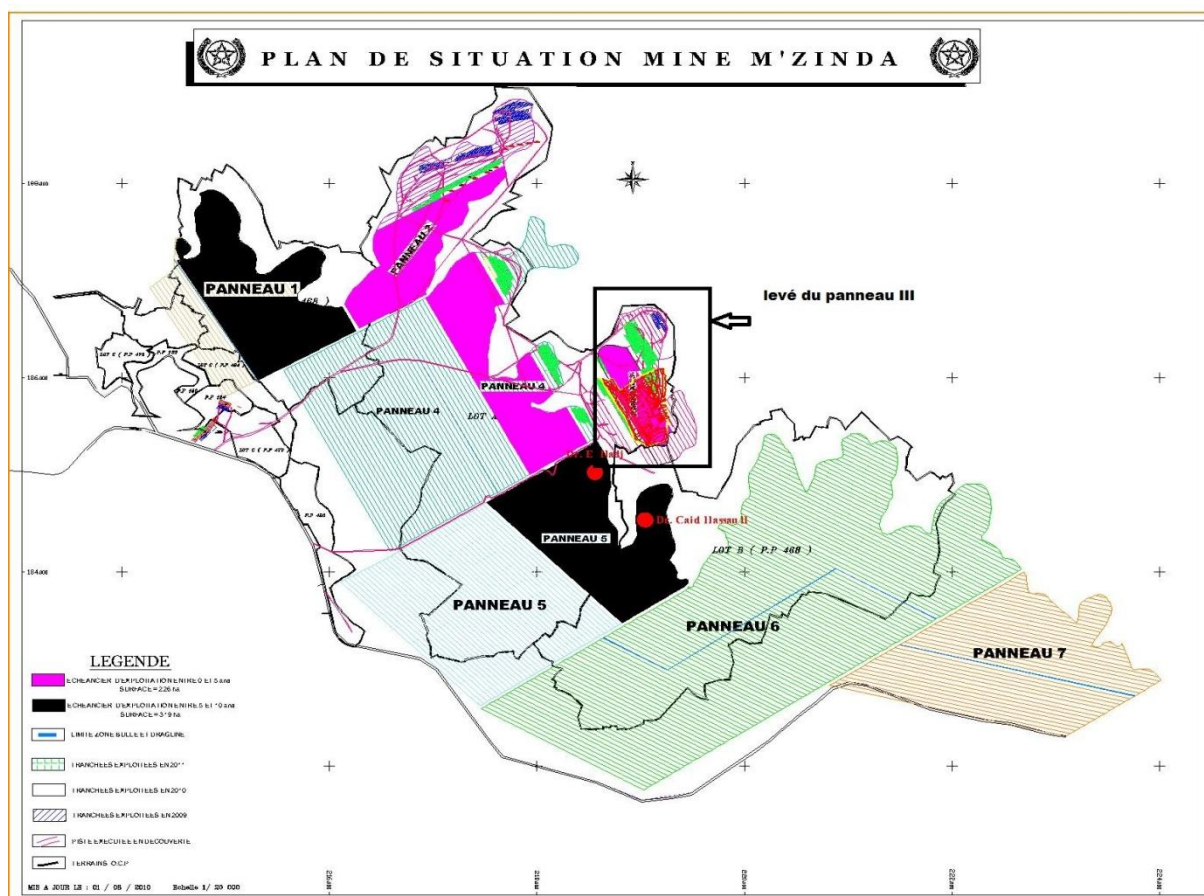
Ce levé consiste la réalisation d'un Modèle numérique du terrain (MNT), l'objectif de ce modèle est la comparaison entre le MNT initial (terrain naturel) et le MNT final (issu de l'exploitation).

La carte ci après montre le levé du modèle numérique du terrain final de la zone d'étude :



**Figure13 : carte en 3D du modèle numérique du terrain exploité.**

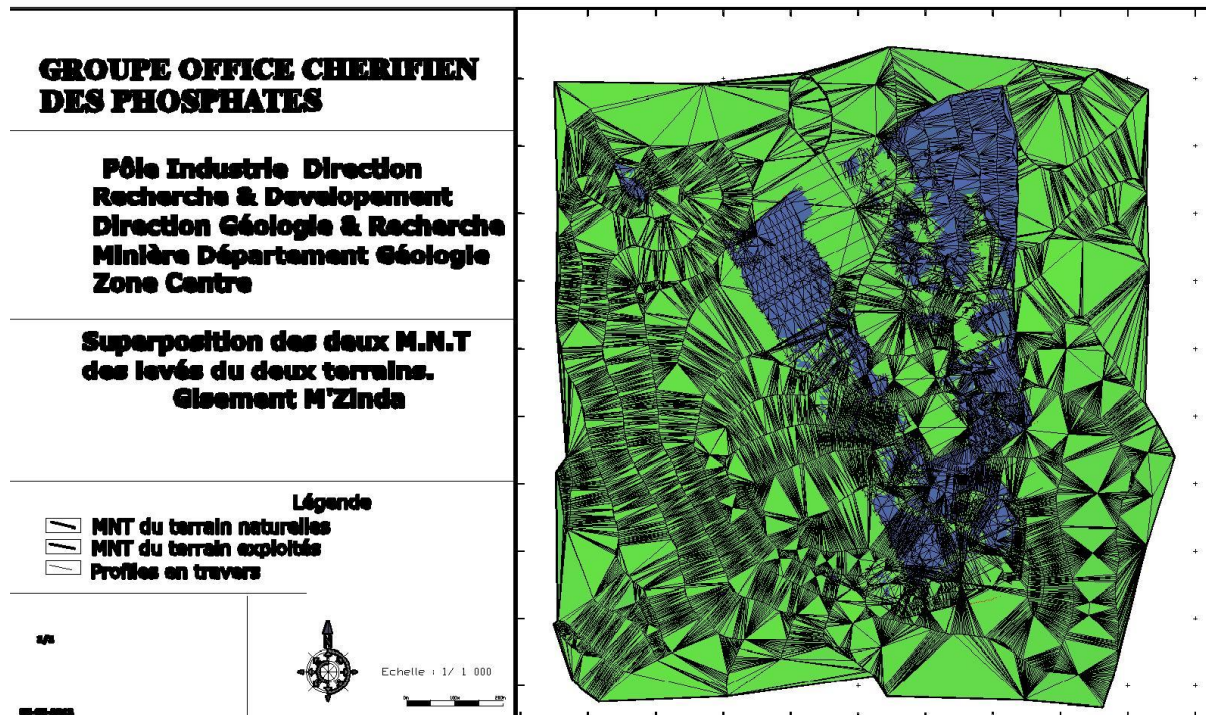
La carte ci après montre la situation géographique de la zone d'étude avec la localisation des limite du MNT final.



**Figure14 : carte de superposition du levé exploité sur le panneau III**

- Superposition des deux MNTs

Sur la figure ci-après, nous donnons une présentation 3D (faite sur le logiciel CovaDis) donnant la superposition des deux MNTs.



**Figure15 : carte de superposition des deux M.N.T des terrains naturels et exploités.**

- Remise en état de la zone d'étude

Pour la remise en état de notre zone d'étude, nous avons choisi un plan de référence, le choix de ce dernier dépend des paramètres suivants :

- L'optimisation des volumes à déblayer et les volumes à remblayer
- Etre le plus proche possible de la surface naturelle

Le tableau ci dessous montre le volume à déblayer et à remblayer :

**Tableau2 : calcul de volume à déblai et à remblai par profile  
entre 2 M.N.T**

Volume total de <b>déblai</b> pour passer du MNT 1 au MNT 2 (m <sup>3</sup> )	<b>59432,85</b>
Volume total de <b>remblai</b> pour passer du MNT 1 au MNT 2 (m <sup>3</sup> )	<b>292283,37</b>

Profil n°	Abscisse (m)	Long. Appli (m)	DEBLAIS			REMBLAIS		
			Surface (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Cumul (m <sup>3</sup> )	Surface (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Cumul (m <sup>3</sup> )
P1	0,00	12,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P2	25,00	25,00	0,00	0,00	0,00	55,44	1385,92	1385,92
P3	50,00	25,00	0,00	0,00	0,00	69,76	1744,11	3130,03
P4	75,00	25,00	13,79	344,79	344,79	2,74	68,59	3198,62
P5	100,00	25,00	63,15	1578,69	1923,48	2,69	67,24	3265,86
P6	125,00	25,00	76,73	1918,26	3841,74	2,79	69,78	3335,64
P7	150,00	25,00	69,71	1742,81	5584,55	5,00	124,90	3460,55
P8	175,00	25,00	60,45	1511,25	7095,80	2,19	54,69	3515,24
P9	200,00	25,00	132,12	3303,01	10398,81	0,60	15,06	3530,30
P10	225,00	25,00	363,03	9075,85	19474,66	4,59	114,71	3645,01
P11	250,00	25,00	170,03	4250,85	23725,51	268,36	6709,12	10354,13
P12	275,00	25,00	156,39	3909,68	27635,19	521,20	13030,05	23384,18
P13	300,00	25,00	91,71	2292,65	29927,84	520,41	13010,24	36394,42
P14	325,00	25,00	51,75	1293,78	31221,62	539,52	13487,88	49882,30
P15	350,00	25,00	19,62	490,43	31712,05	575,95	14398,78	64281,08
P16	375,00	25,00	41,16	1028,90	32740,95	655,35	16383,75	80664,83
P17	400,00	25,00	22,34	558,50	33299,45	625,00	15624,91	96289,73
P18	425,00	25,00	116,24	2905,91	36205,36	459,73	11493,20	107782,93
P19	450,00	25,00	37,94	948,52	37153,88	573,49	14337,21	122120,14
P20	475,00	25,00	41,70	1042,38	38196,26	602,63	15065,78	137185,92
P21	500,00	25,00	85,96	2149,01	40345,27	678,81	16970,35	154156,27
P22	525,00	25,00	83,94	2098,57	42443,84	775,62	19390,38	173546,65
P23	550,00	25,00	125,78	3144,47	45588,31	847,77	21194,27	194740,92
P24	575,00	25,00	88,95	2223,67	47811,98	923,21	23080,31	217821,23
P25	600,00	25,00	86,60	2165,12	49977,10	965,43	24135,64	241956,87
P26	625,00	25,00	87,84	2196,00	52173,10	801,17	20029,16	261986,03
P27	650,00	25,00	141,56	3538,92	55712,02	361,32	9032,96	271018,99
P28	675,00	25,00	148,83	3720,84	59432,85	326,86	8171,48	279190,47
P29	700,00	25,00	0,00	0,00	59432,85	523,72	13092,89	292283,37
P30	725,00	13,52	0,00	0,00	59432,85	0,00	0,00	292283,37
P31	727,05	1,02	0,00	0,00	59432,85	0,00	0,00	292283,37

On illustre le tableau ci dessus par les coupes transversales des profiles en travers suivantes :











**Figure16 : les profils en travers mesurés en terrains.**

Détail d'un profil en travers :

Dans ce profil en travers on remarque le volume qu'il fallait déblayer et remblayer et les altitudes des deux Modules numériques des deux terrains.



Notre projet de réhabilitation consiste en la remise en état initial de la zone en plus de transformer la zone en une zone cultivable en utilisant la terre végétale issues des autres panneaux d'exploitation.

La valeur de la terre peut être mesurée en termes économiques, sociaux ou écologiques. La terre peut être exploitée puis remise efficacement en état pour l'agriculture, la foresterie, la conservation du milieu naturel ou encore des usages urbains ou industriels c'est pour cette raison et pour un bon environnement et basant sur les types des impacts on a décidé dans notre projet de faire l'implantation des arbres et des arbustes comme ça on ne perd pas la terre végétale.

Dans notre site d'étude, il nous reste encore deux tranchées à exploiter. Cette tranche ne contient pas de terre végétale suffisante pour la réhabilitation. Cette terre peut être récupérer des autres panneaux qui ne sont pas encore exploités, pour réaliser cela on a besoin d'un volume suffisant à celui du panneau III :

On a :  $\text{Volume}_{(\text{terre végétale})} = \text{surface}_{(\text{panneau})} * \text{puissance}_{(\text{terre végétale})}$ .

Suite à un entretien avec un biologiste, la puissance optimale pour l'implantation est de l'ordre de 40cm. Donc le volume que nous aurons besoin est de :

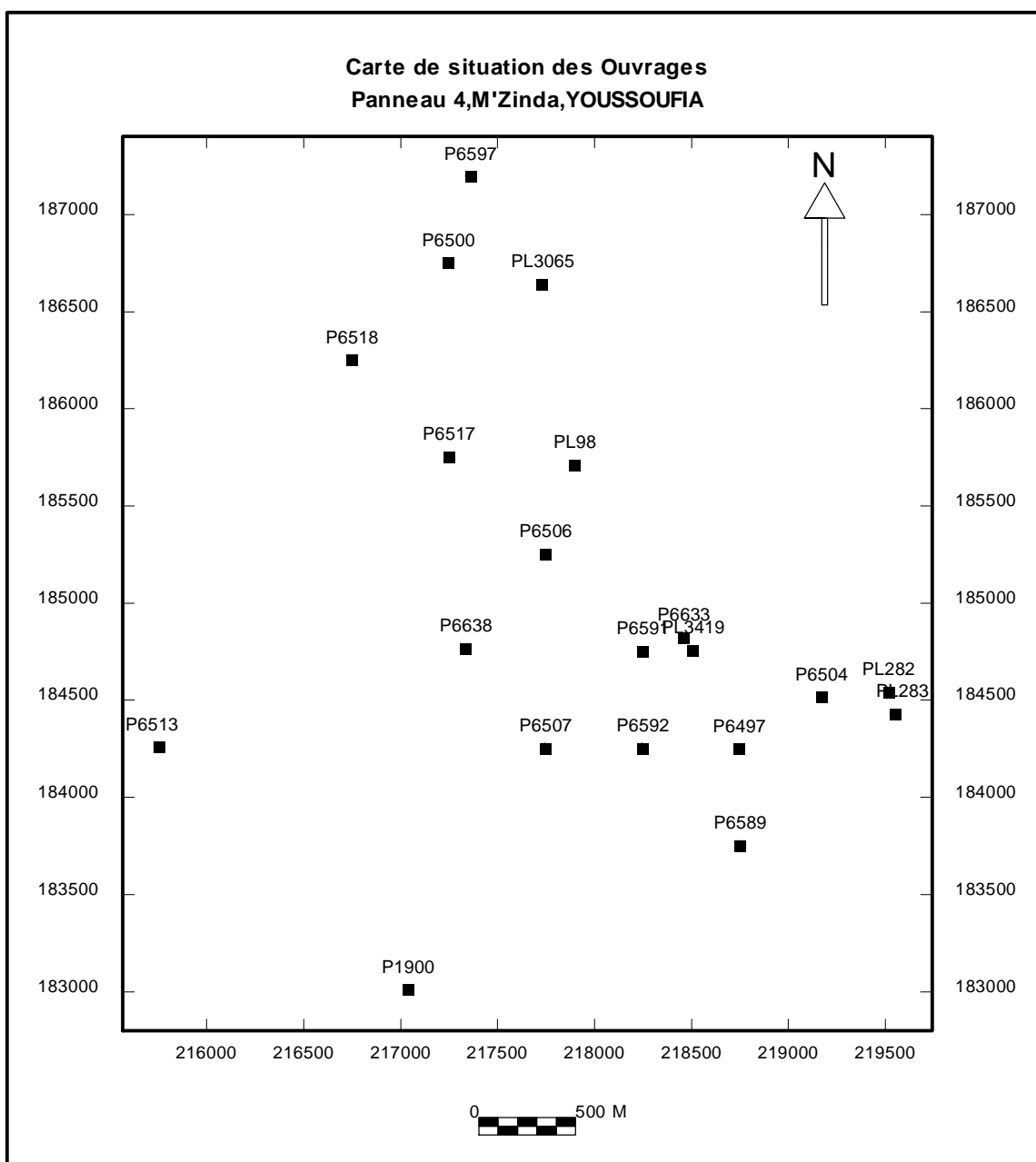
$$\begin{aligned}\text{Volume}_{(\text{terre végétale})} &= 84\,522,258(\text{m}^2) * 40\text{cm} \\ &= 33\,808,90 (\text{m}^3).\end{aligned}$$

Avec : la surface du panneau III est calculé par le logiciel Autocad.

Nous avons cherché le volume nécessaire pour couvrir la zone, du panneau IV non encore touché par l'exploitation. Pour ce faire on suit les étapes suivantes :

### 1. Situation des ouvrages :

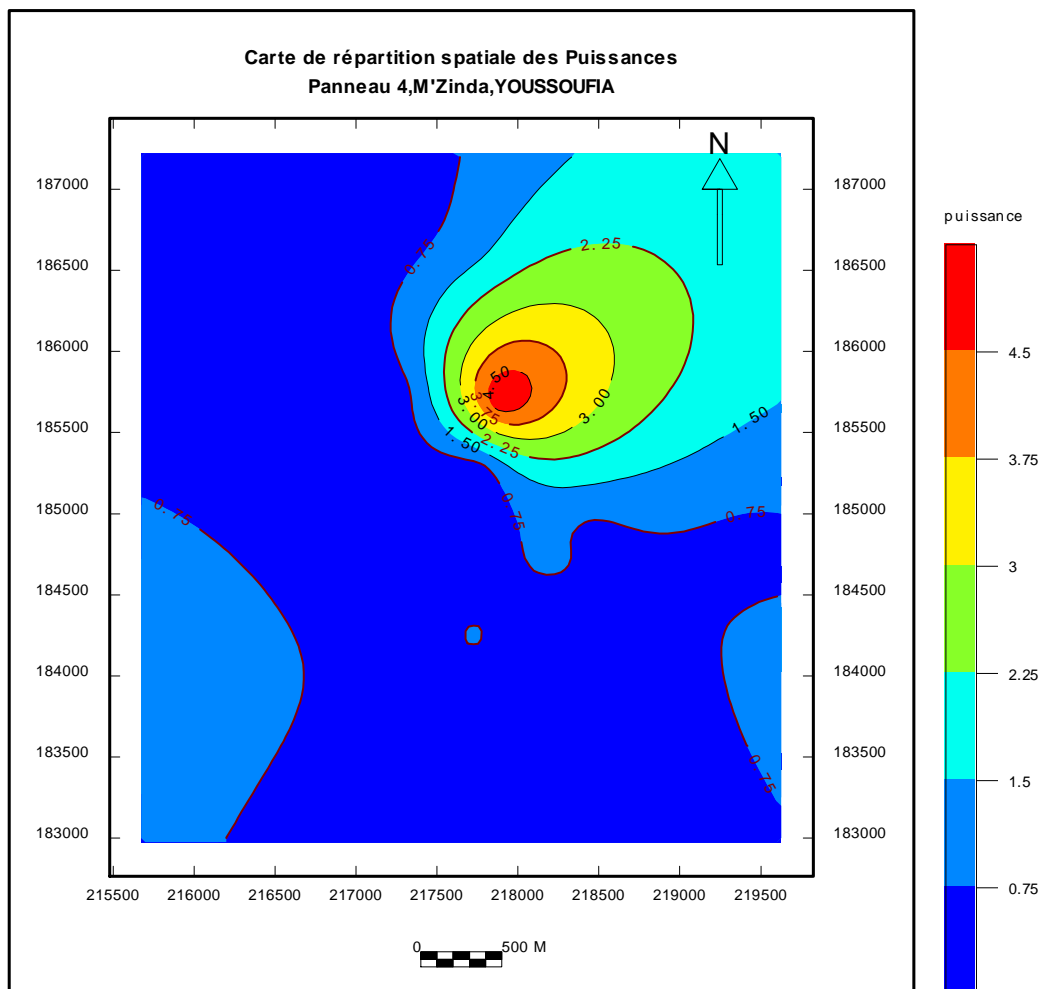
Nous avons cherché les ouvrages existant au panneau 4 sur GDM :



**Figure18 : Carte de situation des ouvrages.**

## 2. Carte de répartition spatiale de puissance :

Cette carte est établie pour mieux voir l'évolution des puissances



**Figure19 : carte de répartition spatiale des puissances des ouvrages.**

Nom étendu	Effectif	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart type
PUISSANCE TOTALE	1	0,1	5,4	0,72	0,12

Les puissances évoluent de 0,1m à 5,4m avec une moyenne de 0,72m et un écart-type de 0,12m.

Les puissances les plus élevées se situent au Nord-est du panneau correspondant aux niveaux de l'eau.

### **3. Estimation de la terre végétale :**

Le Volume estimé via le logiciel GDM (Géological Data Management) est : 541 198 m<sup>3</sup>.

Le volume de la terre végétale au panneau IV (541198) est supérieure à celui du panneau III (33809) donc le volume disponible est plus que suffisant.

Mais, En raison de l'exploitation existant encore dans la zone dans les deux tranchées 19 et 20 nous n'avons pas pu généraliser le projet réhabilitation sur tout le panneau III.

### **III- Evaluation économique :**

Pour tout projet de réhabilitation il faut d'abord faire l'estimation du prix du travail. Dans notre cas et pour réhabiliter le panneau III on a besoin de connaitre combien de temps faudra t-il pour réaliser cette opération. Mais également le coût de la réhabilitation.

Pour le déblai et le remblai du terrain la machine utilisé dans notre zone exploités c'est la bull-Dozer D11, le taux ou le coût de facturation de cette bulls est de 1083,74DH par heure, et un travail de 100m<sup>3</sup> par heure.

#### **Déblai d'un volume de 59 432:**

On sait que le travail de la bulls duré 8h par jour :

$$\begin{aligned} \text{On a} \quad 1\text{H} &\longrightarrow 100 \text{ m}^3 \\ 1\text{H} &\longrightarrow 1\,083 \text{ DH.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Donc:} \quad 8\text{h} &\longrightarrow 800 \text{ m}^3 \longrightarrow 8\,670\text{DH} \\ 594 \text{ h} &\longrightarrow 59\,432 \text{ m}^3 \longrightarrow 644\,098\text{DH.} \end{aligned}$$

#### **Remblai d'un volume de 29 2283:**

$$\begin{aligned} 8\text{h} &\longrightarrow 800 \text{ m}^3 \longrightarrow 8\,670\text{DH} \\ 2\,922 \text{ h} &\longrightarrow 292\,283 \text{ m}^3 \longrightarrow 3\,167\,596\text{DH.} \end{aligned}$$



**Le coût du transport de la terre végétale :**

Les camions transportent environ 60 t.

**Tableau3 : les densité moyennes des marnes, silex et calcaire**

	Ni	di
Marne	8	2,3
Silex	2	2,8
Calcaire	2	2,5

Densité moyenne : 2,3.

Calcule de tonnage : densité \* volume :

$$= 2,3 * 33\ 809$$

$$= \mathbf{77\ 761\ T}$$

Les camions du chantier transportent 60 T par trajet donc pour 77 761 T ils vont faire **1296 trajets**.

On a entre le panneau III et le panneau IV une distance de 3,5 km

Donc le kilométrage pour la quantité de 77 761 T est :  $7 * 1\ 296 = \mathbf{9\ 072\ Km}$ .

On sait que les camions travaillent :  $60\ Km \implies 1h$ .

$$9\ 072\ Km \implies \mathbf{151h}$$

Le coût du travaille par heur est de 138DH :

$$1h \implies 138\ DH$$

$$\mathbf{151h \implies 20\ 838DH}$$

**Le coût de remblayage de la terre végétale :**

$$1h \implies 100m^3 \implies 1\ 083\ DH$$

$$\mathbf{338h \implies 33\ 809\ m^3 \implies 366\ 151\ DH}$$

---

**Coût total du projet** = cout de déblayage + cout de remblayage+ cout de transport +  
cout de remblayage de terre végétale.  
= 644 098 + 3 167 596 + 366 151 + 20 838  
**= 4 198 683 DH.**

Une fois le travail est réalisé, nous proposons deux types de culture à adapter :

- Les céréales ;
- Les arbustes (olivier).

Ces types de culture existent déjà dans la région ce qui rassurera la persistance de ces plantes puisqu'il s'agit des mêmes conditions climatiques.

**Estimation totale du temps** : le temps du déblayage + le temps du remblayage+ le  
temps de transport de la terre végétale + le  
remblayage de la terre végétale :  
= 594 + 2 922 + 338 + 151  
**= 4 005 H soit 25 mois.**

Donc l'estimation du temps total de notre projet c'est 2 années et 1 mois juste pour la partie étudiée.

## Conclusion générale:

La méthodologie rigoureuse qu'on a suivie pour élaborer ce travail, inscrit dans le cadre de la réhabilitation du panneau III de la mine du M'Zinda, nous a permis de tirer les conclusions suivantes :

-L'impact de l'exploitation minière dans le panneau III n'affluence pas beaucoup l'environnement, le seul problème qui dérange c'est la déformation des reliefs sur tout que les rejets sont stable chimiquement (calcaire, argile, marne ...).

- la réhabilitation de ce panneau aura un effet positif, car à l'état initial la zone était pratiquement stérile et si le projet est réalisé nous auront une zone fertile.

- Après chaque exploitation et pour protéger notre environnement il faut intégrer le processus de réhabilitation dans les études de faisabilité d'exploitation, ce processus ne prendre pas plus de 10% du budget global de l'exploitation.

## Références bibliographiques :

1. Y.DAAFI. (2010)-*Rapport Géologique du M'Zinda N° 460.*
2. D. AKRIM et L. NAJIBI. (1998)-*Note de fin des travaux plans cote du futur panneau de la recette 6, (Rapport N° 164)*
3. E.JOURANI. (1994)-*Caractère généraux des bassins des Gantour : synthèse bibliographique, (Rapport N° 391).*
4. A. BOUJO. (1972)-*Contribution à l'étude géologique du gisement de phosphate des Gantour (Maroc occidental) : en thèse de doctorat en sciences naturelles*

## Les sites utilisés :

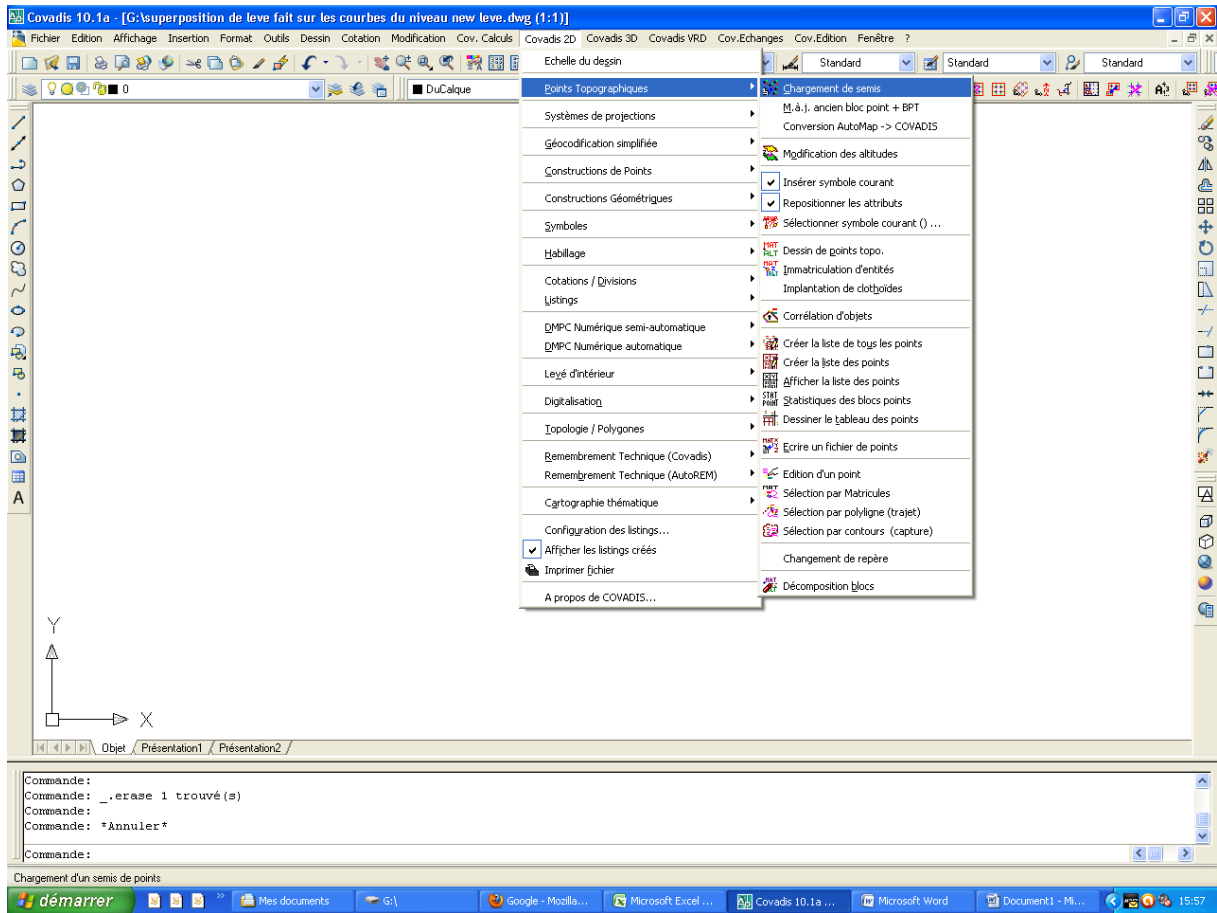
<http://www.wikimapia.org>.

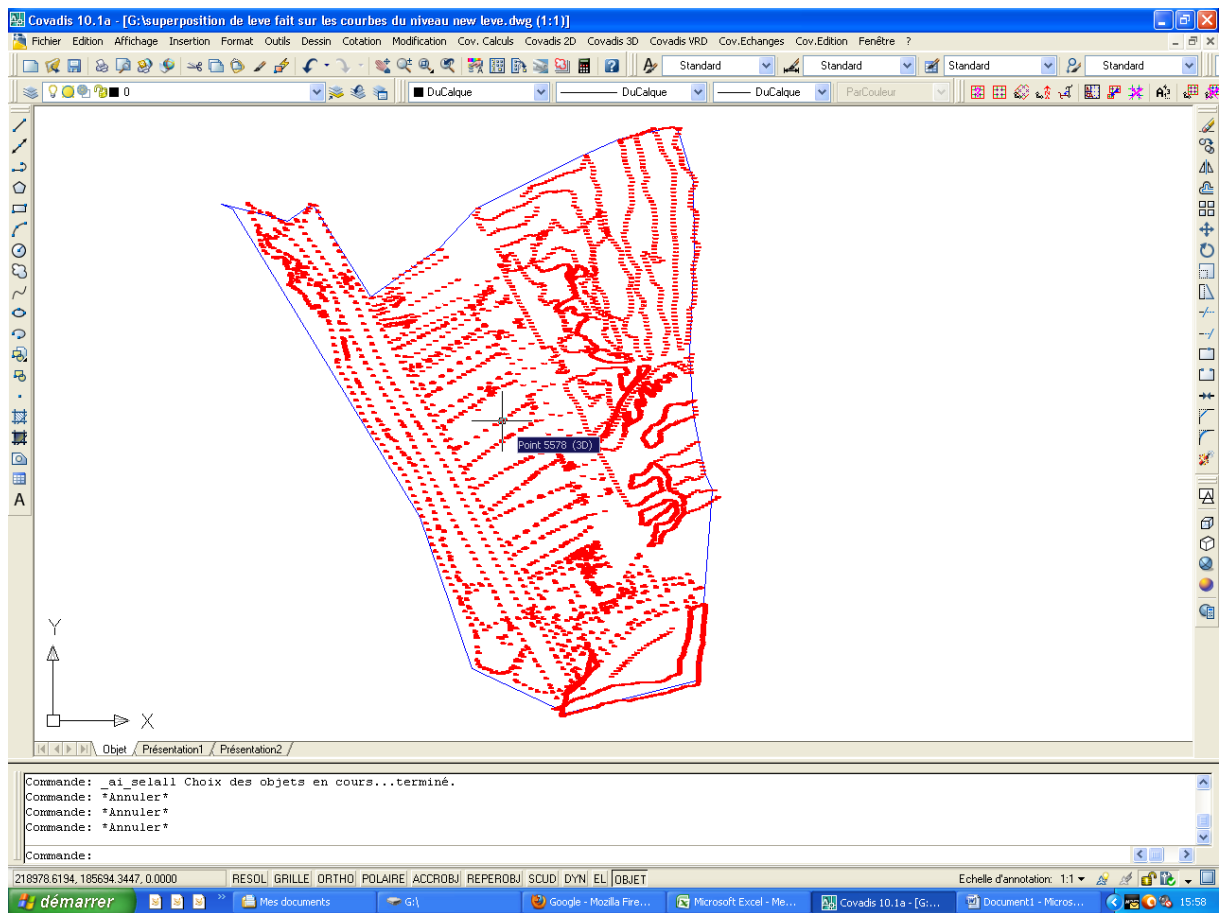
<https://maps.google.com/>.(Imagerie@2012/spotimage.Gueye.Donné cartographique2012/05/19-Google Maps).

## Annexes :

Pour réaliser les cartes des M.N.T et calculer les volumes (déblais et remblais) : On a travaillé à l'aide de logiciel : Autocad- Covadis, les étapes de réalisation sont résumées ci-après :

-La première étape c'est de vider les GPS des points qu'on a levé puis on le changer à un fichier Txt et on les charger sur Autocad :

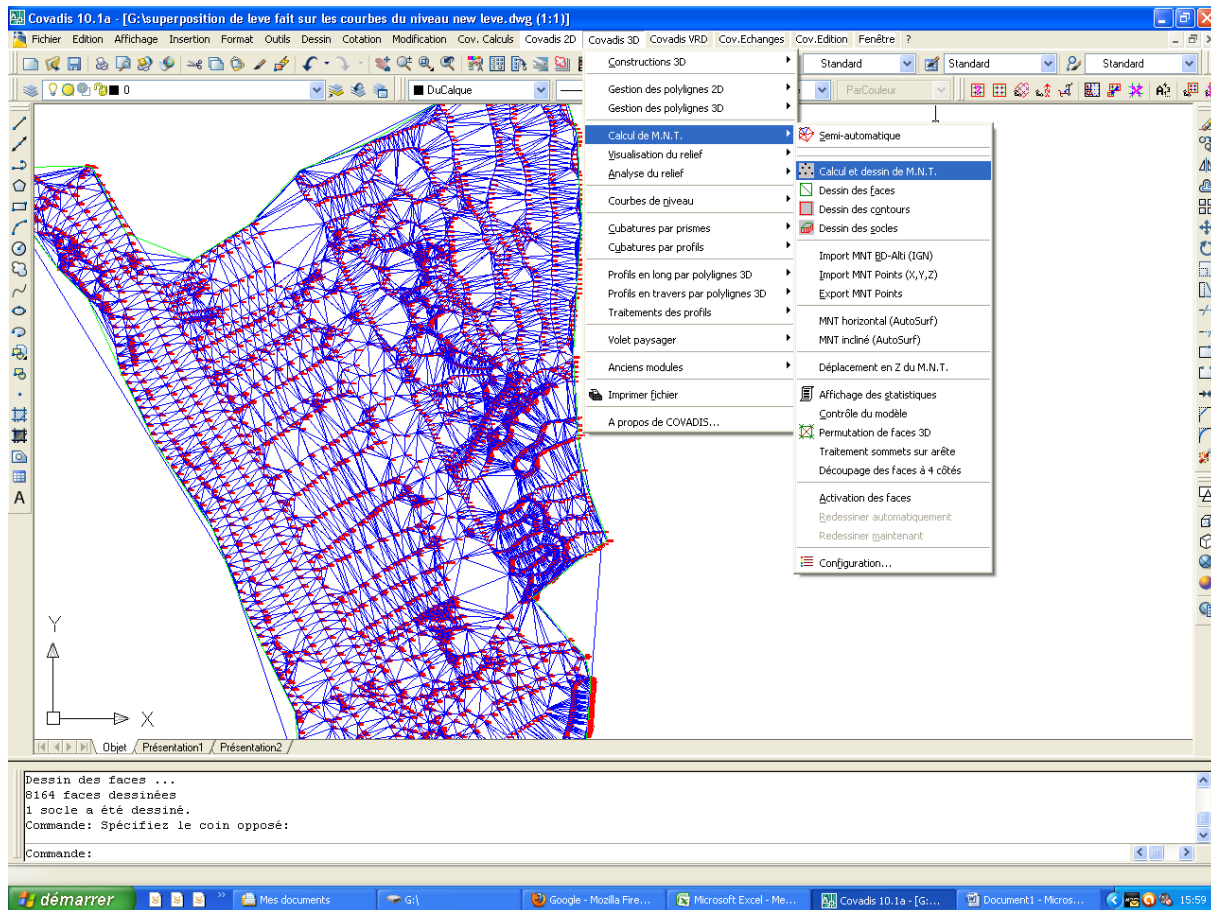




1 - Covadis2D  $\iff$  points topographique  $\iff$  chargement de semis.

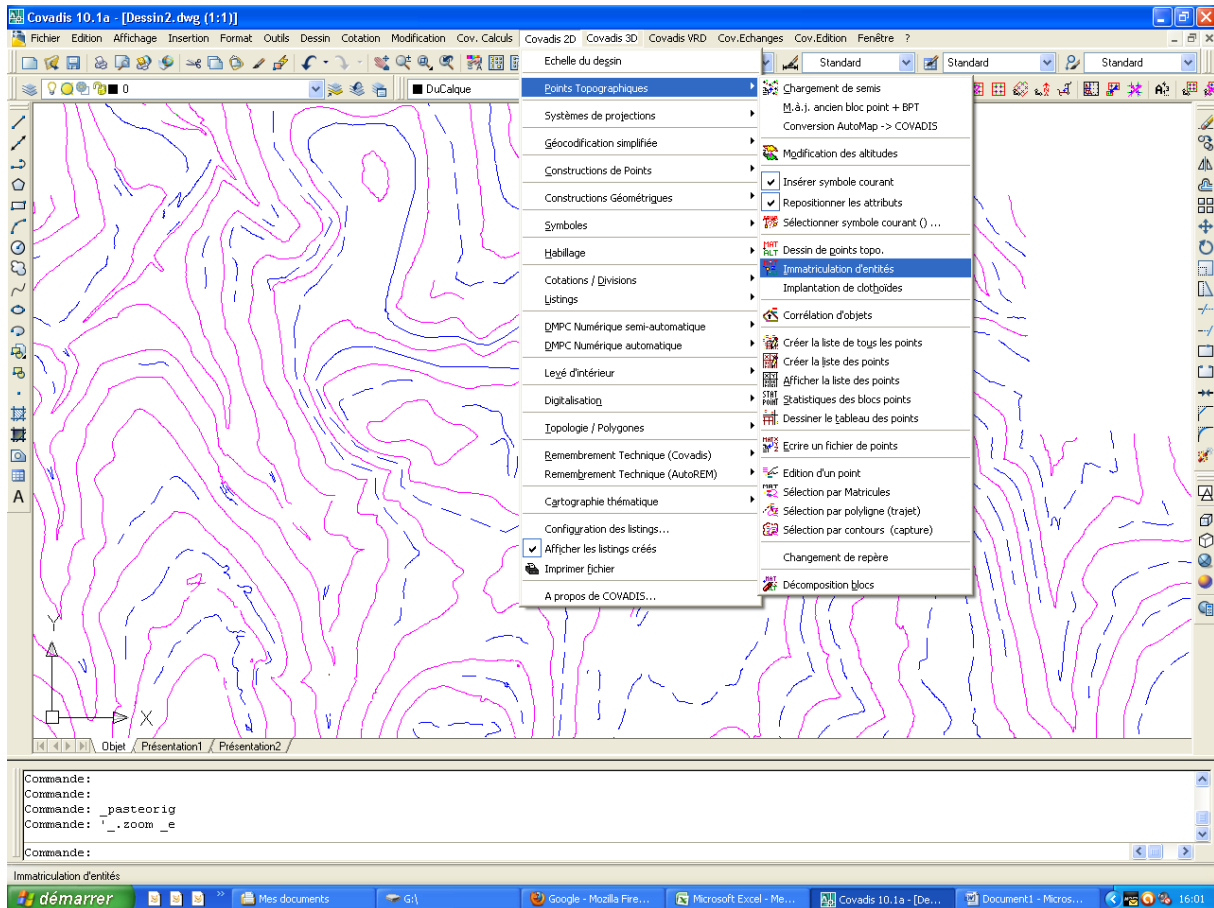


-La deuxième étape c'est de calculer le module numérique du terrain :



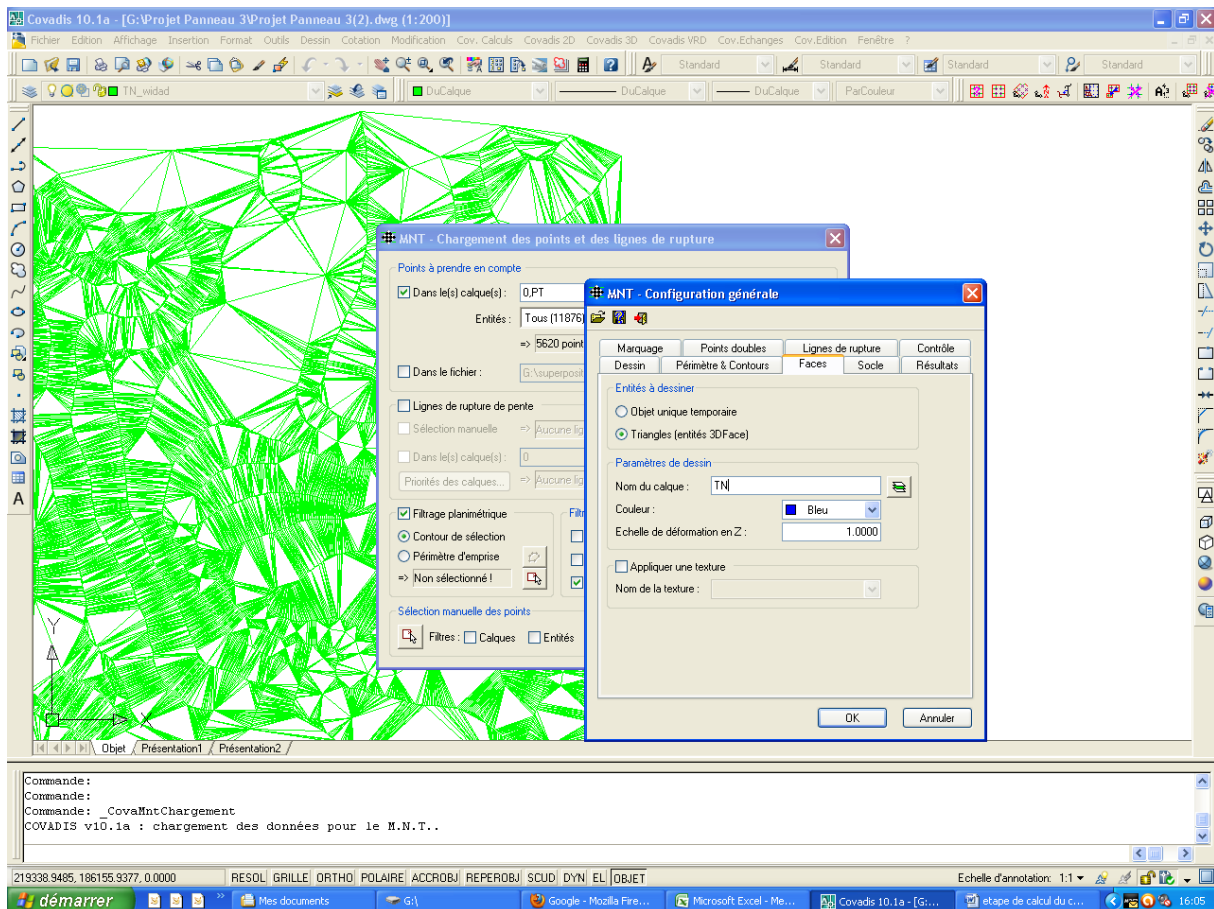
2 - Covadis3D  $\implies$  calcule M.N.T  $\implies$  calcule et dessin M.N.T.

-La troisième étape c'est de l'immatriculation d'entités



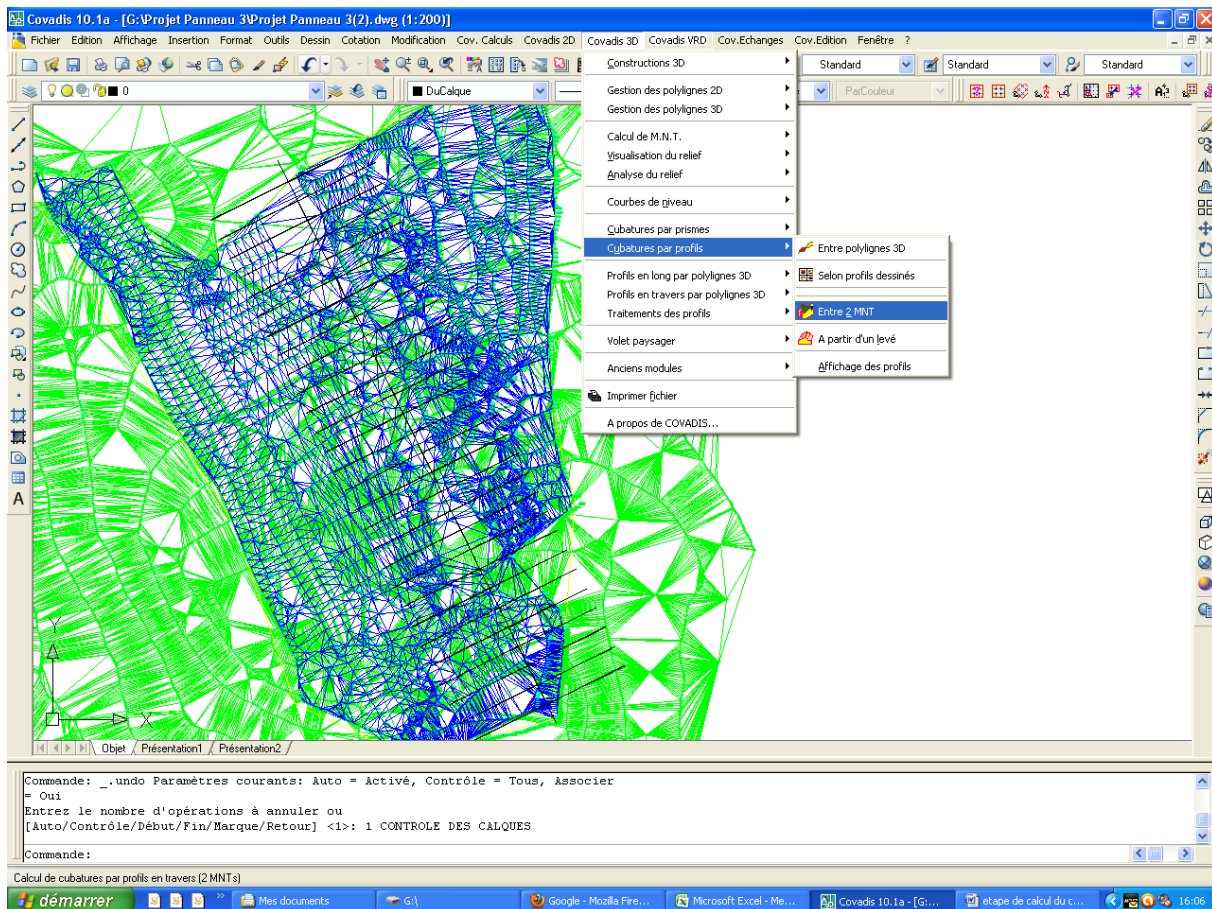
3 - Covadis2D  $\Rightarrow$  Points topographique  $\Rightarrow$  immatriculation d'entités.

-La quatrième étape c'est de faire les configurations nécessaires et nommer le projet :



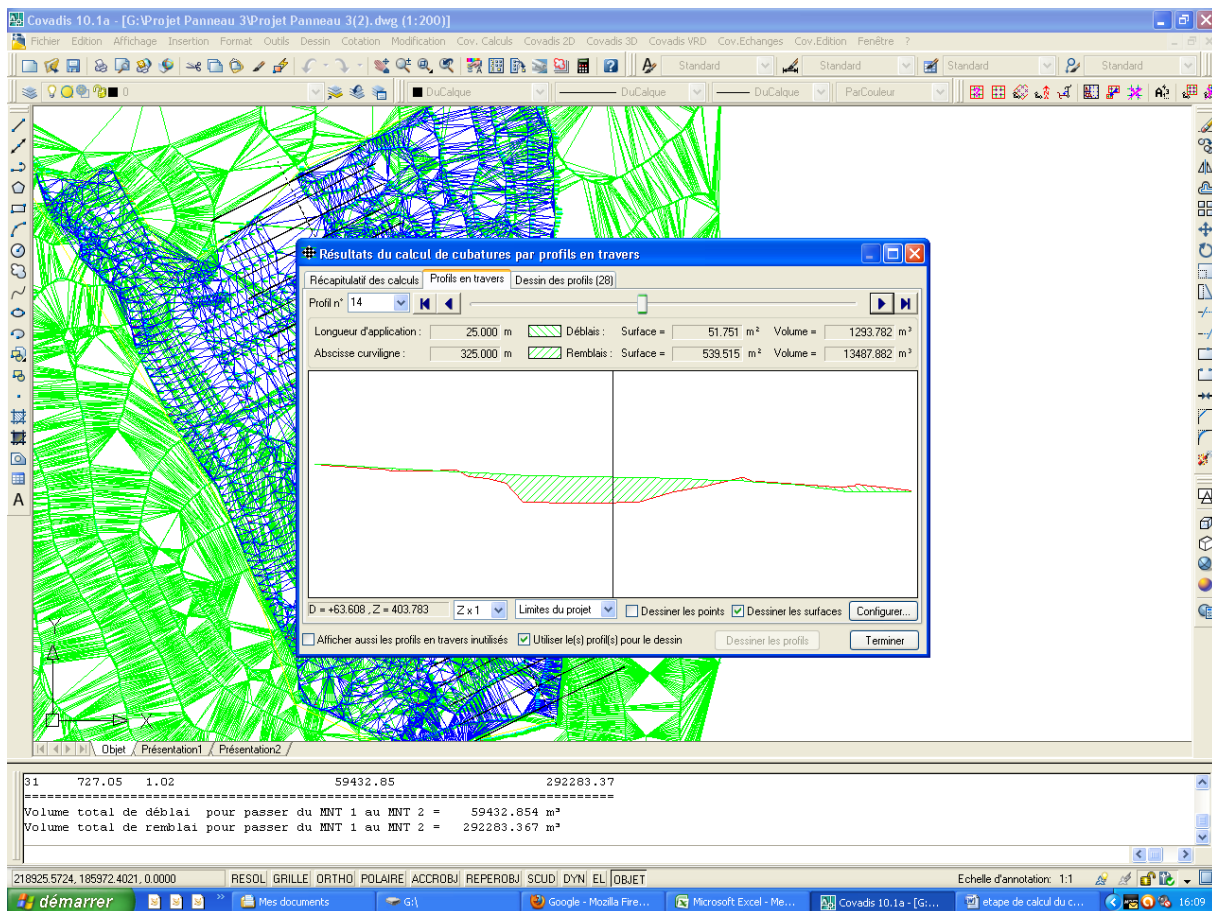
4 - Cov édition  $\implies$  calcul M.N.T  $\implies$  bloc  $\implies$  échelle.

-La cinquième étape c'est le calcul de M.N.T entre les deux terrains :



**5 - Covadis3D**  $\implies$  cubature des profils  $\implies$  entre 2 M.N.T

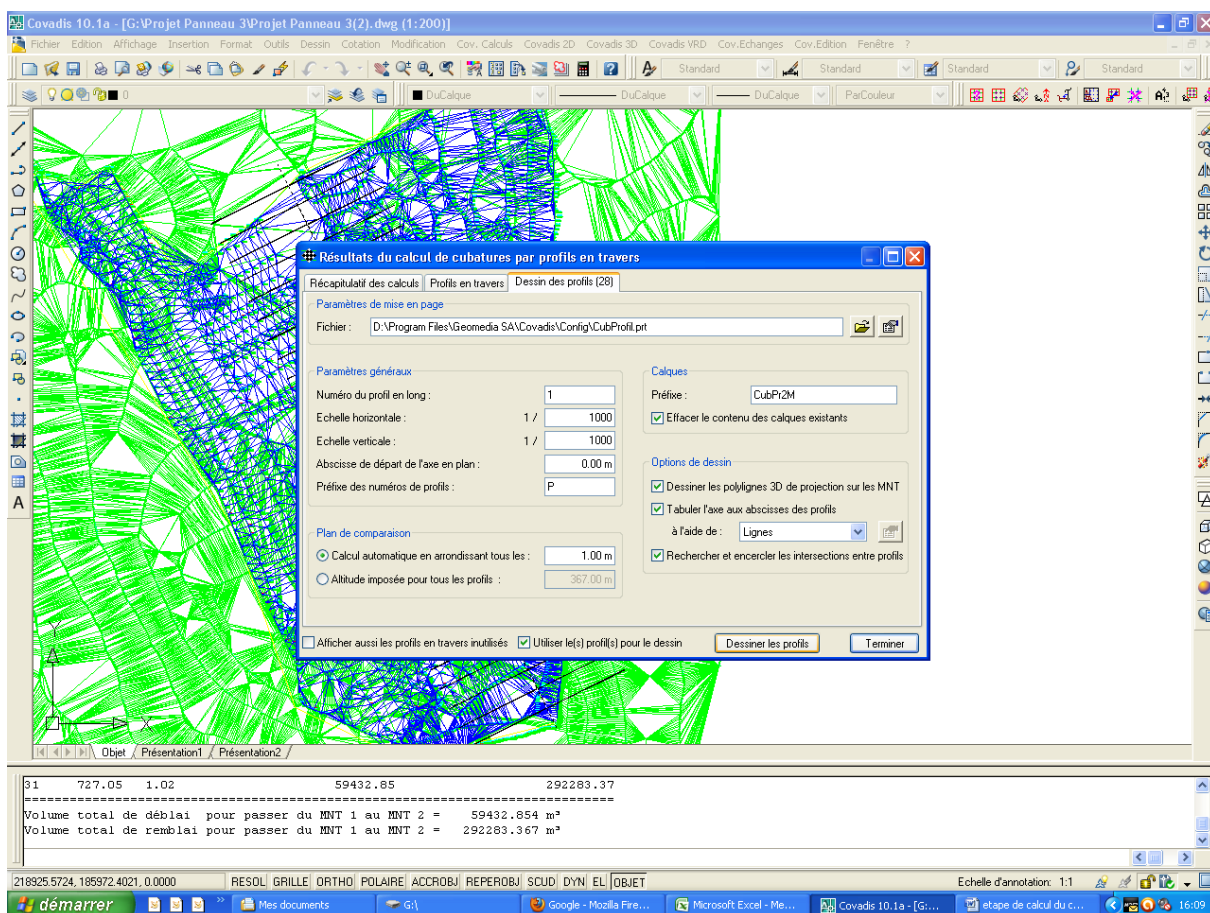
-Résultats du calcul de cubatures par profils en travers :



6 - Covadis3D  $\Rightarrow$  cubature des profils  $\Rightarrow$  entre 2 M.N.T  $\Rightarrow$  profil en travers.



Pour le dessin des profils en travers sur la page d'Autocad en fait :



6 -Covadis3D  $\iff$  cubature des profils  $\iff$  entre 2 M.N.T  $\iff$  dessiner les profils.