N°: G.M/……/2022

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République algérienne démocratique et populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

جامعة العربي التبسي – تبسة

Université Larbi Tebessi – Tébessa

معهد المناجم

Institut des mines

قسم المناجم والجيوتكنولوجيا

Département des mines et de la géotechnologie

MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention d'un diplôme de Master académique

Filière : Génie minier

Option : Exploitation minière

Condition d'exploitation du gisement de sable Djimijema EST-Zone3-

Présenté et soutenu par

MESSAI Bachir

Devant le jury:

		Grade	Etablissement
Président :	**MERAH Chafia**	MCB	Université Larbi Tebessi - Tébessa
Encadreur :	**SAADAOUI Salah**	MMA	Université Larbi Tebessi - Tébessa
Examinateurs :	**DEBBOUZ Mokhtar**	MAA	Université Larbi Tebessi – Tébessa
Examinateurs :	**GADRI Larbi**	Pr.	Université Larbi Tebessi – Tébessa

Promotion 2021-2022

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique
Université Larbi Tebessi – Tébessa
Institut des Mines
Département des Mines et de Géotechnologie

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
جامعة العربي التبسي – تبسة
معهد المناجم
قسم المناجم و الجيوتكنولوجيا

Année universitaire : 2021-2022 Tébessa le :

Lettre de soutenabilité

Nom et prénom d'étudiant :

1 – MESSAI Bachir

Niveau : **2ème année Master** Option : Exploitation minière

Thème : condition d'exploitation du gisement de sable Djimijema Est-zone3-

Nom et prénom de l'encadreur : SAADAOUI Salah

Chapitres réalisés	Signature de l'encadreur
Introduction	
Chapitre Ⅰ : Géologie régionale et locale	
Chapitre Ⅱ : Généralités sur les sables	
Chapitre Ⅲ : Partie spéciale	
Conclusion générale	
Bibliographie	
Annexes	

Dédicace

A ma chère mère...

A l'âme de mon père...

A mes frères...

A toute ma famille...

A tous ceux qui m'est chers...

Tous mes amis...

Je lui dédie le fruit de mes 17 années d'études.

Remerciement

Tout d'abord, je tiens à remercier **ALLAH**, mon créateur, le tout puissant de m'avoir donné la santé, le courage, la patience et la force nécessaire pour achever ce travail.

Un grand merci particulièrement à mon encadreur de mémoire **Dr. SAADAOUI Salah**, Je le remercie de m'avoir proposé ce sujet, de m'avoir encadré et de m'avoir consacré une grande partie de son précieux temps pour la réalisation de ce travail. Merci pour vos orientations enrichissantes, rigoureuses et vos conseils constructifs.

Un grand merci aux membres de jury qui ont accepté d'examiner ce travail, qui m'a fait l'honneur d'avoir accepté de présider le jury de soutenance.

Je profite de l'occasion pour remercie. Toute la direction de l'entreprise **Somiphos.**

Je voudrais remercier chaleureusement Tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin

Enfin, je présente toute mes gratitudes à tous les membres de ma famille, **MAMAN, RAOUF, NADHIR.**

RESUME :

Le gisement de la zone trois de Djemi-djema est encore non exploitée alors qu'une potentielle en ressource de sable y se trouve. Apres avoir consulté les données préexistantes qui sont les cartes géologiques de la zone d'étude, des études de prospection ont été réalisées.

L'objectif a été de recueillir l'ensemble des informations lors des sondages, notamment sur la reconnaissance géologique à partir des échantillonnages.

L'utilisation du logiciel Surpac nous a permis de faire le traitement de données et la modélisation en 3D ainsi qu'en déduire l'estimation de réserve de sable de 108 millions de tonnes dans ce gisement, Cette grande quantité de sable contient un très important pourcentage de silice, jusqu'à 97%

Sur la base des résultats obtenus, une méthode d'exploitation appropriée a été suggérée pour ce cas

Mots clés : sable, sondage, Surpac, estimation, exploitation.

ABSTRACT :

The deposit of zone three of Djemi-djema is still not exploited while a potential sand resource is there. After having consulted the pre-existing data which are the geological maps of the study area, prospecting studies were carried out.

The objective was to collect all the information during the drilling, in particular on the geological reconnaissance from the samples.

The use of Surpac software allowed us to process data and 3D modeling as well as deduce the sand reserve estimate of 108 millions tonnes in this deposit. This large quantity of sand contains a very significant percentage of silica, up to 97%

Based on the obtained results, a suitable mining method was suggested for this case.

Keywords : sand, drilling, Surpac, estimation, exploitation.

ملخص:

لم يتم استغلال رواسب المنطقة الثالثة بـ "جميجمة" حتى الآن بينما يوجد مورد رملي محتمل هناك. بعد الاطلاع على البيانات الموجودة مسبقًا وهي الخرائط الجيولوجية لمنطقة **الدراسة**، تم إجراء الدراسات الاستكشافية.

كان الهدف هو جمع كل المعلومات أثناء **الحفر**، لا سيما الاستطلاع الجيولوجي من العينات.

سمح لنا استخدام برنامج Surpac بمعالجة البيانات والنمذجة ثلاثية الأبعاد وكذلك استنتاج تقدير احتياطي الرمال البالغ 108 مليون طن في هذا الإيداع. تحتوي هذه الكمية الكبيرة من الرمال على نسبة كبيرة جدًا من السيليكا تصل إلى 97٪

بناءً على النتائج التي تم الحصول عليها، تم اقتراح طريقة **لستغلال** مناسبة لهذه الحالة.

الكلمات المفتاحية: الرمل، الحفر، Surpac، التقدير، **الاستغلال**.

Liste d'abréviations

CERAD : Centre d'étude et de recherche appliquées au développement

Somiphos : sociétés des mines de phosphate.

ES : Equivalent de sable

SiO_2: silice

Lpt : Largeur de la plateforme de travail

Lf : largeur des Fronts

Rc : le rayon de creusement à l'excavateur

Rch : rendement de chargeuse

Table des figures et tableaux

Liste des figures

Figure	Page
Figure .1. Carte de situation géographique de la région de bir-el-ater	4
Figure .2. Carte de la situation de tébessa	5
Figure .3. Carte de situation géographique et géologique des gisements de bir-el-ater	6
Figure .4. Colonne stratigraphique de la région de Djebel Onk	7
Figure .5. Situation géographique du gisement de phosphate de Djemi-djema	11
Figure .6. Carte topographique de Djemi-djema zone 3	12
Figure .7. Coupe stratigraphique - de Djemi-djema zone 3	13
Figure .8. Coupe stratigraphique G-G de Djemi-djema zone 3	13
Figure .9. Coupe stratigraphique K-K de Djemi-djema zone 3	14
Figure .1. Tous types du sable	17
Figure .1. Fenêtre d'ouverture de Surpac	30
Figure .2. Position des sondages dans le gisement de Djemi-djema	30
Figure .3. Fenêtre de Microsoft Access « Collar »	31
Figure .4. Fenêtre de Microsoft Access « géologie »	31
Figure .5. Fenêtre de Microsoft Access « Survey »	32
Figure .6. Fenêtre de Microsoft Access « assay »	32
Figure .7. Fenêtre Surpac « Exportation du fichier. Mdb du Microsoft Accès vers le Surpac »	33
Figure .8. L'implantation des sondages de prospection dans le logiciel Surpac.	33
Figure .9. Les planes des sections parallèles (string) du corps minéralisé.	34
Figure .10. Le mur et le toit de couche de sable.	34
Figure .11. Corps minéralisé	35
Figure .12. Projection de plan topographique sur le corps minéralisé	35
Figure .13. Les couches de zone 3 de DJEMI-DJEMA	36
Figure .14. Demande de rapport de volume de solide	36
Figure .15. Rapport de volume de sable	37
Figure .16. Comment prélever des échantillons	38
Figure .17. L'essai d'équivalent de sable	40
Figure .18. Le gisement de sable de Djemi-djema (zone3)	42
Figure .19. Mode d'ouverture Par tranchées extérieurs de groupe (1.2)	43
Figue .20. Plateforme de travail en terrains tendres	46
Figure .21. La carrière de sable de Djemi-djema (zone3)	51

Liste des tableaux

Tableau	Page
Tableau .1. Classification de sable selon la granulométrie	17
Tableau .1. Composantes chimiques de sable blanc brut	38
Tableau .2. Composantes chimiques de sable jaune brut	38
Tableau .3. Analyse granulométrique	39
Tableau .4. Les résultats de l'essai d'équivalent de sable	40
Tableau .5.: Tableau de classification la nature et qualité du sable.	41
Tableau .6. Angle de talus du gradin et du bord inexploitable	45
Tableau .7. Les différentes dimensions des éléments fondamentaux de la carrière.	49

Table des matières

Table des matières

Dédicace

Remercîment

Résumé

Table des figures

Table des tableaux

Table des matières ……

Introduction ……..1

Chapitre : Géologie régionale et locale

.1. Présentation de l'Entreprise ……3

.2. Géologie régionale ……..……3

.2.1. Situation géographique de BIR EL ATER ……3

.2.2. Situation géographique des gisements de Djebel El Onk ……..….4

.2.2. Stratigraphie ……..…6

.2.3. Climatologie ……10

.2.4. Température…….10

.2.5. Pluviométrie…….10

.2.6. Les vents…….10

.2.7. Tectonique ……..11

.3. Géologie locale……..11

.3.1. Cadre géologique de Le gisement de Djemi-Djema……11

.3.1.1. Cadre géographique……11

.3.2.2. Géologie du gisement Djemi-djema……..14

.3.2.3. Structure ……...15

Chapitre : Généralités sur les sables

Introduction ……..16

.1. Définition de sable…….……..17

.2. Origine du sable…….…….17

.3. Composition du sable…….……..18

.4. Minéraux du sable……..……18

.5. Classification des sables…….……..18

.6. Les diverses natures des sables……..…19

.7. Les différentes classes de sable……19

.7.1. Sable grossier……19

.7.2. Sable moyen…….20

.7.3. Sable fin…….……..20

.8. Les différents constituants du sable……..20

.8.1. Le silicium……20

.8.2. La silice (ou quartz SiO2) ……..20

.8.3. Les silicates……..20

.8.4. Les argiles……21

.8.5. Les carbonates……..……21

.9. Classifications des sables……21

.10. Les caractéristiques du sable et ses applications…….22

.10.1. Les caractéristiques du sable……..…22

.10.2. La courbe granulométrique……..22

.10.3. La forme du grain……..22

.10.4. Autres caractéristiques techniques…….23

.11. Les principales applications du sable……23

.11.1. Les bétons…….23

.11.2. Maçonnerie et mortiers……24

.11.3. Les mélanges bitumeux……....24

.11.4. L'industrie du verre…….…..…..25

.11.5. Utilisation : (Principales applications industrielles) ……..25

.11.6. Autres usages……..……25

.11.7. Autre utilisation du Sable…….……26

.12. Les familles des sables ……26

.12.1. Les sables roulés siliceux…….……26

.12.2. Les sables de concassage calcaires…….26

.12.3. Le sable de dune……..……26

Conclusion ……..…..28

Chapitre : Partie spéciale

Introduction…….29

.1. Estimation des réserves de sable de DJEMIDJEMA…….....29

.1.1. L'estimation quantitative à l'aide de logiciel SURPAC.…….29

.1.1.1. Présentation du logiciel « SURPAC » ……..……29

.1.1.2. Position de sondage de prospection dans la zone étudiée……..30

.1.1.3. Création de Base de données pour l'estimation……..…30

.1.1.4. Exportation des données sur SURPAC ……33

.1.1.5. Plantation des sondages……..…33

.1.1.6. Création des sections parallèles…….….34

.1.1.7. Modélisation de mur et de toit de couche de sable ……34

.1.1.8. Modélisation de corps minéralisé……...……35

.1.1.9. Présentation de tous les couches de zone 3……...……36

.1.1.10. Détermination de tonnage de sable à l'aide de Surpac……...36

.1.2. L'estimation qualitative ………37

.1.2.1. Fiche technique pour le sable du DJEMI-DJEMA…….37

.1.2.1.1. Analyses chimiques……38

.1.2.1.2. ANALYSES GRANULOMETRIQUES ……39

.1.3. Essai d'équivalent de sable (NF P 18-598) ……...…40

.1.3.1. Objet d'essai……40

.1.3.2. Les résultats et interprétation des résultats ……40

.1.3.3. Interprétation des résultats ……41

.2. Projection d'une exploitation à ciel ouvert……41

.2.1. Les paramètres géométriques de la carrière ……41

.2.2. Processus d'exploitation (méthode et mode d'ouverture) …..….42

.2.3. Principaux éléments du système d'exploitation choisie……..44

.2.3.1. La hauteur du gradin……44

.2.3.2. L'angle du talus des gradins……...44

.2.3.3. Caractéristiques des pistes……..…….45
.2.3.4. Largeur de la plate-forme de travail……..……45
.2.3.5. Angle d'inclinaison du talus du bord exploitable…….…47
.2.3.6. La production annuelle et la durai de vie de la carrière ……47
Conclusion ……..52
Conclusion générale…….53
Bibliographie……54
Annexes

Introduction

Introduction générale

Le terme sable est généralement utilisé pour désigner un mélange de grains meuble n'ayant aucune cohésion. Du point de vue géologique, le terme sable recouvre deux aspects : un aspect granulométrique (taille des grains) et un aspect minéralogique (nature minéralogique des grains). Une particule individuelle est appelée grain de sable.

L'exploitation du sable est l'une des industries les plus répandues dans le monde en raison de la forte demande pour ce matériau, la région de Djebel el Onk est l'une des plus grandes ressources naturelles qui contiennent de grandes quantités de sable en Algérie.

La prospection et l'estimation des réserves font partis des études géologiques qui visent à déterminer le potentiel en ressource d'un gisement minier. Cela demande alors des connaissances très précises et surtout en tous ceux qui concernent la géologie et aussi le traitement des données géologiques (cartes et données sur terrain). En conséquent, afin d'avoir les données nécessaires et les informations fondamentales d'un gisement, il faut d'abord effectuer des études géologiques qui débutent par la consultation des données déjà existants puis par les études sur terrain

Ce travail est sous le titre '' Condition d'exploitation de gisement de sable cas de Djemi-djema –bir el ater'' a été un choix proposé par l'encadrement et que j'ai apprécié tant il présentait un intérêt autant économique que social.

Le gisement de Djemi-djma Est (Zone3) est situé au sud du massif de Djebel Onk distant de 4 km de la ville de Bir El Ater.

L'objectif primordial de ce travail est l'estimation des réserves en sable du gisement de Djemi-djema (zone 3) en utilisant l'une des méthodes géostatistiques ; à l'aide de logiciel GEOVIA SURPAC.

Aussi proposé une méthode d'exploitation à ciel ouvert afin d'assurer une récupération optimale de cette ressource.

Afin d'atteindre cet objectif ; il a été nécessaire d'effectuer les travaux suivants :

- L’étude de la géologie régionale et locale de Bir-El-Ater et du gisement de Djemi-djema.
- L’estimation quantitative et qualitative de gisement
- Projection d’une exploitation à ciel ouvert avec les paramètres optimaux

Chapitre :

Géologie régionale et locale

.1. Présentation de l'Entreprise

FERPHOS (L'entreprise nationale du fer et du phosphate) est l'une des plus importantes entreprises minières en Algérie. Dans ses activités d'exploitation des mines de phosphate, de fer et de pouzzolane, FERPHOS utilise les technologies et procédés les plus récents, recherche l'excellence, emploie les hommes qualifiés, intègres et motivés.

SOMIPHOS (Société des Mines de Phosphates) Filiale de FERPHOS group. Créée en janvier 2005, suite à la réorganisation de FERPHOS spa, SOMIPHOS est une société par action à capital public, détenu à 100% par FERPHOS group. Elle a pour objet la recherche, l'exploitation, le traitement, l'enrichissement, la transformation le transport et la commercialisation des phosphates et produits connexes ou analogues. **[1]**

.2. Géologie régionale

.2.1. Situation géographique de BIR EL ATER

La région de Bir-Al-Ater est située au Sud-Est de l'Algérie à 100 kilomètres au Sud de la wilaya de Tébessa et à 20 km de la frontière Algéro-Tunisienne, sur la route qui relie Tébessa à El Oued. Cette région constitue la limite géographique naturelle entre les hauts Plateaux constantinois et le domaine saharien. Le massif du Djebel Onk forme un ensemble calcaire de 20 Km de longueur qui culmine à 1198 m d'altitude au Djebel Tarfaya.

Ce massif constitue l'extrémité orientale des monts des Nememcha qui prolongent vers l'Est de massif des Aurès, les altitudes les plus basses au pied du Djebel Onk sont d'environ 635 m.

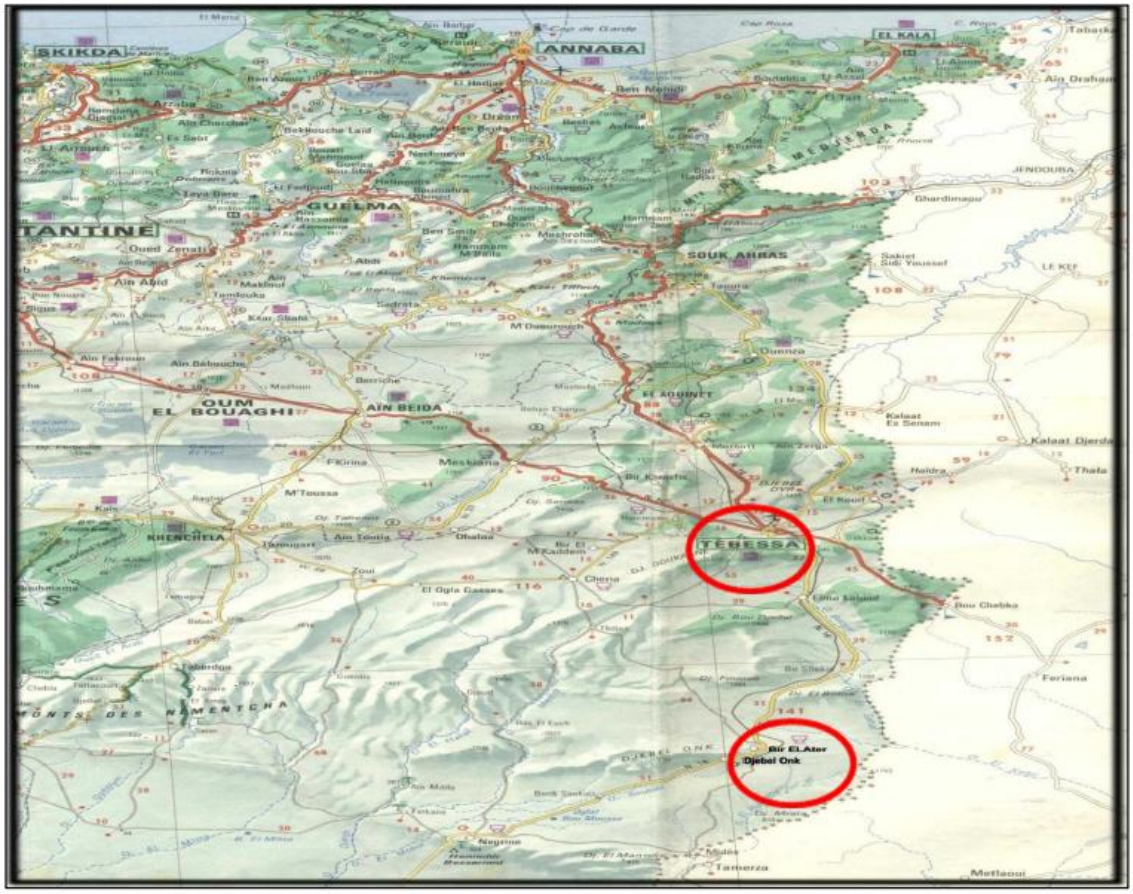


Figure Ⅰ.1. Carte de situation géographique de la région de bir-el-ater

Le climat est subaride, caractérisé par un régime continental avec deux saisons très nettes ; un hiver froid rigoureux et un été où les températures peuvent dépasser 45°C.

Les précipitations sont peu abondantes avec une moyenne de 300 mm/an (climat semi-aride). Le réseau hydrographique de Bir El Ater est composé de 3 principaux bassins versants : celui d'Oued Rheznata au Nord-Est de la commune et ceux d'Oued Soukiès et d'Oued Horchane, au Sud de Bir El Ater.

La population est peu dense. Sa situation économique s'est améliorée grâce à l'installation du complexe minier de Bir El Ater ; ce qui a contribué à l'agrandissement et au développement de la ville.**[2]**

.2.2. Situation géographique des gisements de Djebel El Onk

Le gisement de DJEMI-DJEMA, objet de notre étude, fait partie du bassin phosphaté de Djebel El Onk. Ce dernier est situé au Sud – Est de l'Algérie, à 100 km au Sud du Chef-lieu de la Wilaya de Tébessa et à 20 km de la frontière Algéro–Tunisienne, sur la route qui relie Tébessa à El Oued. Cette région

constitue la limite géographique naturelle entre les hauts plateaux constantinois et le domaine saharien. Le massif de Djebel El Onk forme un ensemble calcaire de 20 km de longueur qui culmine à 1198 m d'altitude au Djebel Tarfaya. Ce massif constitue l'extrémité orientale des monts de Nememcha qui prolonge vers l'Est le massif des Aurès. Les altitudes les plus basses au pied du Djebel El Onk sont d'environ 635m. La région de Djebel El Onk est subdivisée en 5 secteurs miniers :

- Gisement de Djemi-djema,
- Gisement de Kef-Essenoun,
- Gisement de Djebel El Onk Nord,
- Gisement d'Oued Betita,
- Gisement de Bled El Hadba

Le climat est subaride, caractérisé par un régime continental avec deux saisons très nettes, un hiver froid et rigoureux et un été où les températures peuvent dépasser 45°C.

Les précipitations sont peu abondantes avec une moyenne de 300 mm / an. La population est peu dense. Sa situation économique s'est améliorée grâce à l'installation du complexe minier de Bir El Ater, ce qui a contribué à l'agrandissement et au développement de la ville. **[3]**

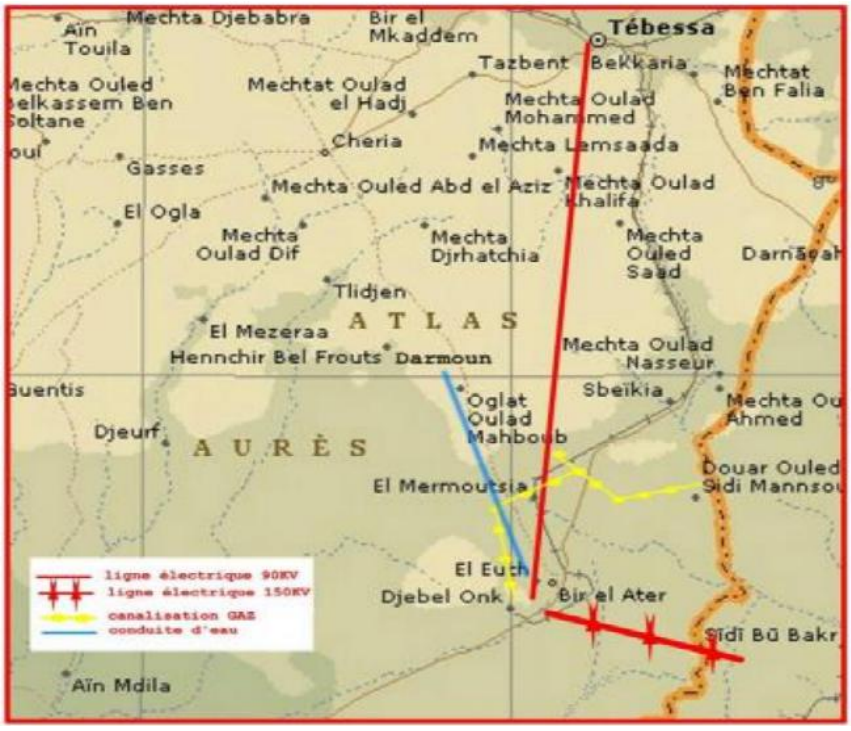


Figure Ⅰ.2. Carte de la situation de tébessa

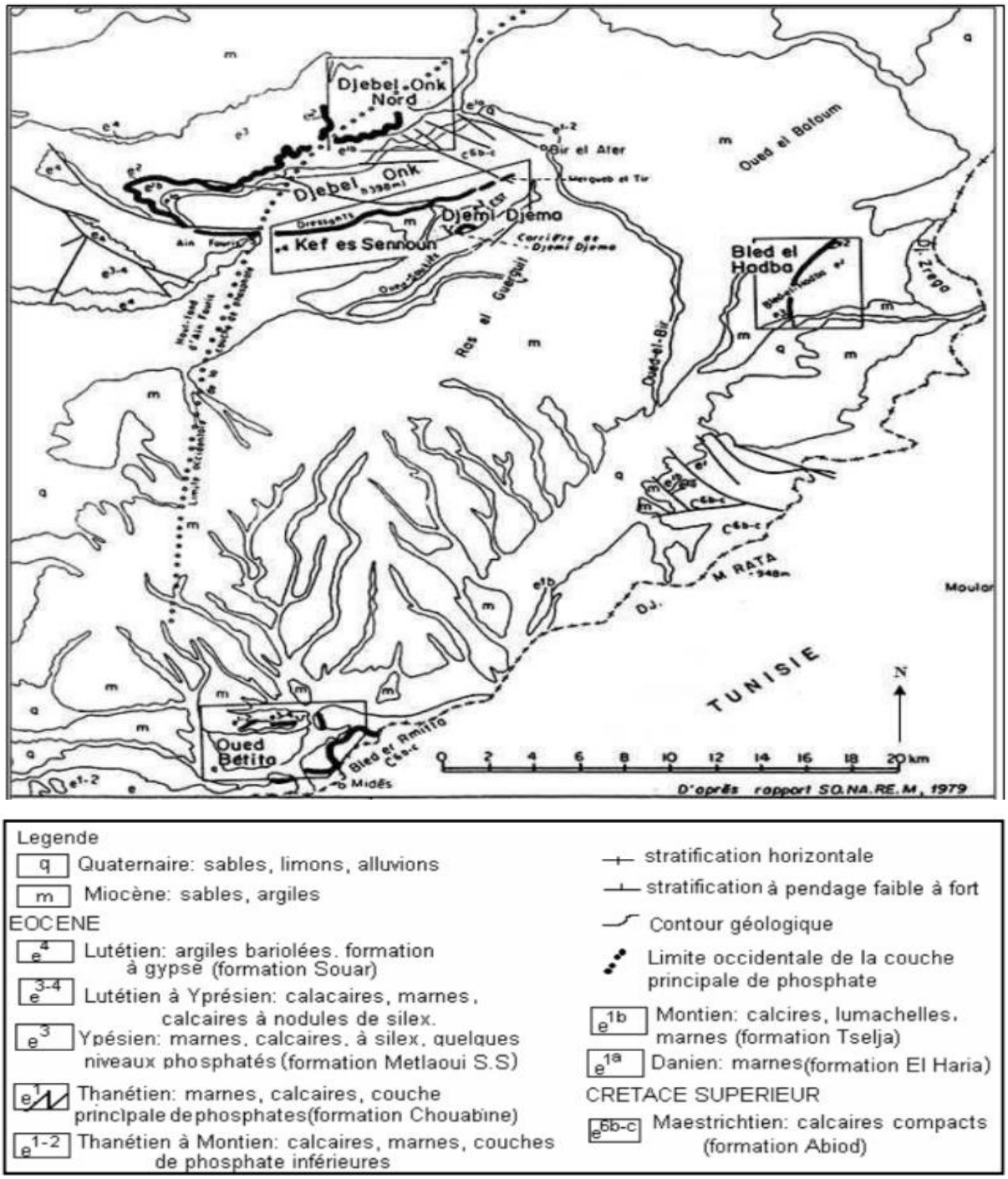


Figure Ⅰ.3. Carte de situation géographique et géologique des gisements de bir-el-ater

.2.2. Stratigraphie

La stratigraphie de la région de Djebel El Onk a été établie par Visse (1952). La série sédimentaire affleurant est exprimée par une succession stratigraphique allant du Crétacé Supérieur (Maestrichtien) à l'Eocène moyen (Lutétien), surmontée par une série sablo –argileuse continentale datée du Miocène et du Quaternaire.**[3]**

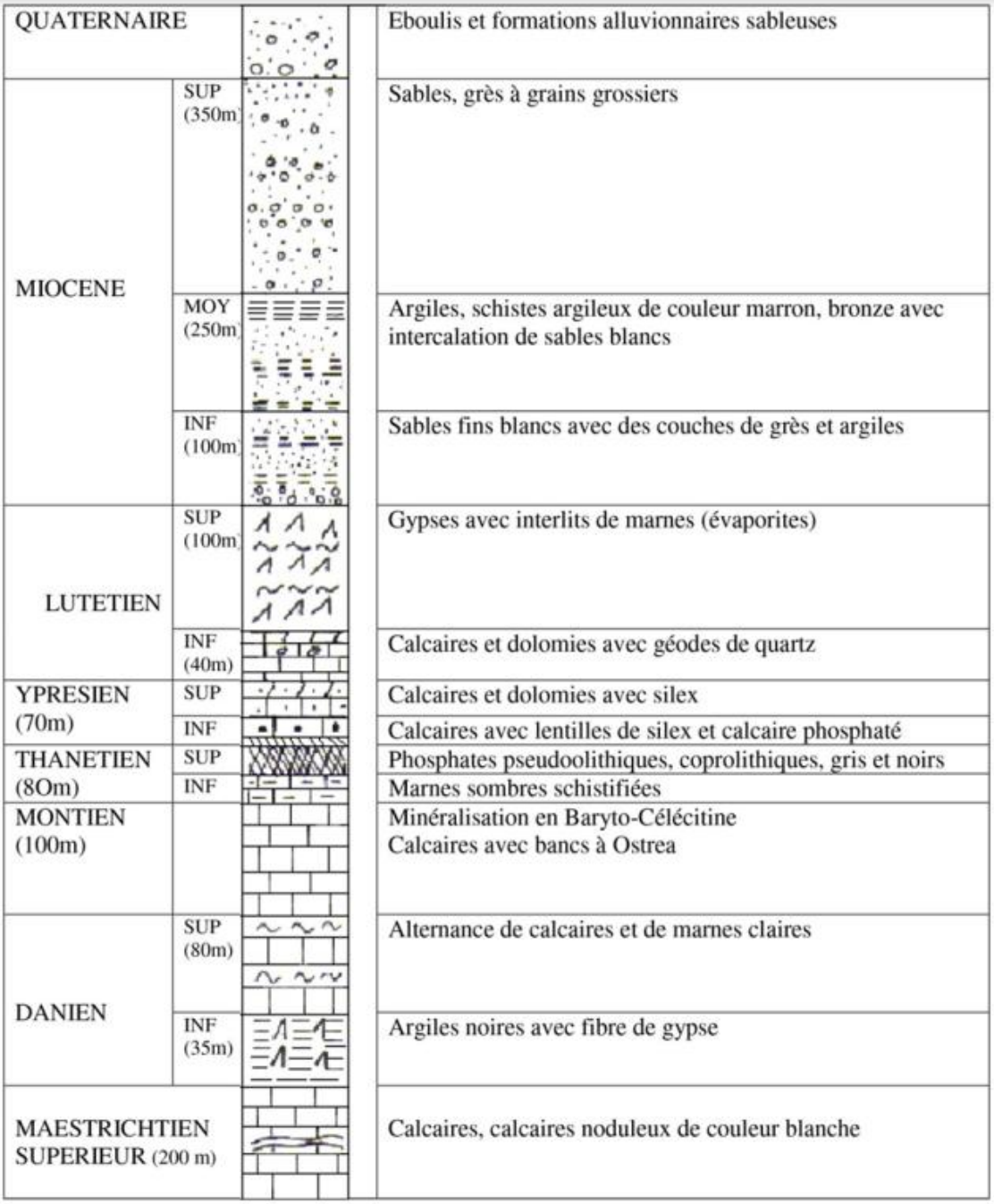


Figure Ⅰ.4. Colonne stratigraphique de la région de Djebel Onk

• Crétacé

Ce sont les sédiments les plus anciens au cœur de l'anticlinal de Djebel El Onk tectoniquement très accidentés. Seuls les dépôts du Maestrichtien y affleurent. Les sédiments de cet âge, au cœur de Djebel El Onk, sont représentés par des calcaires à silex et des intercalations de marnes (de 5 à 10 m). Ils représentent à leur partie supérieure, une surface taraudée, rubéfiée, facilement repérable dans la topographie.

⁾ Paléogène

Ce sont des sédiments marins représentés par des calcaires, des phosphates et de gypse, dans la région, le Paléogène atteint d'assez grandes épaisseurs de 350 m, les variations lithologiques et les restes des organismes ont permet d'identifier les subdivisions stratigraphiques suivantes :

- Danien inferieur Il est représenté par des argiles marneuses schisteuses, de couleur gris foncé à brun vert, intercalé par des marnes dures et irrégulières. L'ensemble est traversé par des filons de gypses de différentes orientations.
- Danien supérieur Il est formé par des calcaires durs blancs, très fins souvent à cassure conchoïdale, avec des intercalations de marnes tendres, argileuses et schisteuses. Dans la partie supérieure du Danien, on note la présence d'un banc caractéristique de 1 à 2 m d'épaisseur, formé de calcaire beige à lumachelle surmontés par des marnes en plaquettes blanches. C'est dans cet étage qu'apparaissent les premiers minces niveaux (10 à 30 cm) de marne phosphatée

⁾ Montien

Cet étage est marqué par la présence d'une série de calcaire, calcaires détritiques, calcaires à lumachelle avec des intercalations de marne et dolomie, ces sédiments se caractérisent par une absence ou une faible quantité de silex. Les huîtres sont abondantes, en bancs gris à noire. Les Ostera, Osteraoffdigitilina du bois, Pittor, sont des espèces caractéristiques.

⁾ Thanétien

C'est l'horizon porteur de la minéralisation. Il est visible sur le flanc de l'anticlinale de Djebel El Onk avec une épaisseur de 72 m. Il se subdivise en deux parties :

⁾ Thanétien inferieur

Caractérisé par des schistes marneux irrégulièrement intercalés de calcaire. Ces schistes sont de couleur gris foncé à noir. Dans la partie supérieure du Thanétien inferieur apparaissent des intercalations phosphatées atteignant jusqu'à 2 m d'épaisseur, et très riche en matière organique surmontées par des calcaires et des marnes à gros gastéropodes. La puissance varie de 30 à 40 m.

⁾ Thanétien supérieur

Il débute par un niveau dolomitique à gastéropodes, sous – jacent à une couche phosphatée de 30 m d'épaisseur en moyenne à Djebel El Onk et à Bled El Hadba, et qui diminue jusqu'à la disparition vers le Nord, l'Ouest et le sud de ce gisement se termine généralement par un niveau lumachellique. La limite entre le Thanétien et l'Yprésien est obtenue seulement par le changement du faciès phosphaté à celui de calcaire marneux à une épaisseur de 0 à 50 m.

⁾ Yprésien

Il repose directement sur les dépôts du Thanétien et affleure dans la carrière de Djemi-djema et au Nord du Djebel El Onk, il a une épaisseur de 32 m, on note :

⁾ Yprésien inferieur

Il est représenté à la base, par des conglomérats marquant la limite avec le Thanétien et sous – jacent une couche à alternance de calcaire, marne, dolomie et de la couche phosphatée. On note la présence de couches minces de silex dans les calcaires. L'épaisseur moyenne de l'Yprésien inferieur est de 30 m au maximum.

⁾ Yprésien supérieur

Il est constitué par l'alternance de calcaires, calcaire dolomitique et marnes, sa puissance est de 2 à 3 m

⁾ Miocène

Il est représenté par un complexe de roches térrigénèses composées de conglomérats, d'argiles, de sables et de schistes. Le Miocène est subdivisé en trois unités de bas en haut.

- **Miocène inférieur**

Il est formé de conglomérats, de sable à gros grains et sables blancs à grains moyens avec de minces couches d'argiles silteuse. Sa puissance est de 200m.

- **Miocène moyen**

Il est constitué d'argile marron, d'argile à structure schisteuse, brune, la puissance est d'environ 100 m.

- **Miocène supérieur**

Il est constitué de roches sablo argileuses, grès à bancs de graviers et contenant de gros blocs arrondis.

- **Quaternaire**

Les formations Quaternaires couvrent de vastes surfaces dans la région ; elles sont essentiellement représentées par des éboulis, de dépôts sableux éoliens, fluviaux et des dépôts alluviaux

.2.3. Climatologie

La zone d'étude de Djebel El Onk a un climat de transition entre celui de la région semi-aride de Tébessa et celui de la région sub-aride de Négrine. **[4]**

.2.4. Température

Sur une moyenne de 5 années, les températures ont la même évolution, en hiver elles fluctuent autour de 7 °C. La température augmente progressivement à partir du mois de Mai, jusqu'à atteindre des niveaux très haut (45°C) en été, et diminue progressivement en automne. **[4]**

.2.5. Pluviométrie

Les précipitations durant le mois d'été sont extrêmement rares. Les périodes sans pluies pendant plus d'un mois sont fréquentes. Les périodes pluvieuses varient entre 66 et 107 jours / an, tandis que les précipitations sont de l'ordre de 200 à 400 mm/an. Les orages sont importants et fréquents particulièrement durant le mois d'Août et de Septembre. La neige et le gel sont rares, mais la température descend souvent en dessous de 0°C en hiver.**[4]**

.2.6. Les vents

Dans la région les vents dominants ne sont pas dirigés vers les habitations, ils soufflent du secteur 0 et 0.N-0, une dominante secondaire provient du S.S-E. La vitesse moyenne des vents est comprise entre 1 et 3m/s. **[4]**

.2.7. Tectonique

La région de Djebel Onk appartient à l'extrémité orientale de l'Atlas Saharien (Ranchin, 1963). La série supérieure à l'Eocène du bassin de Djebel Onk – Gafsa – Métlaoui est structurée en une suite d'anticlinaux et de synclinaux dissymétrique, généralement faillés dans leurs flancs, d'axe le plus souvent SW – NE, et décrochés par des accidents transverses N120° à N140°E.

Les anticlinaux de Djebel Onk, Djebel Djemi-djema et Oued Bétita sont localisés à la bordure de la flexure Sud – Atlasique qui correspond à une zone d'affleurement entre le domaine Atlasique mobile et la plate – forme Saharienne stable, ils appartiennent à la branche Nord de la flexure Sud Atlasique de direction E – W.

L'anticlinal de djebel Onk prolonge des monts de Nememcha jusqu'à l'Est en périculinal sous les formations du Miocène d'une direction E – NE, cet anticlinal est asymétrique au flanc méridional avec un pendage de 80° et flanc septentrional de 10°. **[4]**

.3. Géologie locale

.3.1. Cadre géologique de Le gisement de Djemi-Djema

.3.1.1. Cadre géographique :

Le gisement de Djemi-Djema qui fait partie du bassin minier de Djebel Onk (Tébessa Sud), la région de Djebel Onk se présente sous forme d'un massif calcareux de longueur de 20 Km avec une largeur de 3 Km où il culmine à 1198 m d'altitude au Djebel Tarfaya. Il est caractérisé par des failles dans leurs flancs orientés N80°E (Parian et cortile, 1993).

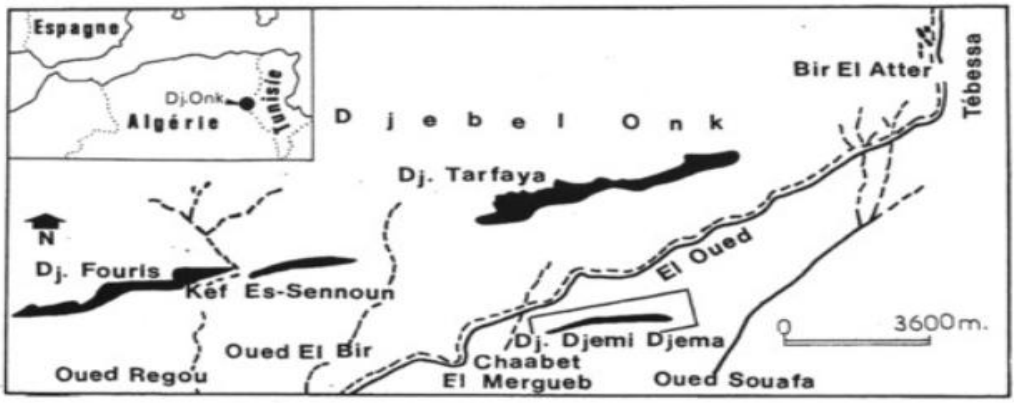


Figure Ⅰ.5. Situation géographique du gisement de phosphate de Djemi-djema

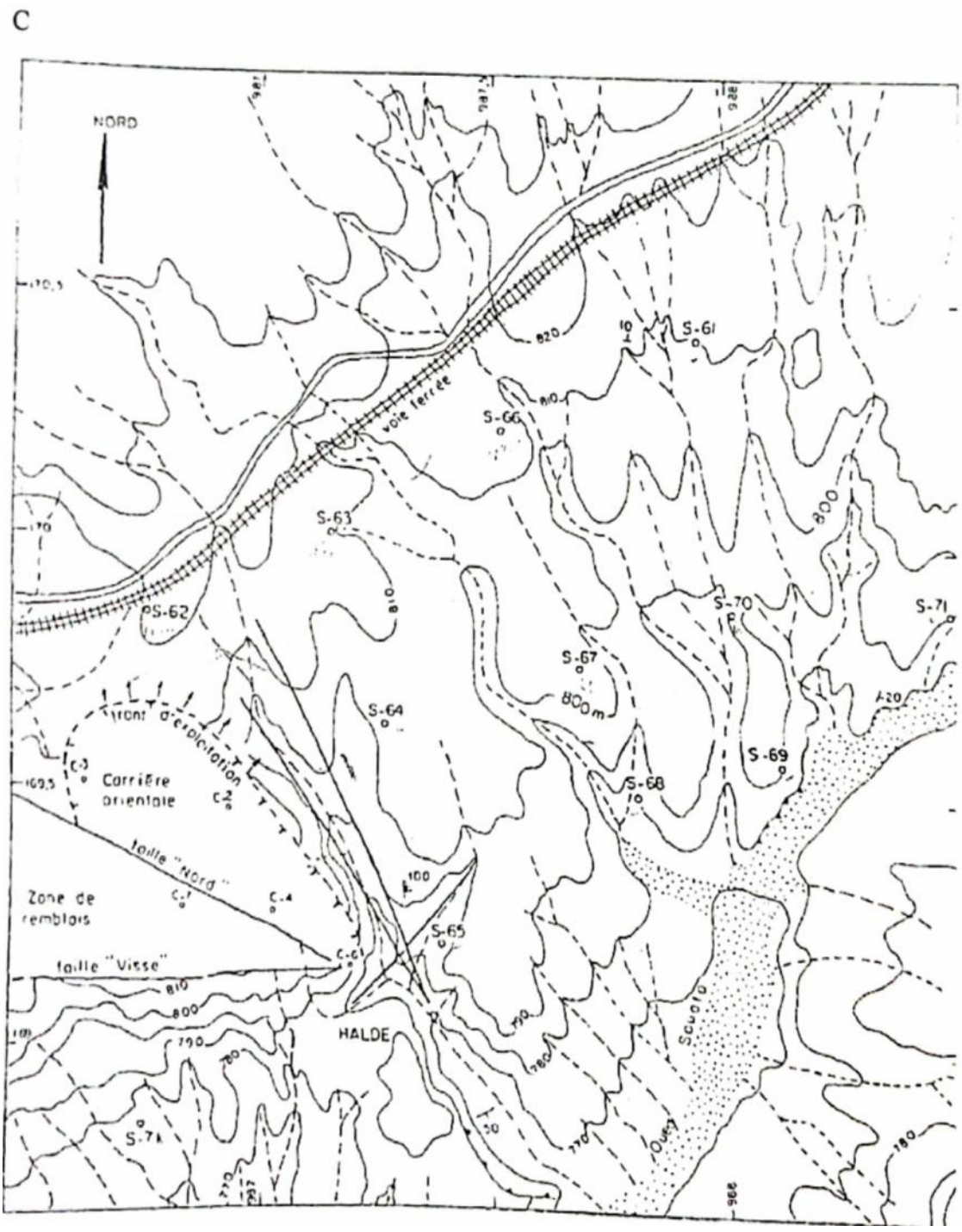


Figure I.6. Carte topographique de Djemi-djema zone 3

Le gisement de Djemi-djma Est (Zone3) est situé au sud du massif de Djebel Onk distant de 4 km de la ville de Bir El Ater. Cette zone a été reconnue par l'EREM, en 1986 grâce à 11 sondages carottés, notés S-61 à S-71, implantés à la maille de 500 x 600 m sur une superficie de 0,891 Km². Elle est bordée à l'Ouest par le front de la zone I et la zone des failles, au Nord par la voie ferrée et la route Nationale, au Sud par la zone des dressants et au Nord

'Est par la zone d'érosion. La zone 3 constitue le prolongement du front d'exploitation. De la carrière orientale. Ce gîte possède des caractéristiques géologiques moins favorables que celles du gisement de Djemi-djma Ouest, dues principalement à la variabilité de ce gisement. Il doit permettre la poursuite de l'exploitation du front de la carrière de Djemi-djma Est, vers la zone3. Il mérite une attention particulière car, bien qu'il représente le symétrique du gisement de Djemi-djma Ouest, ses caractéristiques géologiques sont beaucoup moins favorables. Il y a lieu, néanmoins d'en définir ses caractéristiques géologiques avec précision, afin de tirer la meilleure partie de ce gîte potentiel. **[5]**

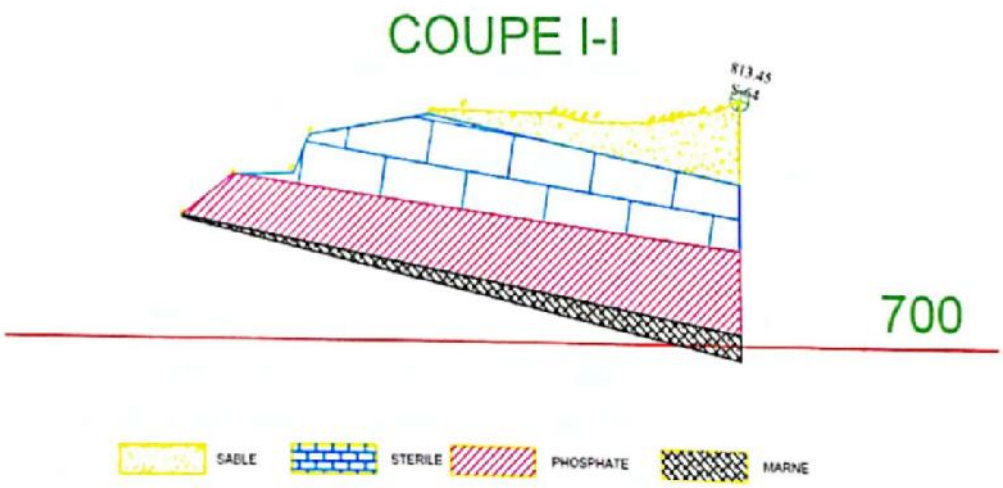


Figure Ⅰ.7. Coupe stratigraphique Ⅰ- Ⅰ de Djemi-djema zone 3

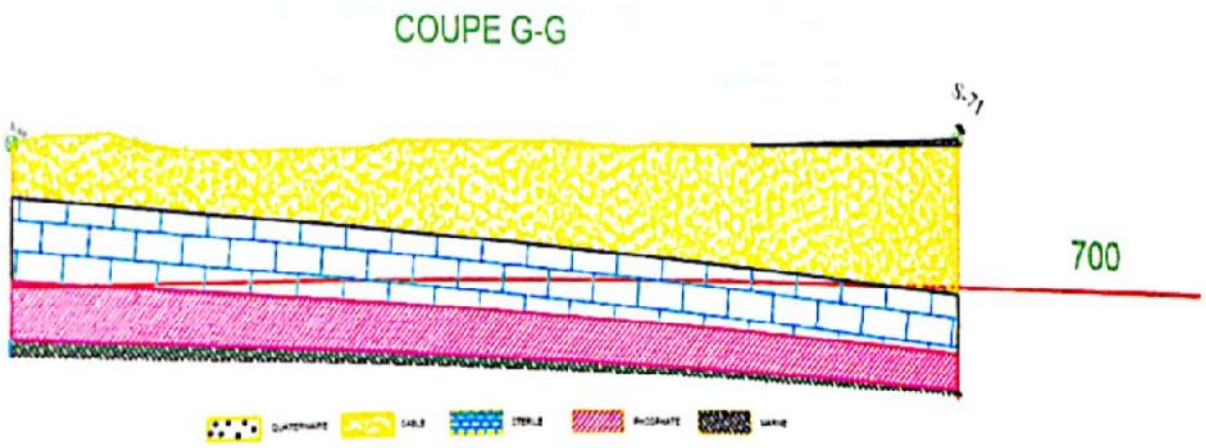


Figure Ⅰ.8. Coupe stratigraphique G-G de Djemi-djema zone 3

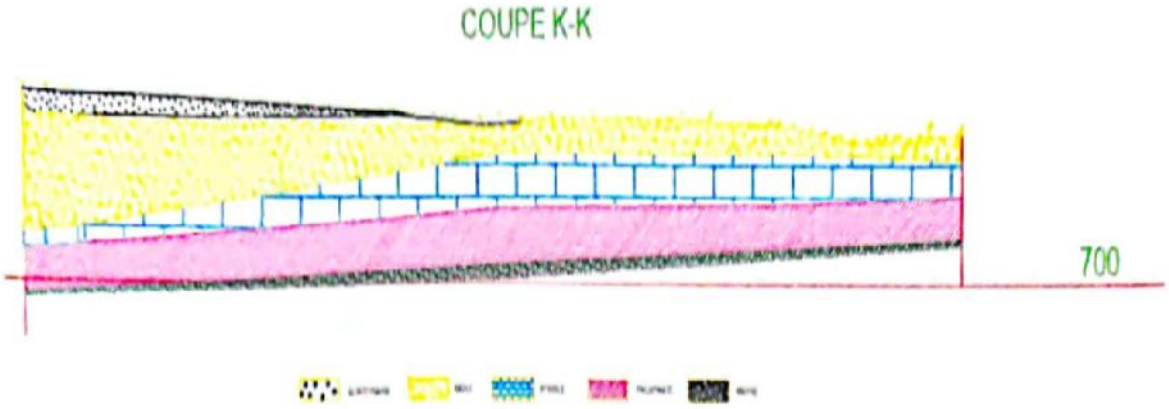


Figure Ⅰ.9. Coupe stratigraphique K-K de Djemi-djema zone 3

.3.2.2. Géologie du gisement Djemi-djema

La zone III fait une partie du gisement Djemi-djema Est. Ce gisement doit permettre la poursuite d'exploitation. Ces caractéristiques géologiques sont beaucoup moins favorables. Il y a lieu néanmoins d'en définir ses caractéristiques avec précision afin de titrer les meilleures parties de ce gîte potentiel. La couche phosphatée appartient à la terminaison orientale du Branch anticlinale de Djemi-djema N70 E. Cette configuration structurale est bien mise en évidence par les cartes topographiques (isohypse) du toit et du mur du fuseau phosphaté. Cette terminaison se distingue par deux caractères :

- la présence d'une partie assez plate à l'apex du Branch anticlinale défini par les sondages S64, S66, S67 pour lesquels l'altitude du toit de faisceau phosphaté est comprise entre 731 et 739 m.

- l'existence d'une succession de failles normales orientées N 140 E (faille Est) et N 160 E (faille extrême Est) qui en fond la couche en allant vers l'Est. Le flanc Sud du Branch anticlinale est défini par les sondages S65, S68 et S69 ou la couche de phosphate plonge rapidement vers le Sud. La litho-stratigraphie du gîte de Djemi-djema Est est semblable à celle de la partie occidentale du gîte de Djemi-djema Ouest, puisque le faisceau phosphaté est surmonté par la série des calcaires dolomitiques a silex, puis par la série sableuse du Miocène. (Les cartes et les coupes géologiques représentent reflétèrent la stratification et la disposition des formations géologiques). **[5]**

.3.2.3. Structure:

Le petit anticlinal du djebel Djemi-djma présente presque les caractères d'un brachyanticlinal dissymétrique, ou d'un dôme surbaissé, dont le pendage des couches du flanc nord faiblement incliné ; fait 5 à 10˚, mais qui s'accentue rapidement en allant vers un ensellement très profond, plutôt qu'une véritable curette synclinale, Le flanc sud abrupt, passant par endroit une flexure orientée N65˚E, sépare la voussure ont formé de Djemi-djma de la zone du dressant, marquée par la rupture en pente de la colline de Djemi-djma, donc ce flanc sud forme un compartiment de type dressant avec un pendage de 25˚ à 50˚, conformément à la structure d'un pli en genou.

Chapitre Ⅱ : Généralités sur les sables

Introduction

Le sable est un élément essentiel entrant dans plusieurs industries. La demande sans cesse croissante sur les granulats a provoqué un épuisement rapide des sablières et une exploitation anarchique des sables de mer causant ainsi un grave préjudice à l'équilibre de l'environnement à proximité des plages en ayant des répercussions directes sur les ressources naturelles, l'érosion des berges d'oued et l'avancée de mer. **[6]**

Le terme sable est généralement utilisé pour désigner un mélange de grains meuble n'ayant aucune cohésion et dont la dimension des grains est généralement comprise entre 0,062mm et 5mm. Du point de vue géologique, le terme sable recouvre deux aspects : un aspect granulométrique (taille des grains) et un aspect minéralogique (nature minéralogique des grains). Une particule individuelle est appelée grain de sable.

Le sable peut avoir une origine naturelle ou artificielle ; d'origine naturelle, il provient de la désagrégation naturelle des roches au cours de leur processus d'érosion ; artificiel, il est obtenu par broyage des roches massives après des opérations de concassage et de criblage, il est aussi appelé sable de carrière, il est caractérisé par des grains aux aspérités marquées. La composition du sable varie d'un endroit à un autre selon la nature des roches. Dans l'industrie du verre, de la fonderie et d'autres domaines, le sable recherché est celui qui a une grande teneur en silice, un bon classement et des grains arrondis ou su arrondis : sont appelés sable siliceux ou sables industriels.

.1. Définition de sable

Les sables sont des grains des roches ou de minéraux ayant un diamètre compris entre 0,0625 mm et 2 mm (ou 4,75 mm et 5 mm, selon le système de classification utilisée).

Le tableau suivant montre les limites inférieures et supérieures du diamètre des grains et les numéros de tamis A. S. T. M. correspondants, pour trois plages de taille de grains de sable : sable grossier, sable moyen et sable fin. **[7]**

Nom	Diamètre des grains	Numéro A.S.T.M des tamis
Sable grossier	>2,00 mm à < 4.75 mm	Tamis 10 – tamis 4
Sable moyen	>0.465 mm à <2.00mm	Tamis 40 – tamis 90
Sable fin	>0.0625 mm à 0.465 mm	Tamis 200 – tamis 40

Tableau Ⅱ.1. Classification de sable selon la granulométrie



Figure Ⅱ.1. Tous types du sable

.2. Origine du sable

Le sable provient de l'altération et la désagrégation naturelle des roches et autres matériaux de la surface terrestre, sous l'effet du climat. Les matériaux fragmentés peuvent ensuite être transportés par l'eau et le vent, ultimement jusque dans les océans qui bordent les continents. Des accumulations exploitables de sable peuvent se former durant leur long transport vers les océans.

.3. Composition du sable

En général, les gros granulats sont des constitués de fragments de roches tandis que les sables fins sont plutôt constitués de minéraux détachés de leur roche d'origine. Les grains de sable aussi être des débris d'origine organique et même synthétique pour les sables récents. En plus de fragments de coquillages, on trouve maintenant sur les plages marines actuelles une certaine proportion de débris d'origine synthétique comme le verre, la terre cuite, la porcelaine et certains plastiques. Cependant, les débris d'origine synthétique ne sont présents que dans les sables de plages et de delta marins actuels en formation et les débris d'origine organique ne sont abondants que dans les sables marins. Les sables d'origine glaciaire ou fluvioglaciaire ne contiennent jamais de débris synthétiques et très rarement des débris organiques. **[7]**

.4. Minéraux du sable

Les minéraux les plus abondants dans le sable sont les minéraux qui étaient abondants dans la roche à l'origine de ce sable, accompagné de certains minéraux moins abondants au départ, mais qui se sont concentrés par la suite. À l'intérieur des continents, le quartz est normalement le premier minéral en abondance dans la composition du sable. Pour les sables de plages marines et tropicales, là où abondent les mollusques, coraux et autres producteurs de calcite, la calcite est souvent le premier minéral en abondance.

D'autres minéraux comme c'est le cas pour le grenat et la magnétite, à la fois durs et inaltérables, peuvent se concentrer dans le sable, par disparition des minéraux fragiles durant le transport.**[7]**

.5. Classification des sables

Les sables sont définis comme étant un ensemble de granulats résultant de la désagrégation des roches.

Cette désagrégation peut être naturelle (auquel cas on a un sable naturel) ou artificielle (auquel cas on a un sable artificiel). Il est possible de les classer en plusieurs familles selon leur nature et leur classe, conformément à la norme française NF P18-560. **[8]**

.6. Les diverses natures des sables :

Le sable s'obtient soit naturellement (désagrégation naturelle de roches) soit artificiellement (désagrégation artificielle ou concassage de roches). Les sables naturels et les sables artificiels ont tous deux, des natures bien spécifiques.

- **Sable artificiel** : Le sable artificiel étant issu du concassage d'une ou de plusieurs roche(s) spécifique(s), alors sa nature est la même que celle de(s) la roche(s) désagrégée(s).
- **Sable naturel** : Il est le résultat d'une érosion (processus physique et chimique naturel par lequel le sol et les roches de la croûte terrestre sont continuellement soumis à une abrasion et à une corrosion) et d'une sédimentation (dépôt de sédiment) de différentes roches suivies d'un transport fluvial et parfois éolien. La nature de ce type de sable est déterminée par son degré de propreté. De ce fait connaitre le degré de propreté d'un sable naturel, revient donc à définir la nature de ce dernier. Le degré de propreté d'un sable naturel se détermine grâce à un essai de laboratoire nommé « équivalent de sable ». En fonction des valeurs obtenues lors de cet essai il est possible de dire si le sable est : **[8]**

- ✓ Argileux
- ✓ Légèrement argileux
- ✓ Propre (à faible pourcentage de fines argileuses)
- ✓ Très propre (absence quasi-total de fines argileuses)

.7. Les différentes classes de sable :

La classe d'un sable est fonction de la taille de ses grains (granulométrie). Il existe trois types de sable à savoir le sable grossier, le sable moyen et le sable fin. **[8]**

.7.1. Sable grossier

Ce type de sable a des grains d'une taille comprise entre 5mm et 25mm. Ils peuvent porter l'appellation de gravillon. Ce sable, présente une faible teneur de particule de la fraction 0,080-2mm.

.7.2. Sable moyen

C'est un sable dont les grains ont une taille comprise entre 2,50mm et 5mm.

.7.3. Sable fin

Il est question de sable fin, lorsque les particules qui le constituent, sont inférieures à 2,5mm.

.8. Les différents constituants du sable

Le sable comporte différentes variétés de minéraux qui sont dérivés de l'élément de base le silicium (Si). Ces principaux minéraux sont classés comme suit : silice, silicates (famille la plus abondante dans la nature, plus de 90 % du poids de l'écorce terrestre), argiles et carbonates. Ces dernières se trouvent généralement sous forme de trace dans le sable. **[6]**

.8.1. Le silicium

Le silicium est un corps pur de symbole chimique Si, de numéro atomique 14, de poids Atomique 28,08 g/mol. Il ne se trouve jamais à l'état natif mais constitué sous forme de silice et de silicate. C'est l'élément le plus abondant de l'écorce terrestre (environ 27,2 %) après l'oxygène (environ 60%).

.8.2. La silice (ou quartz SiO2)

Le dioxyde de silicium ou silice occupe parmi les oxydes, une place exceptionnelle.

Les applications industrielles sont nombreuses (optique, électronique, production de matériaux réfractaires...).

.8.3. Les silicates

Les silicates désignent une importante famille de minéraux dérivant de la silice (SiO2) car ils constituent environ 97 % de la croûte terrestre. Ces minéraux dont le squelette est essentiellement formé par des tétraèdres de silicium [SiO4] sont additionnés à d'autres éléments tels l'aluminium, le magnésium, le fer, le calcium, le potassium, le sodium ...

.8.4. Les argiles

Les argiles regroupent l'ensemble des matériaux dont les particules n'excèdent pas 2 mm de diamètre équivalent, elles correspondent à des minéraux spécifiques que l'on ne rencontre jamais en particules plus grosses. Ces minéraux sont des silicates d'aluminium hydratés, ils appartiennent à la famille des phyllo silicates qui présentent une structure cristalline en feuillet.

.8.5. Les carbonates

Les minerais de carbonate rencontrés le plus souvent dans les sols sont la Calcite ($CaCO_3$), la Dolomite [Ca Mg $(CO_3)_2$], la Nahcolite ($NaHCO_3$), la Trona [$Na_3H(CO_3)2H_2O$] et la Soda ($Na2CO_3$ $10H_2O$).

.9. Classifications des sables

On peut classer les sables selon **[9]** :

- La granularité : permet de séparer les sables en trois catégories sont :
- Sables fins ; Sables moyens ; Sables grossiers.
- La propreté et la teneur en fines : elle est appréciée par la valeur de l'équivalent de sable.
- La nature minéralogique : En général, les sables peuvent être classés comme suit : Sables siliceux ; Sables silico-calcaires ; Sables calcaires.
- Leurs provenances : Selon leurs provenances **[10]**, les sables peuvent être classés

Comme suit :

- Sable de rivière : il est obtenu par dragage des lits des cours d'eau. Il doit être dur et propre pour qu'on puisse l'utiliser dans les bétons.
- Sable de mer : il provient des côtes de la mer. Pour l'utiliser dans les bétons, il faut qu'il ne soit pas trop fin et qu'il soit lavé de son sel.
- Sable de carrière : Il contient souvent de l'argile qui enrobe les grains et les empêche d'adhérer aux liants. Il est donc à proscrire.

- Sable artificiel : il est obtenu par concassage des roches (calcaires durs, gré…). Il est souvent plein de filler. Pour qu'il soit utilisable dans les bétons, il faut limiter le pourcentage des fines.
- Sable de dune : c'est une variété des sables de mer. Il est donc très fin. Les sables de dune se trouvent dans les régions sud du pays. Ils sont situés en zone présaharienne.

.10. Les caractéristiques du sable et ses applications

.10.1. Les caractéristiques du sable

Les principaux critères utilisés pour caractériser un sable sont sa courbe granulométrique et sa rondeur. D'autres caractéristiques sont la teneur en matières argileuses, en coquillages et chlorures. **[11]**

.10.2. La courbe granulométrique

La granulométrie mesure la dispersion de la taille des grains. Elle est décrite par un intervalle 0/X où X donne la valeur en millimètre pour laquelle 85% des grains ont un diamètre inférieur ou égal à X. Plus X est petit plus le sable est considéré comme fin. La teneur en « fines » d'un sable est aussi prise en compte. Il s'agit de la proportion de grains dont la taille est inférieure à 0,063mm. La teneur en fines affecte la manière dont le sable absorbe l'eau par capillarité. Les sables de concassage, à moins d'être lavés, ont une teneur en fines élevée. À l'inverse, les sables extraits de la mer ou de rivières ou les sables lavés en général ont une teneur en fines plus faible car les fines sont entraînées avec l'eau.

.10.3. La forme du grain :

Suivant l'origine du sable, la forme du grain est différente. Ainsi, un grain rond améliore la fluidité du sable et des mélanges auxquels il participe. À l'inverse, un grain anguleux favorise la résistance du matériau dont il fait partie. Les sables marins ou naturels sont plus ronds. Suivant leur origine les sables de rivière sont plus ou moins ronds. Les sables de concassage sont anguleux

.10.4. Autres caractéristiques techniques

Outre la granularité et la forme des grains, le taux de chlorures, les teneurs en argile et en coquillages sont d'autres paramètres importants de la qualité du sable. Une teneur en chlorure trop élevée n'est pas souhaitable dans des applications liées au fer telles que les bétons armés puisqu'ils oxydent le fer et provoquent la rouille de la structure métallique. La présence de sels dans les mortiers ou les matériaux de construction provoque des phénomènes d'efflorescence.

L'argile étant rétentrice d'eau, une présence importante dans le sable affecte les dosages d'eau dans des applications comme le béton ou le mortier. L'argile apporte aussi un composant « gras » qui affecte, par exemple, la plasticité du sable.

.11. Les principales applications du sable

.11.1. Les bétons

Le béton est un mélange dont on désire qu'une fois durci il reproduise les qualités de résistance de la pierre. Son utilisation est très importante dans la construction : il est utilisé pour la fabrication de fondations et de chapes, de matériaux de constructions divers (tuyauteries, poutres, etc.) **[11].** Ce mélange est constitué de granulats, de sable, de ciment et d'eau. Les graviers apportent les qualités de la roche. Le ciment combiné avec l'eau est le liant des pierres. Le sable, granulat de petite taille, remplit les vides entre les éléments de plus grande taille : il favorise donc la résistance du béton et diminue la quantité de liant nécessaire au mélange.

Il existe de nombreuses variétés de béton avec leurs avantages et leurs utilisations propres. Deux paramètres importants sont la résistance et l'ouvrabilité du mélange. Les qualités de résistance du béton seront d'autant meilleures que la partie « granulats » sera importante (c'est-à-dire que la partie « liant » est réduite autant que possible). Une combinaison équilibrée des granulats de différentes tailles permet cela. Dès lors, un bétonnier utilisera une combinaison de sables et de granulats de différentes tailles pour donner une courbe granulométrique équilibrée à son produit

L'ouvrabilité d'un béton est la capacité d'un mélange à être coulé Un mélange plus fluide permet une mise en œuvre plus facile. L'ajout d'eau en excès améliore l'ouvrabilité du mélange mais provoque, outre une chute de résistance, des phénomènes de retrait et de fissuration. La forme des granulats est un autre facteur qui peut améliorer l'ouvrabilité du mélange. S'ils sont ronds ou presque arrondis, le mélange s'écoule plus facilement, suivant le phénomène du roulement à billes. L'ajout d'adjuvants spéciaux permet également d'améliorer l'ouvrabilité

.11.2. Maçonnerie et mortiers

Les sables sont essentiels dans la fabrication de mortiers et de mortiers de jointoiement de façade. Typiquement, un mortier est un mélange de ciment, de sable et d'eau. Suivant les cas, les qualités de mortiers diffèrent très fort. Ainsi, un particulier ou un petit entrepreneur réalise son mortier à partir du sable maçon qu'il trouve chez un négociant en matériau. Par contre, les mélanges sable et ciment pour mortiers préfabriqués vendus en sacs ou en silos ont une composition plus pointue, avec plusieurs types de sables en général.

.11.3. Les mélanges bitumeux

Asphalte coulé et enrobé sont des mélanges bitumeux. Une vision très réductrice des choses est de considérer que les matériaux bitumeux sont des bétons où le liant est du bitume.

L'enrobé est le mélange le plus proche du béton. Outre le bitume, il est composé de fines, de sable et de granulats. Il est utilisé principalement pour le revêtement de chaussées. Excepté l'eau, les enjeux techniques sont les mêmes que pour le béton.

L'ouvrabilité est assurée par la température du mélange (200°C) avant mise en œuvre.la rondeur des granulats a un effet favorable mais secondaire **[11].**

En comparaison de l'enrobé, l'asphalte coulé se caractérise par une plus grande proportion de bitume et de fines. Les fines apportent de la consistance au mélangé. Une fois sèche, ce matériau possède une grande étanchéité.

.11.4. L'industrie du verre

Le sable siliceux (naturel) est la principale matière première dans la fabrication du verre. La silice est en effet l'élément vitrifiant qui donne au verre sa structure. Si la silice vitrifie, les autres composants du sable tels les oxydes de fer et de manganèse sont des impuretés qui diminuent les qualités transparentes du verre. Le sable recherché doit être aussi pur que possible **[11].**

La granulométrie est aussi surveillée : la présence de fines n'est pas souhaitée car elles génèrent des poussières et les grains trop gros ralentissent le processus de fusion.

L'industrie du verre et de la fonderie a besoin de gisements de sable qui possède une très haute teneur en silice (Le sable siliceux) dépassant 96 %, un bon classement, et des grains arrondis ou subarrondis ; ces sables peuvent être lavés, traités, tamisés et purifiés pour répondre aux exigences des consommateurs.

.11.5. Utilisation : (Principales applications industrielles)

Les principales applications de sables siliceux sont : la verrerie, la fonderie, le bâtiment, l'électrométallurgie, la céramique, la chimie, les peintures les charges minérales, la fibre de verre, les colles, la filtration, les sports et loisirs, les abrasifs, etc...

La verrerie et la fonderie utilisent plus de 80 % de sable siliceux extraits à travers le monde.

En verrerie, la teneur en silice doit être supérieure à 98 %, celle destinée pour la fonderie, doit être supérieure à 96 %. Pour l'industrie de la verrerie, il n'y a pas de produit de substitution aux sables siliceux industriels

.11.6. Autres usages

Actuellement, le sable est largement utilisé dans le domaine de filtration, par exemple filtration de l'eau et filtration des produits toxiques. Il est aussi utilisé pour les opérations à hautes températures et qui nécessitent des matériaux réfractaires comme le moulage et les fours. Dans le domaine optique, le sable est utilisé pour la production des verres de toutes sortes. On le trouve aussi dans le domaine énergétique, électrique et électronique comme les

panneaux et les équipements d'énergie solaire. Le sable est la matière première pour l'extraction de dioxyde de silicium (SiO2) qui est lui-même la source de silicium (Si) pur **[6].**

.11.7. Autre utilisation du Sable

Les sables que nous avons étudiés sont quartzeux ou industriels car à base de silice SiO2 ; il est très recherché car on le retrouve dans plusieurs domaines industriels dont nous citons les plus importants :

- L'agriculture qui utilise cette ressource améliorer les sols…
- La Céramique pour la fabrication de produits de vaisselles, sanitaires, carrelage…
- L'exploitation pétrolière pour améliorer la perméabilité et la récupération pétrolière lorsqu'il est injecté dans les puits de pétrole,
- L'Industrie Chimique et métallurgique,
- L'Environnement : filtration des eaux…

.12. Les familles des sables :

.12.1. Les sables roulés siliceux

Dits ronds, ils sont issus d'un processus naturel d'érosion. En général, ils sont dragués dans les Oueds. Leur usage est courant depuis des années et est même recommandé. Cependant, les réserves disponibles sont proches de l'épuisement ou protégées par de nouvelles règles environnementales en matière de dragage des Oueds. Ce matériau est donc devenu moins intéressant économiquement.

.12.2. Les sables de concassage calcaires

Ces sables sont le produit d'un processus industriel contrôlé de concassage, de lavage et de criblage appliqué à des roches calcaires exploitées en carrières, la contrainte du coût de revient élevé, le rend économiquement moins intéressant.

.12.3. Le sable de dune

Le sable de dune de l'erg occidental occupe 6% de la surface du Sahara Algérien, présente la situation géographique des ergs de l'Algérie

Ce type de sable spécialement est un matériau d'une grande disponibilité en Algérie. Ce matériau est pratiquement non exploité, malgré les éventuelles caractéristiques qu'il peut présenter. L'utilisation de ce nouveau matériau dans le secteur de construction, peut soulager davantage le domaine d'habitat, et contribuer au développement des régions du sud algérien, très riches en sable de dune **[12].**

Conclusion

Le sable est l'un des matériaux les plus utilisés au monde. Dans ce chapitre on va étudier les propriétés et types de sable connus, leurs origines et différentes familles ; .il est utilisé dans plusieurs domaines que nous avons cités et dont nous évoquerons les avantages dans notre exposé.

Cette ressource très importante est un facteur de développement économique et qui doit être préservée car parfois exploitée abusivement.

Chapitre Ⅲ :

Partie spéciale

Introduction

Les prédictions pessimistes se fondent souvent sur une confusion entre réserves et ressources et oublient le fait que ces estimations sont constamment révisées. Les réserves correspondent à des quantités de matière outil pour des gisements connus dont le tonnage, la teneur et les conditions d'exploitation sont établis à partir de nombreux sondages et d'essais de traitement du minerai en laboratoire. Les ressources, quant à elles, correspondent à des quantités de métal estimées à partir de sondages plus espacés, voire extrapolées à des domaines géologiques aux caractéristiques similaires.

La modélisation d'un gisement consiste à visionner le site en mode 2D (deux dimensions) et en mode 3D (trois dimensions) afin d'obtenir des informations sous forme numérique et électronique. C'est à partir des résultats obtenus que nous pouvons faire l'estimation du gisement.

L'objectif principal de l'évaluation de ces ressources est d'en tirer profit économiquement et socialement, car elles sont d'une grande importance dans divers domaines.

Afin d'optimiser l'exploitation de ces ressources, il convient d'appliquer une méthode d'exploitation optimale adaptée aux conditions géométriques, techniques et économiques dans ce cas.

.1. Estimation des réserves de sable de zone3 de DJEMIDJEMA

.1.1. L'estimation quantitative à l'aide de logiciel SURPAC

Les pour l'exploitation rationnelle d'un gisement dans un projet minier, il est important d'évaluer les réserves car elles permettent de déterminer la faisabilité ou non d'un projet ou mieux encore le choix de type de la méthode d'exploitation à appliquer.

Ce travail étudie l'estimation des réserves de sable de gisement de Djemi-djema. Pour y arriver, l'usage de logiciel d'estimation a été envisagé. C'est le cas de logiciel Surpac qui ont fait des preuves dans l'exploitation des Mines à ciel ouvert et souterraines.

.1.1.1. Présentation du logiciel « SURPAC »

SURPAC crée par la société GEMCOM Software International Inc, est un logiciel conçu pour avoir un bloc model d'un site et d''un gisement. Il sert aussi de guide théorique permettant de visualiser la réalité sur terrain de la carrière étudiée. Le SURPAC permet donc d'avoir la cartographie du site étudié mais aussi permet de faire le traitement. Il est très pratique pour calculer la cubature d'un gisement le plus proche de la réalité tout en corrélant les données géologiques et en appliquant la discipline une méthode d'estimation en géostatistique. **[14]**

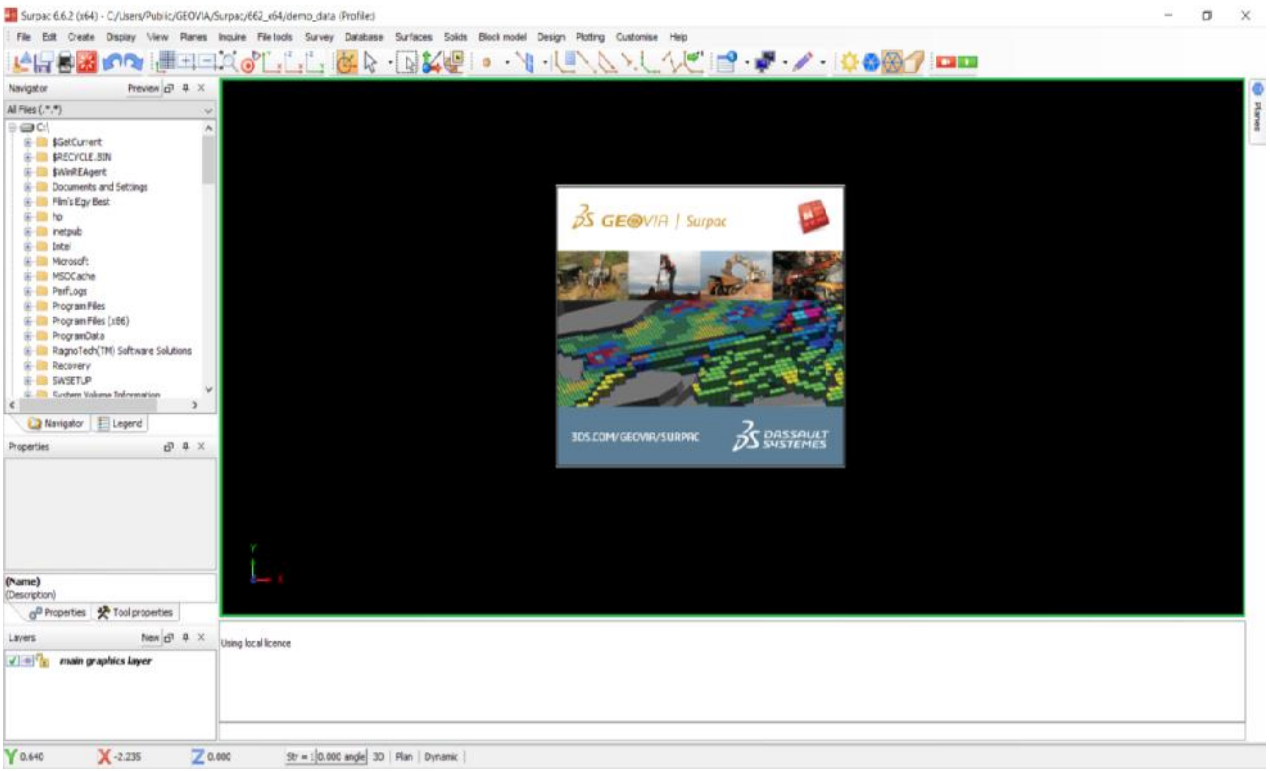


Figure Ⅲ.1. Fenêtre d'ouverture de Surpac

.1.1.2. Position de sondage de prospection dans la zone étudiée

En 1985-1987, l'Office de la recherche géologique et minière-ORGM (ex EREM) a effectué une campagne de prospection sur ce gisement, au total 24 forages carottées ont été réalisés.

Les sondages utilisés pour notre étude sont 11 sondages (figure Ⅲ.2)

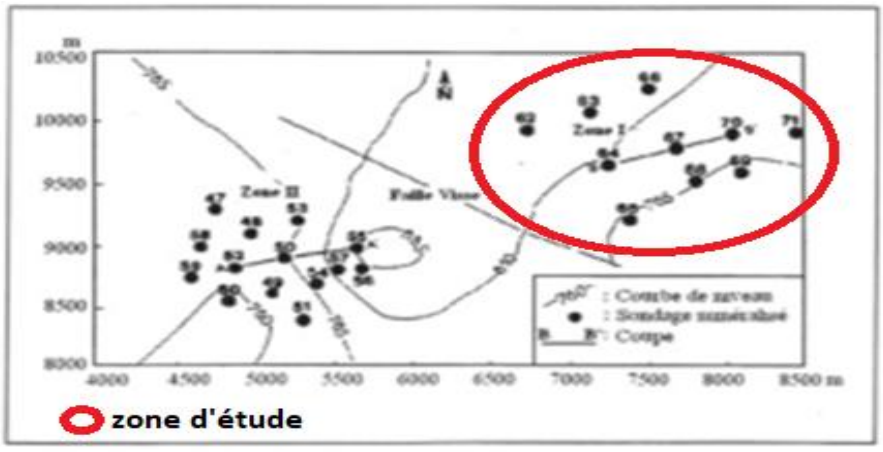


Figure Ⅲ.2. Position des sondages dans le gisement de Djemi-djema

.1.1.3. Création de Base de données pour l'estimation

Le logiciel SURPAC nécessite une base de données avec une forme spécifique dont l'extension est : « .mdb ». C'est à partir du logiciel « Access »

que l'on va créer cette base de données. Les résultats seront exploités par le « SURPAC »

- Procédé de création de la base de données :
  - ✓ Créer une table spécifique nommé « collar » à partir des données de sondages et données topographiques.

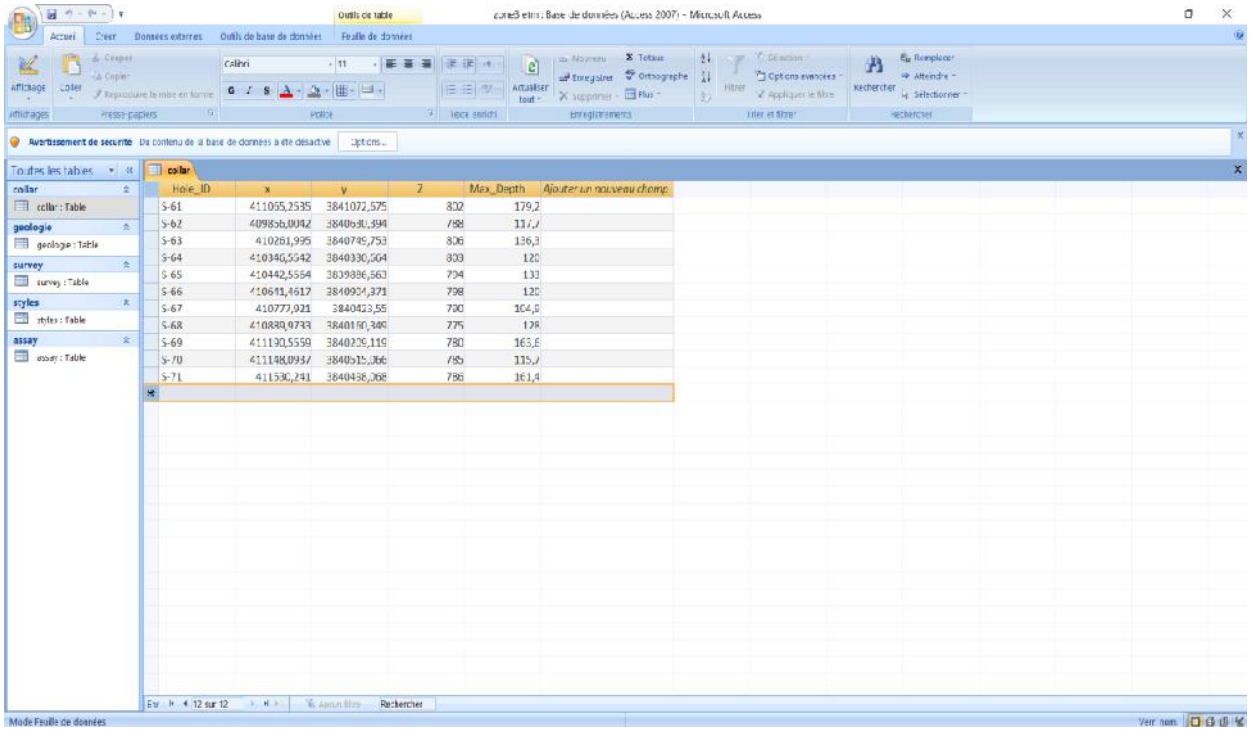


Figure Ⅲ.3. Fenêtre de Microsoft Access « Collar »31

  - ✓ Créer une autre table sous le nom de « géologie » dont on y trouve la lithologie de chaque trou de sondage

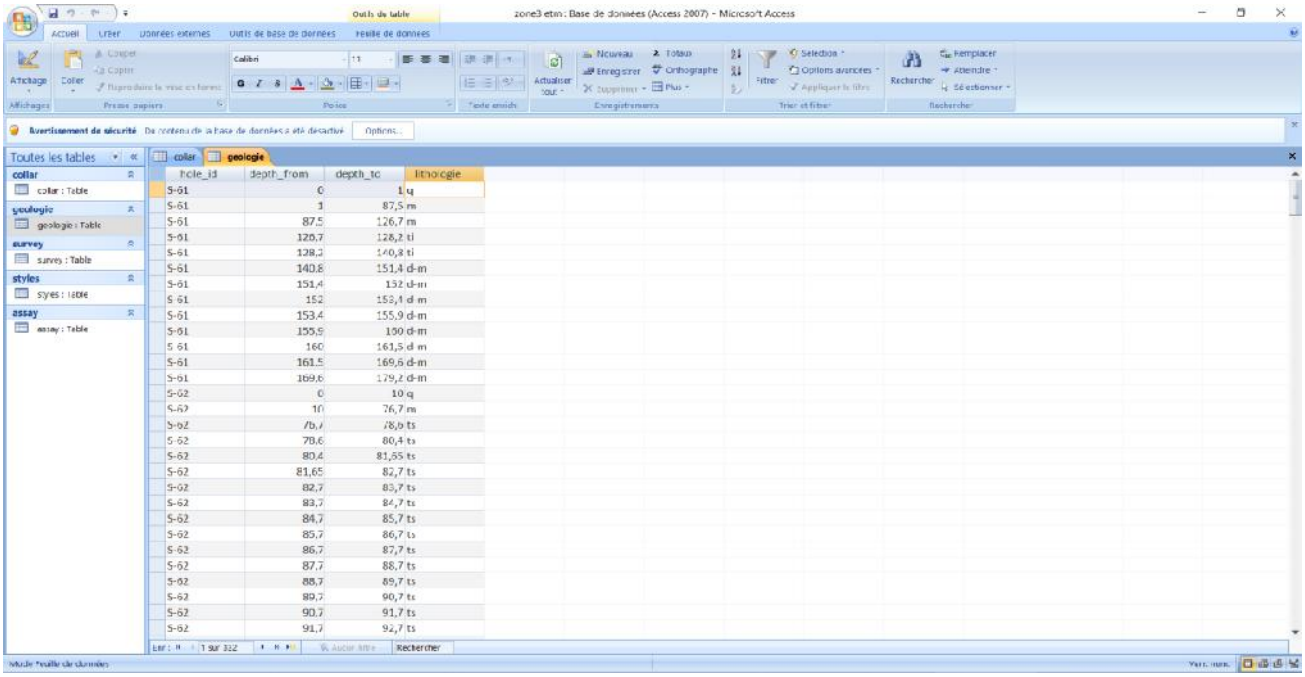
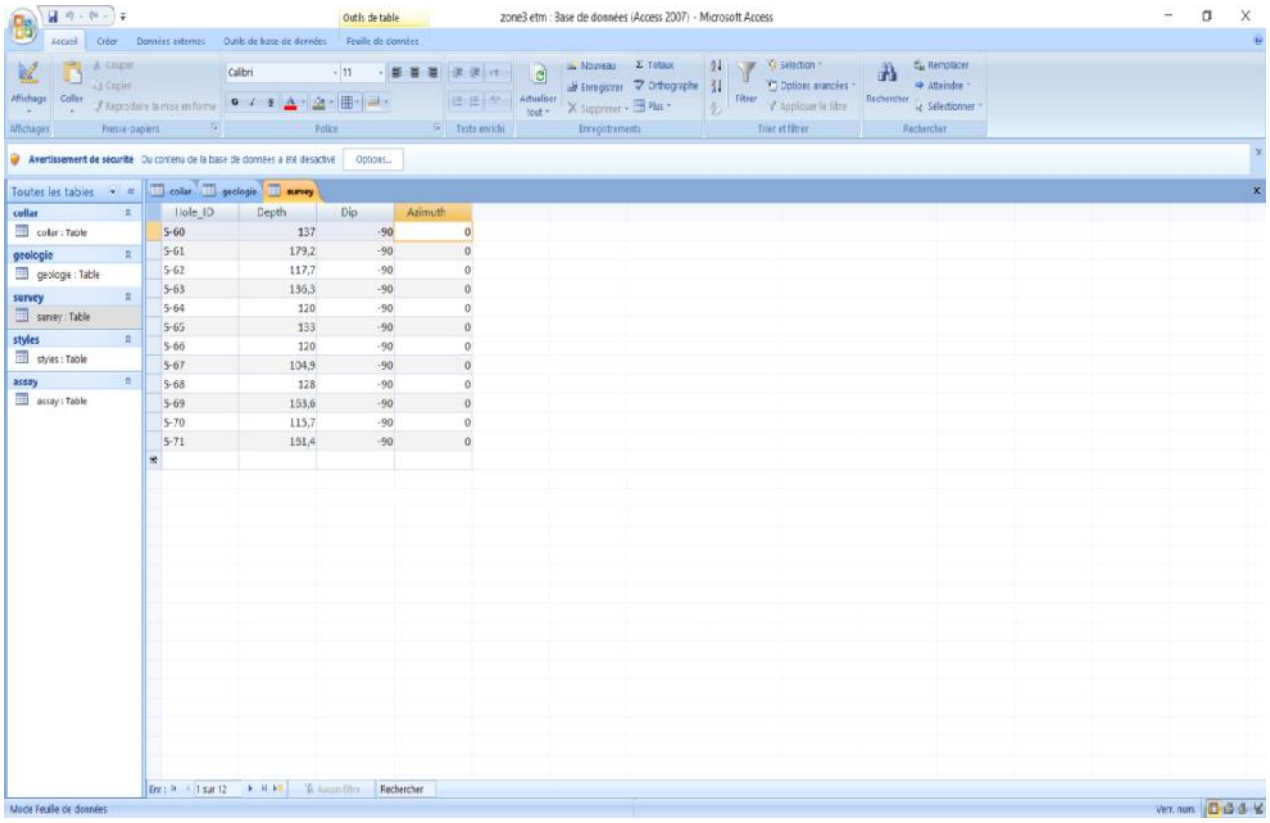


Figure Ⅲ.4. Fenêtre de Microsoft Access « géologie »

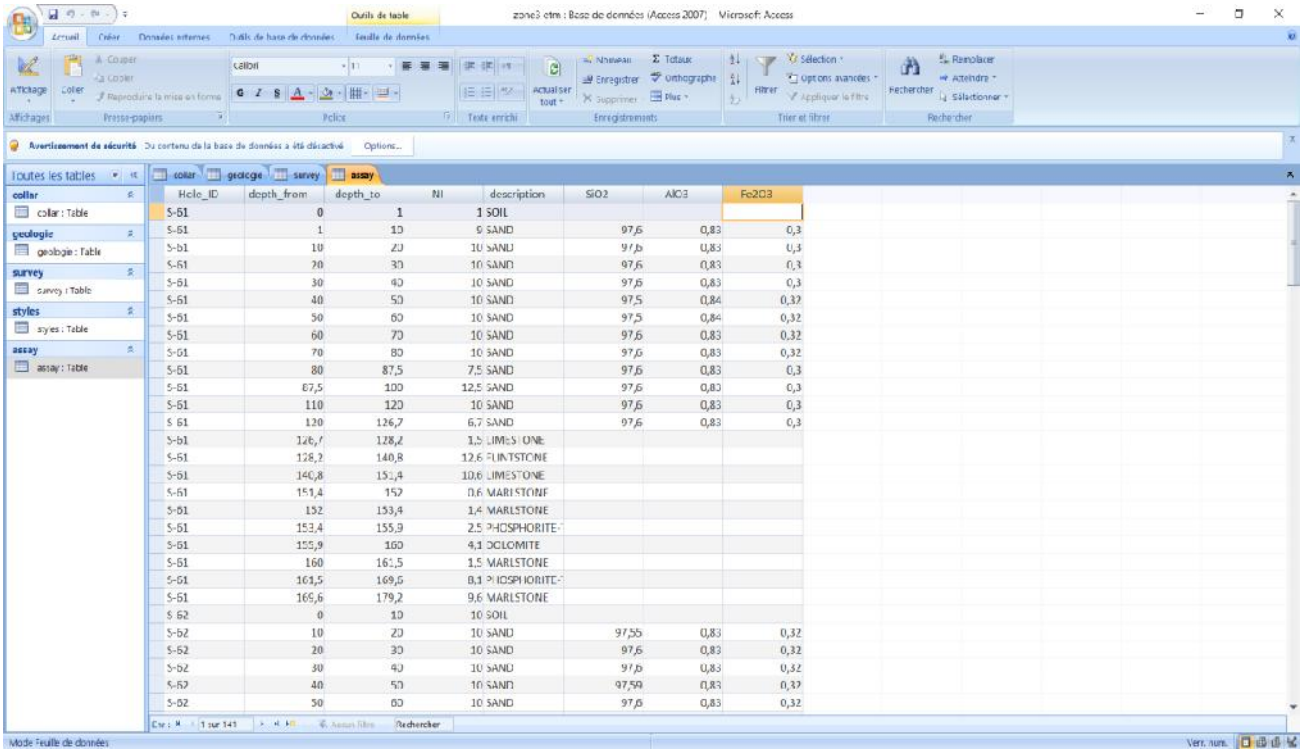
✓ Créer une dernière table sous le nom de « Survey »



Hole_ID	Depth	Dip	Azimuth
S-60	137	-90	0
S-61	179,2	-90	0
S-62	117,7	-90	0
S-63	136,3	-90	0
S-64	120	-90	0
S-65	133	-90	0
S-66	120	-90	0
S-67	104,9	-90	0
S-68	128	-90	0
S-69	153,6	-90	0
S-70	115,7	-90	0
S-71	151,4	-90	0

Figure Ⅲ.5. Fenêtre de Microsoft Access « Survey »

✓ Créer une table nommée « assay » qui représente les données de sondages et les résultats des analyses au laboratoire



Hole_ID	depth_from	depth_to	NI	description	SiO2	AlO3	Fe2O3
S-61	0	1	1	SOIL			
S-61	1	10	9	SAND	97,6	0,83	0,3
S-61	10	20	10	SAND	97,6	0,83	0,3
S-61	20	30	10	SAND	97,6	0,83	0,3
S-61	30	40	10	SAND	97,6	0,83	0,3
S-61	40	50	10	SAND	97,5	0,84	0,32
S-61	50	60	10	SAND	97,5	0,84	0,32
S-61	60	70	10	SAND	97,6	0,83	0,32
S-61	70	80	10	SAND	97,6	0,83	0,32
S-61	80	87,5	7,5	SAND	97,6	0,83	0,3
S-61	87,5	100	12,5	SAND	97,6	0,83	0,3
S-61	110	120	10	SAND	97,6	0,83	0,3
S 61	120	126,7	6,7	SAND	97,6	0,83	0,3
S-61	126,7	128,2	1,5	LIMESTONE			
S-61	128,2	140,8	12,6	FLINTSTONE			
S-61	140,8	151,4	10,6	LIMESTONE			
S-61	151,4	152	0,6	MARLSTONE			
S-61	152	153,4	1,4	MARLSTONE			
S-61	153,4	155,9	2,5	PHOSPHORITE			
S-61	155,9	160	4,1	DOLOMITE			
S-61	160	161,5	1,5	MARLSTONE			
S-61	161,5	169,6	8,1	PHOSPHORITE			
S-61	169,6	179,2	9,6	MARLSTONE			
S 62	0	10	10	SOIL			
S-62	10	20	10	SAND	97,55	0,83	0,32
S-62	20	30	10	SAND	97,6	0,83	0,32
S-62	30	40	10	SAND	97,6	0,83	0,32
S-62	40	50	10	SAND	97,59	0,83	0,32
S-62	50	60	10	SAND	97,6	0,83	0,32

Figure Ⅲ.6. Fenêtre de Microsoft Access « assay »

.1.1.4. Exportation des données sur SURPAC

Apres la vérification de la non-correspondance des données, le Surpac les reconnue et crée une autre base de données qui s'appelle « database » sous l'extension : «. Ddb » qui va être utilisé pour la modélisation. Le SURPAC crée une interface pour corréler les données du logiciel Access.

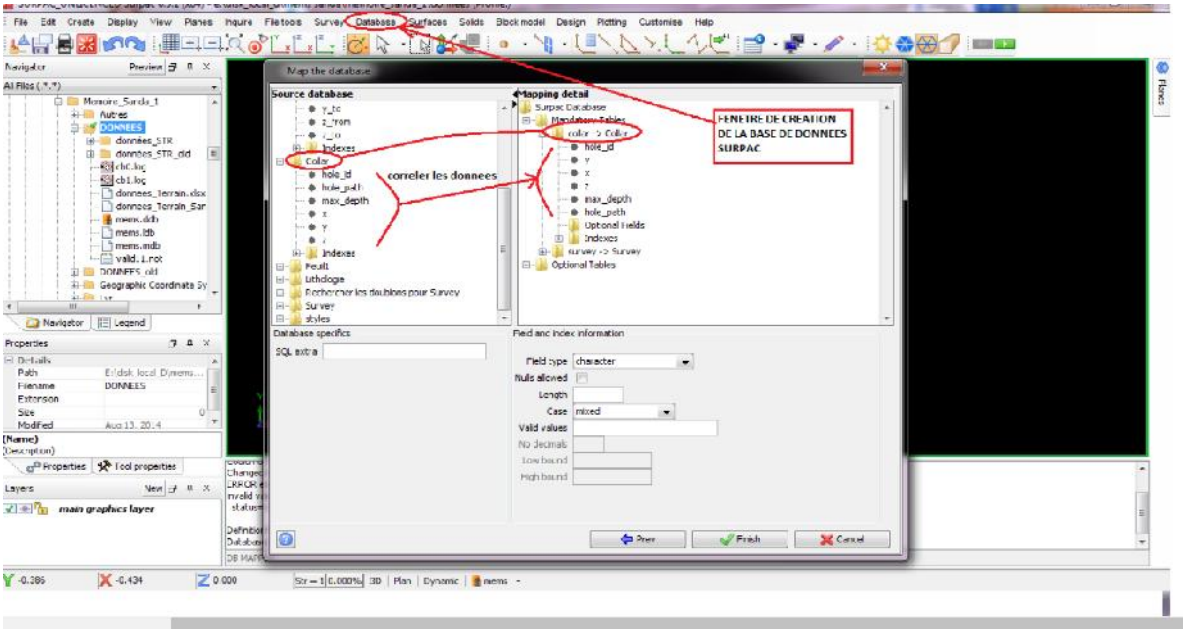


Figure Ⅲ.7. Fenêtre Surpac « Exportation du fichier. Mdb du Microsoft Accès vers le Surpac »

.1.1.5. Plantation des sondages

Sur la base des informations des sondages disponibles auprès de l'entreprise minière de phosphate (SOMIPHOS) de zone 3 de DJEMI-DJEMA, une base de données géologiques basés sur l'emplacement du fourrage ont été créés pour modéliser le dépôt de la région de DJEMI-DJEMA

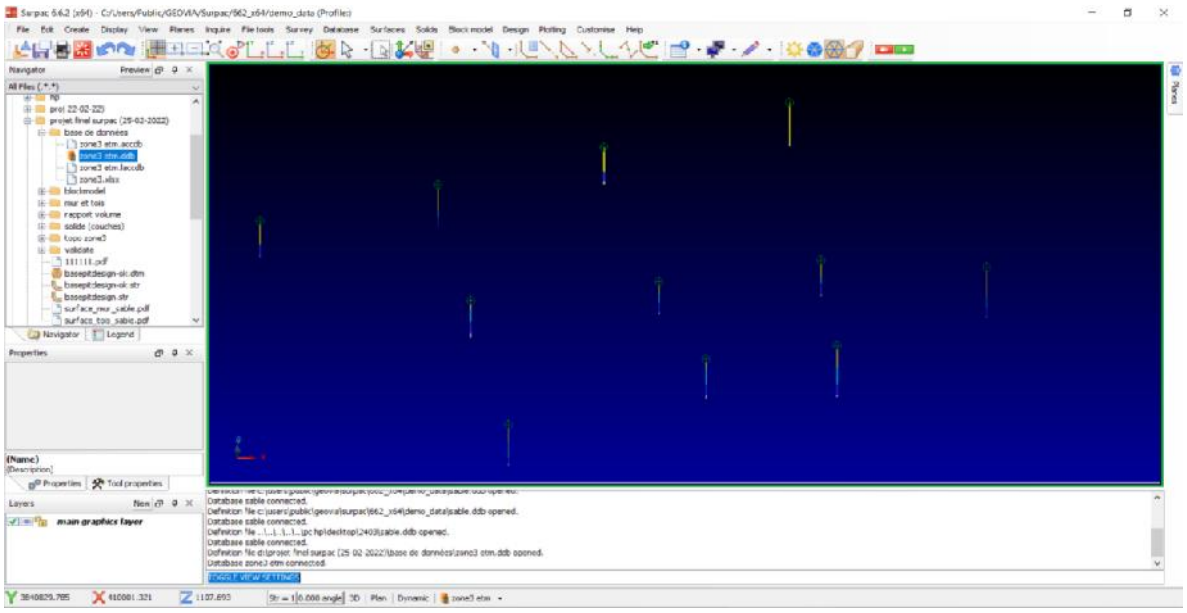


Figure Ⅲ.8. L'implantation des sondages de prospection dans le logiciel Surpac.

.1.1.6. Création des sections parallèles

Les forages sont liés en sélectionnant une section parallèle à la direction de meilleure distribution de logs de sondage, et sont ensuite numérisés pour former des chaînes de minerai qui seront encore concaténées pour couvrir l'intégralité du dépôt. Cette étape consiste la première phase de construction de modèle solide.

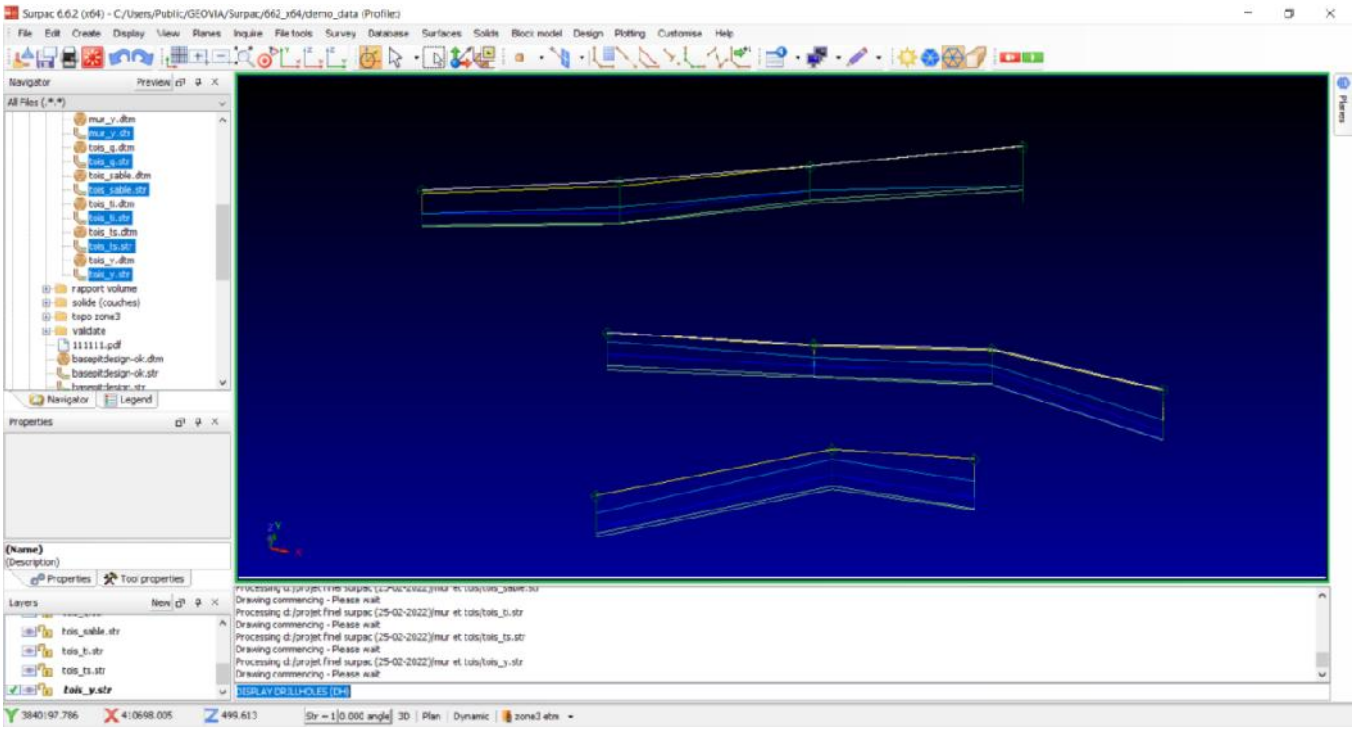


Figure Ⅲ.9. Les planes des sections parallèles (string) du corps minéralisé.

.1.1.7. Modélisation de mur et de toit de couche de sable

Création du fichier DTM C'est le fichier qui va montrer la forme 3D. Le Surpac utilise le fichier « STRING » pour pouvoir créer le fichier « DTM ». Le principe est de créer, à partir de la fenêtre « surfaces » du logiciel Surpac, une nouvelle extension «. Dtm » du site à modéliser.

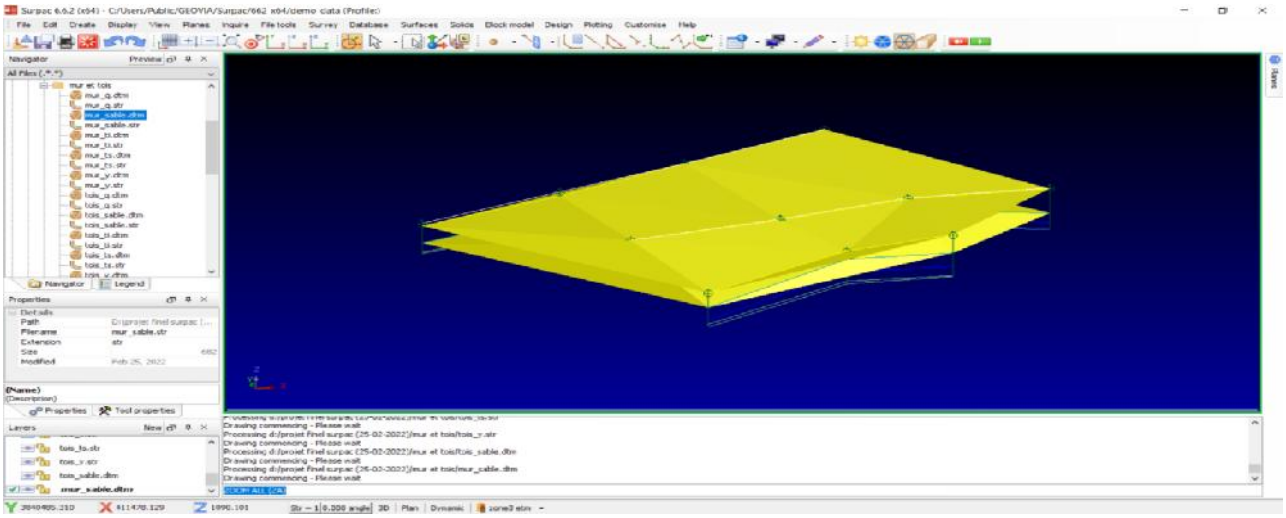


Figure Ⅲ.10. Le mur et le toit de couche de sable.

.1.1.8. Modélisation de corps minéralisé.

Après avoir créé le mur et le toit, la forme de la couche de sable est créée en 3D

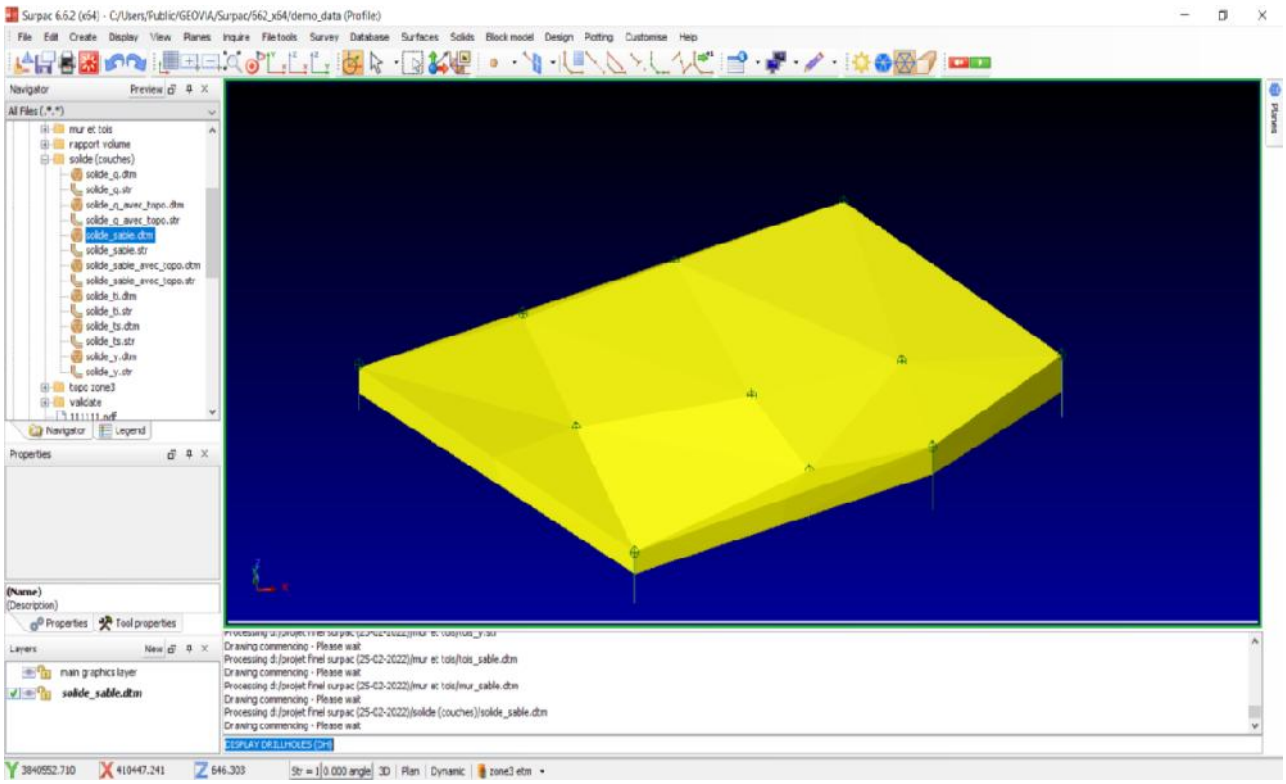


Figure Ⅲ.11. Corps minéralisé

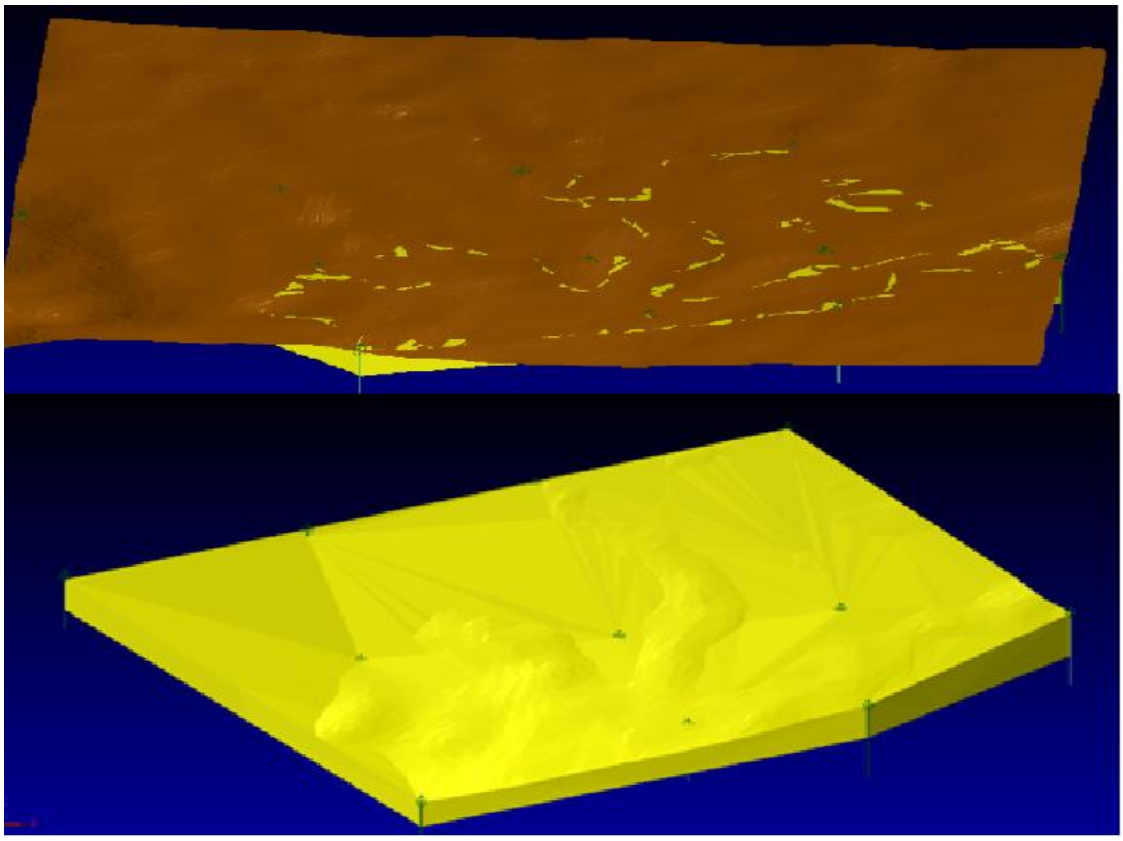


Figure Ⅲ.12. Projection de plan topographique sur le corps minéralisé

.1.1.9. Présentation de tous les couches de zone 3

Après avoir suivi les mêmes étapes précédentes, toutes les couches de la zone 3 seront créées

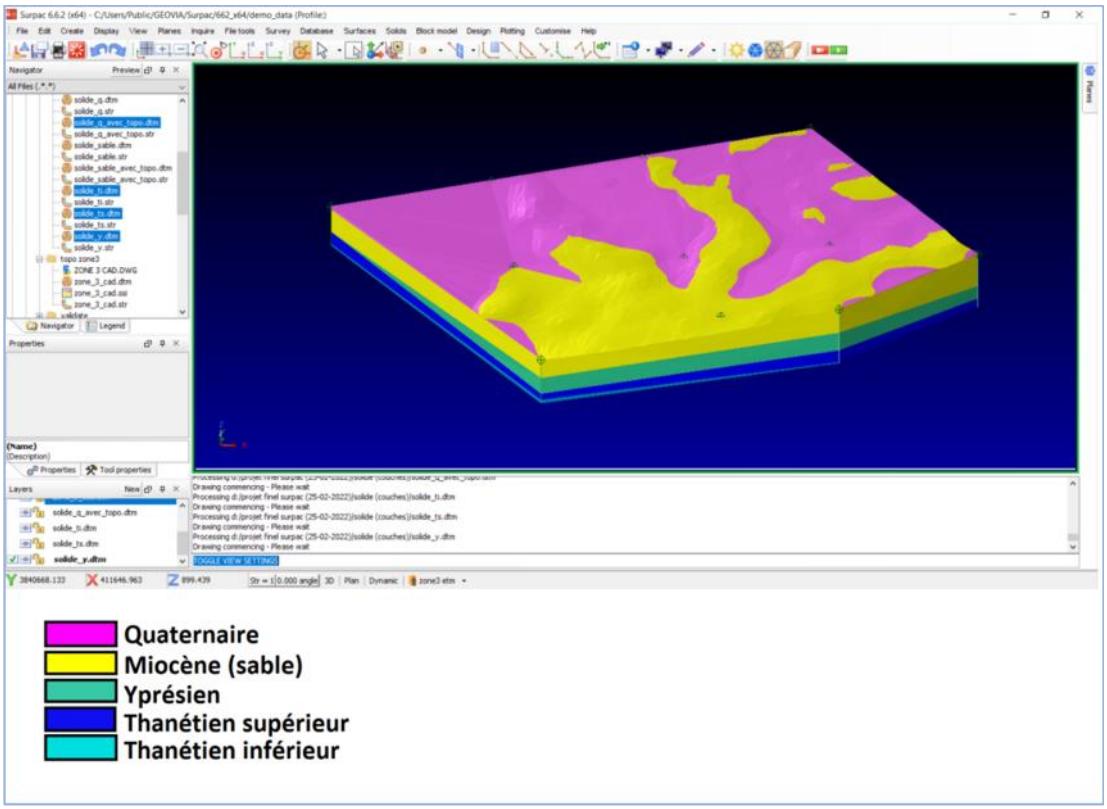


Figure Ⅲ.13. Les couches de zone 3 de DJEMI-DJEMA

.1.1.10. Détermination de tonnage de sable à l'aide de Surpac

Après avoir construit le solide modèle de couche de sable, logiciel Surpac nous fait un rapport sur le volume de cette couche en fonction de ses dimensions.

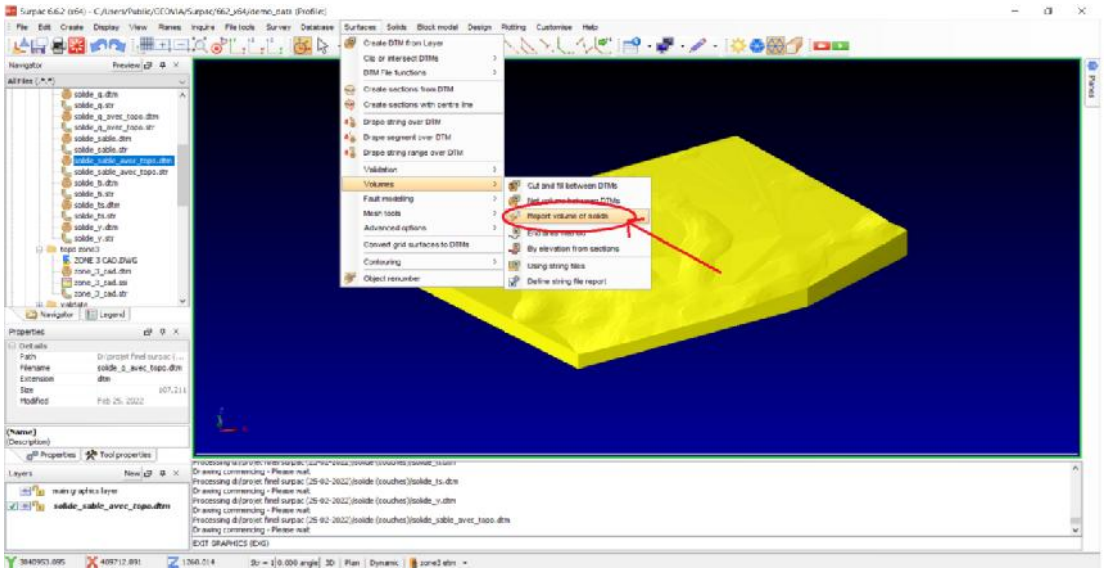


Figure Ⅲ.14. Demande de rapport de volume de solide

- Le rapport de volume de couche de sable

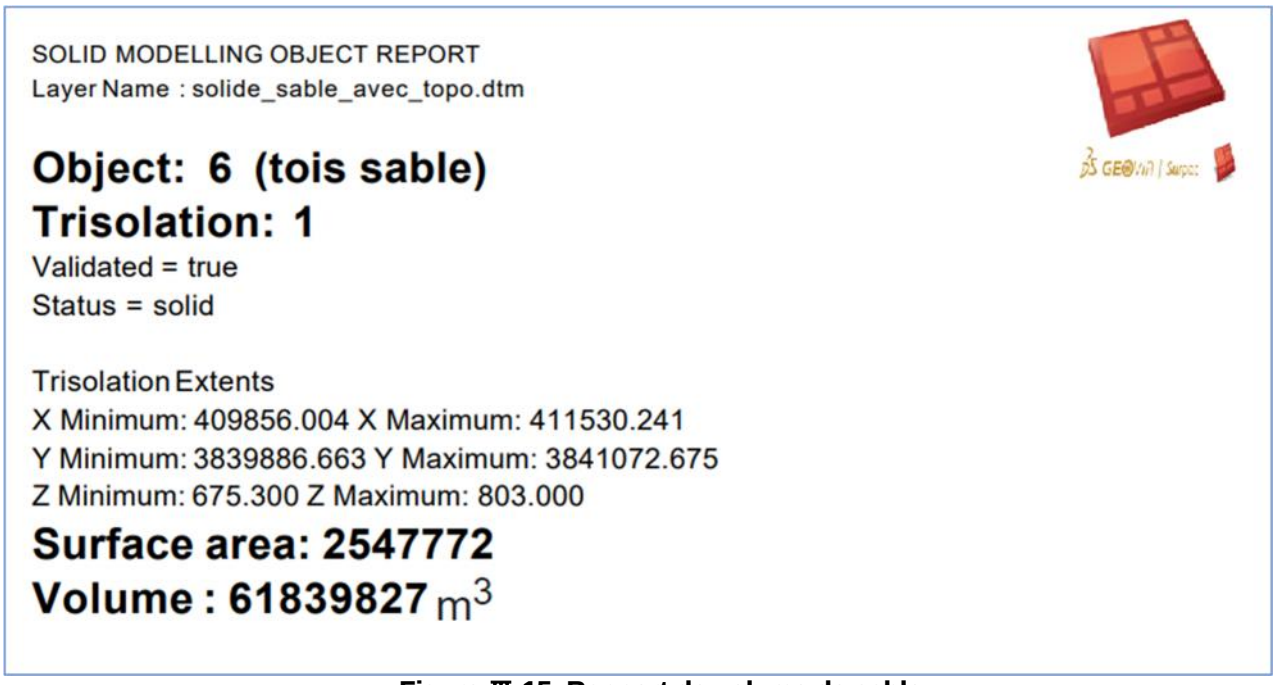


Figure Ⅲ.15. Rapport de volume de sable

Après avoir obtenu le volume de solide de sable, nous calculons le tonnage de sable selon la formule suivante:

Tonnage= volume × masse volumique

Donc: Tonnage de sable = 61839827 × 1.75 = 108219697.25

- La quantité de sable entre les onze sondages de zone 3 est **108219697.25 tonnes**

.1.2. L'estimation qualitative

Les sables du miocène sont hétérogènes et hétrogranulaires dans leur ensemble, ils forment des couches à stratifications entre croisée très nette sur certain granoclassement. Dans la partie inférieure de l'assise sableuse, les sables sont grossiers, mais très vite ils passent à des sables fins à moyen blanchâtres irréguliers centimétriques.

Le zone 3 de DJEMI-DJEMA, sont constitués en majorité par des sables de couleur blanche/ jaune. Localement, on peut remarquer ces affleurements

.1.2.1. Fiche technique pour le sable du DJEMI-DJEMA

Il a été réalisé au niveau du laboratoire du complexe minier de djebel Onk

- **L'échantillonnage**

L'échantillonnage est effectué dans la zone 3 du gisement de Djemi-djema




Figure Ⅲ.16. Comment prélever des échantillons

.1.2.1.1. Analyses chimiques

a- SABLE BLANC BRUT

Elément	Formule	٪
Silice totale	SiO2	97.60
Oxyde d'aluminium	Al2O3	0.83
Oxyde de fer	Fe_2O_3	0.30
Oxyde de calcium	CaO	0.60
Oxyde de magnésium	MgO	0.70
Oxyde de potassium	K_2O	0.50
Oxyde de sodium	Na_2O	0.10
Oxyde de titane	TiO_2	0.049
Oxyde de chrome	Cr_2O_3	0.037
Oxyde de manganèse	MnO	0.011
Anhydride phosphorique	P_2O_5	0.086
Anhydride sulfurique	SO_3	0.26
Perte au feu	/	0.38

Tableau Ⅲ.1. Composantes chimiques de sable blanc brut

b- SABLE JAUNE BRUT

Elément	Formule	٪
Silice totale	SiO2	96.00
Oxyde d'aluminium	Al2O3	0.91
Oxyde de fer	Fe_2O_3	0.35
Oxyde de calcium	CaO	0.84
Oxyde de magnésium	MgO	0.20
Oxyde de potassium	K_2O	0.30
Oxyde de sodium	Na_2O	0.12
Oxyde de titane	TiO_2	0.042
Oxyde de chrome	Cr_2O_3	0.062
Oxyde de manganèse	MnO	0.011
Anhydride phosphorique	P_2O_5	0.373
Anhydride sulfurique	SO_3	0.24
Perte au feu	/	0.62

Tableau Ⅲ.2. Composantes chimiques de sable jaune brut

.1.2.1.2. ANALYSES GRANULOMETRIQUES

Maille (mm)	Sable blanc brut (٪)	Sable jaune brut (٪)
8	00	00
6.30	00	00
5	00	00
4	00	0.97
2	0.54	1.32
1.00	8.68	5.13
0.800	9.19	4.24
0.630	6.75	7.57
0.500	16.13	5.00
0.400	17.35	14.14
0.315	12.95	16.06
0.250	10.87	20.35
0.200	4.57	13.56
0.160	3.29	3.89
0.125	2.65	2.77
0.100	1.93	1.73
0.080	1.76	1.24
0.063	0.42	0.37
0.050	0.62	0.40
<0.050	2.30	1.26
Totale	100	100

Tableau Ⅲ.3. Analyse granulométrique

On peut conclure ce qui suit:

- L'épaisseur des sables miocènes variait entre **25** et **40** mètres la majeure partie du zone 3. Cette épaisseur augmente considérablement sur ses flancs (**65** à **75** m au nord et **70** à **95** m au sud).
- Pour la surface étudiée entre les onze sondages, le tonnage de sable est d'environ **108** millions de tonnes.
- La volume de stérile de recouvrement est de **2554408 m^3**
- Cette quantité caractérisée par un pourcentage très élevé de silice, environ **96٪** pour le sable jaune et **97.60٪** pour le sable blanc.
- Selon L'analyse granulométrique, on dit que c'est un sable moyen.
- Selon la dureté des roches on trouve que le sable étudie est friable et les grains de sable sont libre (**C=0**). (Voir l'Annex)

.1.3. Essai d'équivalent de sable (NF P 18-598)

.1.3.1. Objet d'essai

La présente norme a pour objet de définir une caractéristique des sables intitulée « équivalent de sable » et de fixer la méthode permettant de déterminer cette caractéristique.

Appareillage

- Un piston
- Eprouvette cylindrique en matière plastique
- Agitateur mécanique
- Un tube laveur
- Un flacon (lavante)

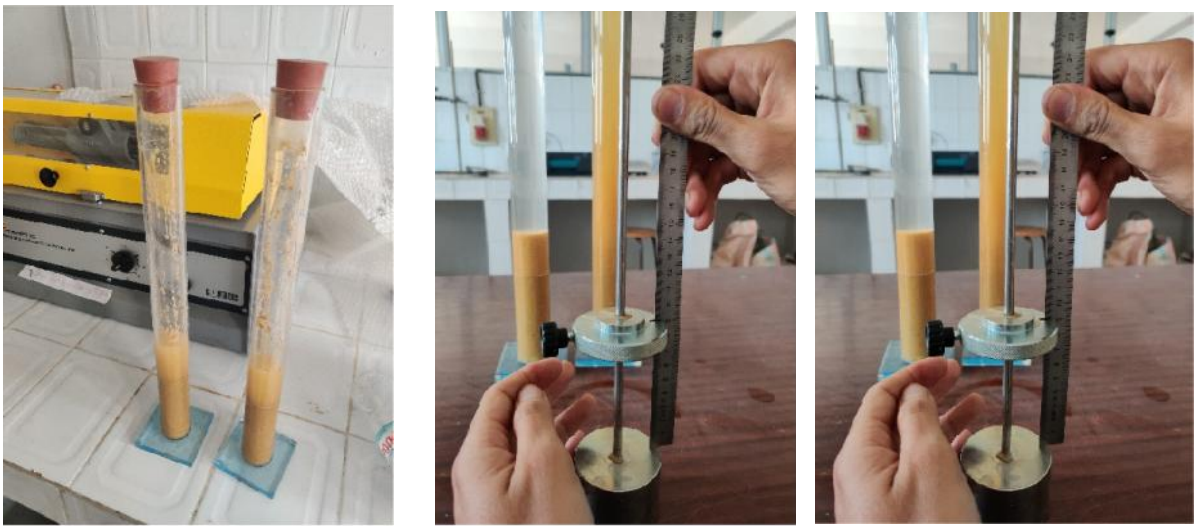


Figure Ⅲ.17. L'essai d'équivalent de sable

.1.3.2. Les résultats et interprétation des résultats :

	1er éprouvette	2ème éprouvette
Hauteur floculat h1	**10.01**	**10.4**
Hauteur floculat h2	**7.3**	**7.8**
Rapport (h2/h1) ×100	**72.17**	**74.61**
Equivalent de sable: Es (٪)	**73.39**	

Tableau Ⅲ.4. Les résultats de l'essai d'équivalent de sable

L'équivalent de sable au piston est donné par la formule :

$$ES_p = H_2/H_1 \times 100$$

Les préconisations en matière de propreté pour les sables sont les suivantes :

E.S	Nature et qualité du sable
E.S < 60 %	Sable argileux : risque de retrait ou de gonflement. Sable à rejeter pour des bétons de qualité ou vérification plus précise de la nature des fines au bleu de Méthylène.
60 % ≤ E.S < 70 %	Sable légèrement argileux de propreté admissible pour les bétons de qualité courante quand le retrait n'a pas de conséquence notable sur la qualité du béton.
70 % ≤ E.S < 80 %	Sable propre à faible proportion de fines argileuses.
E.S ≥ 80 %	Sable très propre avec absence presque totale de fines argileuses

Tableau Ⅲ.5.: Tableau de classification la nature et qualité du sable.

.1.3.3. Interprétation des résultats :

La valeur de l'équivalent de Sable « ES » est de 73.39 %, aussi en consultant le tableau ci-dessus de classification de la nature et qualité du sable (zone colorée en rouge), ce résultat montre que le sable a un 70 % ≤ E.S < 80 % qui confirme que ce type de sol est un Sable propre avec faible proportion de fines argileuses.

Il découle de cette étude que les sables les plus abondants sont localisés dans la zone 3 de DJEMI-DJEMA et sont de nature quartzeuse et siliceuse, ce qui ouvre des perspectives certaines pour son exploitation dans **l'Industrie du verre**.

.2. Projection d'une exploitation à ciel ouvert

Les méthodes d'extraction des matériaux utiles à partir de la croute terrestre se classent en deux principales méthodes l'exploitation à ciel ouvert et les méthodes souterraines.

L'exploitation à ciel ouvert consiste à enlever les stériles de recouvrement et à accéder au gisement à partir du jour. On l'appelle également découvertes.

L'ensemble des ouvrages destinés à l'exploitation du gisement en découvertes s'appelle carrière, dans le cas général, une carrière a l'allure d'un cratère dont le profil est en gradins

.2.1. Les paramètres géométriques de la carrière:

Toute carrière doit être planifiée pour être réussie et fructueuse. C'est pour cette raison que vous devez créer un plan de carrière clair, simple et surtout réaliste, donc chaque carrière a ses paramètres.

Dans notre cas

- Selon le pendage qui a inférieure de 10°, on dit ce gisement est plat
- Dimensions: ils sont calculés à l'aide de **SURPAC**
  - La longueur est de **1288 m**
  - La largeur est de **890 m**
  - La profondeur finale est de **95 m**
- Contour supérieur est de **1300 m**
- Contour inférieure est de **1090 m**



Figure Ⅲ.18. Le gisement de sable de Djemi-djema (zone3)

.2.2. Processus d'exploitation (méthode et mode d'ouverture)

Lorsque les gisements sont situés à une faible profondeur dans le sol, on les exploite le plus souvent à ciel ouvert, après avoir enlevé au préalable les terrains de recouvrement.

On va déduire une méthode d'exploitation la plus convenant et le mode d'ouverture les plus favorables.

- **Méthode d'exploitation**

C'est l'ensemble des opérations technologique d'une succession des travaux d'extraction des minerais et de stérile, dans un ordre bien déterminé.

Notre cas d'étude, il s'agit d'une exploitation d'un gisement de sable de surface dont la profondeur finale de 95 m, Selon ces caractéristiques, la mode d'exploitation appliquée est à ciel ouvert et l'exploitation de gisement de sable dans notre cas se fait par fonçage. **[15]**

- **Rapport de découverture**

Mathématiquement, le rapport de découverture est défini par:

$$R_d = \frac{\text{Volume des stériles déplacés}}{\text{Volume de minerai récupéré}}$$

Alors: $R_d = 2554408\ m^3 / 61839827\ m^3$

Donc : **$R_d = 0.041$**

⟩ Choix du mode d'ouverture

Le choix du mode d'ouverture dépend des paramètres de la carrière nécessitant d'être retenue et qui doivent faire l'objet d'une étude détaillée sont :

- Dimension de la carrière en plan ;
- Profondeur finale ;
- Réserve en minéraux utiles et volume des roches stériles
- Production annuelle ;
- Durée de l'exploitation de la carrière (durée de vie) ;
- Les conditions géologiques et hydrogéologiques du gisement ;
- Les capacités des engins miniers (bulldozer, chargement, transport) et ses caractéristiques dimensionnelles (longueur et largeur)

L'ouverture choisie doit assurer :

- L'exploitation du gisement la plus rentable ;
- Le bon fonctionnement des engins ;
- La productivité planifiée ;
- La sécurité du travail ;

Dans notre cas le gisement est horizontal et situe à une petite profondeur donc l'exploitation se fait à ciel ouvert, et l'ouverture la plus adopté est par tranchées de groupe. **[15]**

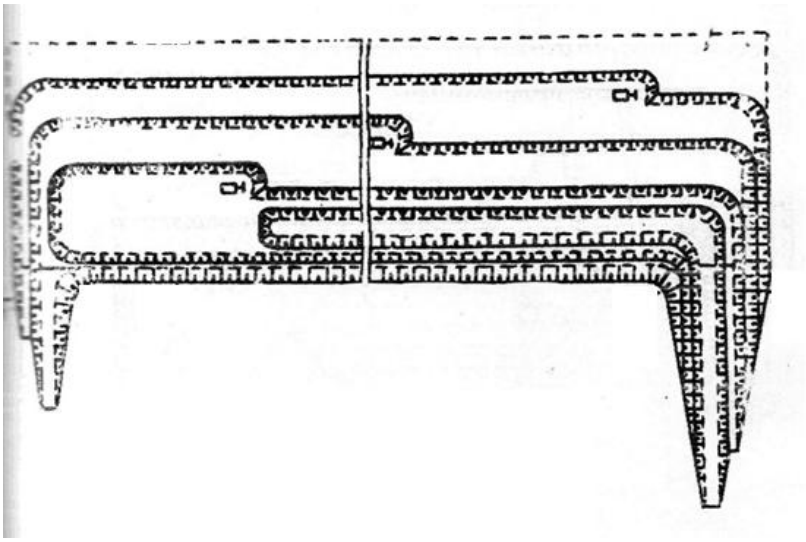


Figure Ⅲ.19. Mode d'ouverture Par tranchées extérieurs de groupe (1.2)

Ouverture par tranchées de groupe

Parois une tranchée commune assure la liaison entre les gradins au rocher et la surface tandis que l'autre tranchée commune sert à l'évacuation des produits provenant des gradins au minerai.

Dans le cas étudié (tranchée pour six gradins et l'autre pour sept gradin). On dit alors que l'ouverture est faite par tranchées de groupe.

Cela pernet d'appliquer de différents types d'engins de transport pour les gradins supérieurs et ceux inférieurs.

.2.3. Principaux éléments du système d'exploitation choisie

.2.3.1. La hauteur du gradin

En général lors de l'exploitation des gisements horizontaux et peu inclinés la hauteur du gradin est déterminée en fonction de la puissance des couches de minerai et stériles. Dans notre cas les roches étant meubles leur fragmentation s'effectue par les travaux d'abattage mécanique, la hauteur des gradins est :

$$Hg = Hc\ max$$

Hc max : Hauteur de creusement maximale de l'engin de chargement, **m**.

Les engins disponibles au niveau de l'entreprise sont de hauteur de creusement maximale de **7 à 12** m

Donc pour assurer la stabilité de gradin on propose :

$$Hg = Hc = 7\ m$$

Selon la profondeur finale de la carrière qui est égale 95 m

Le nombre de gradins est:

$$Ng = Pf / Hg$$

$$Ng = 95/7$$

$$Ng = 13\ gradins$$

.2.3.2. L'angle du talus des gradins

L'angle du talus des gradins doit assurer la stabilité des gradins et dépend des paramètres physico-mécaniques de la roche et des engins miniers.

Le respect de cette norme permet de maintenir la stabilité des gradins.

Dans les conditions actuelles, l'angle du talus des gradins est **30°** ce qui est admissible.

Caractéristique Des roches	Coefficient du durté selon protodiakonov	Angle de talus du gradin	Angle de talus du bord inexploitable pour une profondeur (°)			
			90 m	180 m	240 m	300 m
Extrement dure	15-20	75-85	60-68	57-65	53-60	48-54
Dure	8-14	65-75	50-60	48-57	45-53	42-48
Durté moyenne	3-7	55-65	43-50	41-48	39-45	36-43
Tendre	1-2	40-55	30-43	28-41	26-39	
Meuble et végétale	0.6-0.8	25-40	21-30	20-28		

Tableau Ⅲ.6. Angle de talus du gradin et du bord inexploitable

.2.3.3. Caractéristiques des pistes

La largeur de la chaussée des routes dépend des gabarits de moyens de transport, de la vitesse de circulation et du nombre de voies de circulation.

Elle peut être déterminée par les formules :

- ✓ **Circulation à une seule voie**

T = a + (2x C), m Où :

a : largeur de la benne du camion(la plus grosse benne CAT 735B), (**a = 5.43 m**),

C : largeur de la bande de sécurité, (m) **C=0,5+0,005 V**

Avec :

V : la vitesse moyenne de circulation des camions (**V = 45 km/h**).

Donc : **C= 0,725≈ 1 m**

Alors :

$$T = 5.43 + (2x\ 1) = 7.43 \approx 7.5\ m$$

- ✓ **Circulation à double voie**

T=2×(a+C) + X Où :

X : distance entre les bennes des camions, **X=2xC ; X=2 m.**

Alors

$$T=2x\ (5.43+1) +2=14.86 \approx 15\ m$$

.2.3.4. Largeur de la plate-forme de travail

L'état des plates-formes est un facteur important pour l'obtention de bonne condition de travail, La largeur de la plate-forme de travail est commandée par

les dimensions des engins miniers (chargement et transport) ainsi que la méthode d'abattage [15].

Dans notre cas, puisque l'abattage est mécanique, la largeur minimale de la plateforme de travail est donnée par la formule suivante :

$$Lpt = A + C + T + Z \ ; (m)$$

Où :

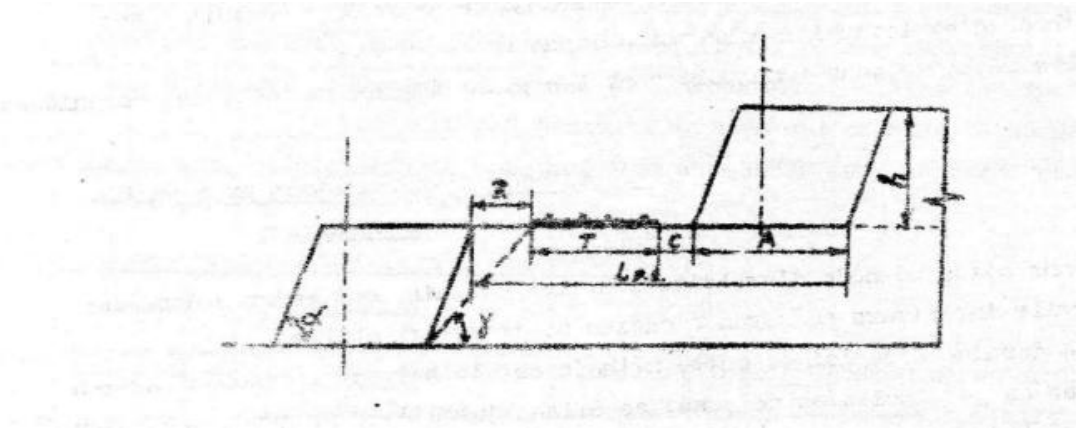
A : la largeur du tas d'éboulis. (m) ;

C : Distance entre l'arête inférieure du tas et la voie de transport(m) ;

T : Largeur de la voie de transport (m) ;

Z : Largeur du prisme éventuel d'éboulement (m).

Voici un schéma qui représente une plate-forme de travail



Figue Ⅲ.20. Plateforme de travail en terrains tendres

A : la largeur du tas de sable

Elle se définit approximativement par : **A = 1,5×Rc**

Où **Rc** : le rayon de creusement à l'excavateur **Rc=12,6 m**

$$A= 1,5×12,6 = 18,9 ≈19 \ m$$

C : distance de sûreté entre l'arrête inférieure du gradin exploité et la bande de transport. En pratique on considère **C = 2,5 mètres**

- **Prenons par défaut 2,5 mètres**

T :la largeur d'une bande de transport suivant le type de moyen de transport et le schéma de circulation.

Z : base du prisme d'éboulement du gradin (mètre), elle s'exprime par la relation suivante :

$$Z = Hg× (cotg \ \alpha – cotg \ \Phi) \ ;(m)$$

Soit encore **Z= (20 à 50%) × Hg**

Donc : **Z=0.5 × 7 = 3.5m**

Alors :

Lpt = 19+2,5+15 +3,5= 40 mètres

La largeur de plate-forme de travail est supérieure à 40 mètres.

.2.3.5. Angle d'inclinaison du talus du bord exploitable

Tenant compte des paramètres d'exploitation ci-après :

- Hauteur des gradins (hg) : **07m**
- Profondeur de la carrière (Hc) : **95 m**
- Angle du talus du gradin (ℑ) : **30°**
- Angle de talus du bord exploitable : **β ≈ 14 °**, calculé par la formule suivante:

$$\mathbf{Tan}\ \beta_{ex} = \frac{\sum_{i=3}^{n} Hgi}{\sum_{i=2}^{n} Pt + \sum_{i=3}^{n} Hgi * \cot\propto}$$

.2.3.6. La production annuelle et la durai de vie de la carrière

La production de la mine établie d'habitude sur la base d'un plan du est développement à long terme de l'industrie minière.

Elle dépend de facteurs économiques et dans une très large mesure de la nature du gisement. Parmi les très nombreux facteurs qui interviennent pour déterminer la production de la mise, signalons :

- L'état du marché intérieur et extérieur ; en cas d'un marché limité on ne peut construire qu'une mine avec une production restreinte ;
- La qualité de minerai ; elle joue un rôle essentiel sur le coût du traitement et sur la quantité des produits finis ;
- Les réserves de minerai et le degré de leur prospection ; avec une production prévue elles définissent la durée de vie de la mine,
- Les conditions techniques et minières de l'exploitation ;
- Le délai de la mise en marche de la mine.

La production de la mine, une fois établie, influe sur tous les éléments de l'entreprise : dimensions des ouvrages de découpage et de préparation ; capacité d'extraction, de transport, de laverie ; importance de bâtiments de l'exploitation ; effectif de mine ; volume des constructions locatives… etc. **[15]**

Pour calculer la production annuelle, nous appliquons les formules empiriques suivantes :

$$\mathbf{P = V \times h_m \times L_{f\times} \times k_{ex} (1 + k_d); [T/an]}$$

Où : V : vitesse annuelle de progression des travaux miniers, [m/an]

Sm : surface de la zone de travail en minerai, [m2]

Hm : puissance de la couche du minerai, [m]

Lf : Largeur du Front de Travail en minerai, [m]

ϫ : masse volumique, [T/m3]

K ex : Coefficient d'extraction des Réserves, [sans dimension]

Kd : Coefficient de dilution du minerai, [sans dimension]

La Vitesse annuelle de progression du Front des Travaux miniers peut être calculée par la formule suivante :

$$V = (n \times Q) / Sm$$

Où : n est le nombre d'excavateurs, et Q le Rendement d'un excavateur.

Le Rendement d'excavateur Q calculée par la formule suivante :

$$R_{CH} = \frac{3600 \times E \times K_r \times T_P \times K_U}{T_c \times K_f} \text{ ; m}^3\text{/poste}$$

Où :

- ✓ E : est la capacité du godet, E = 8,7 m3
- ✓ TP est la durée d'une poste, TP=7 h
- ✓ Ku est le coefficient d'utilisation de la chargeuse durant le poste, on prendra Ku= 0,8
- ✓ Kr : est le coefficient de remplissage, on prendra Kr=0.95
- ✓ Kf : est le coefficient de foisonnement, on prendra Kf=1.40
- ✓ TC : est le temps du cycle, Tc=50 sec

$$R_{CH} = \frac{3600 \times 8.7 \times 0.95 \times 7 \times 0.8}{50 \times 1.40}$$

R_{ch}= 2380.32 m^3/poste

Donc:

V= (2 × 2380.32) / 23.04

V= 206,625 m/an

Alors ;

P= 206.625 ×60× 100 × 1.75 ×0.95(1+0.05)

P≈2164138 t/an

La grande quantité de sable, qui s'élevait à 108 millions de tonnes, et en raison des bonnes conditions d'exploitation, la production annuelle est de **2164138 t/an**.

- La durai de vie de carrière est calculé par la formule suivante:

Tm= Q/A

Dont:

- Q ; la quantité totale de minerai
- A ; la production annuelle de carrière

Alors,

Tm= 108219697.25/ 2164138

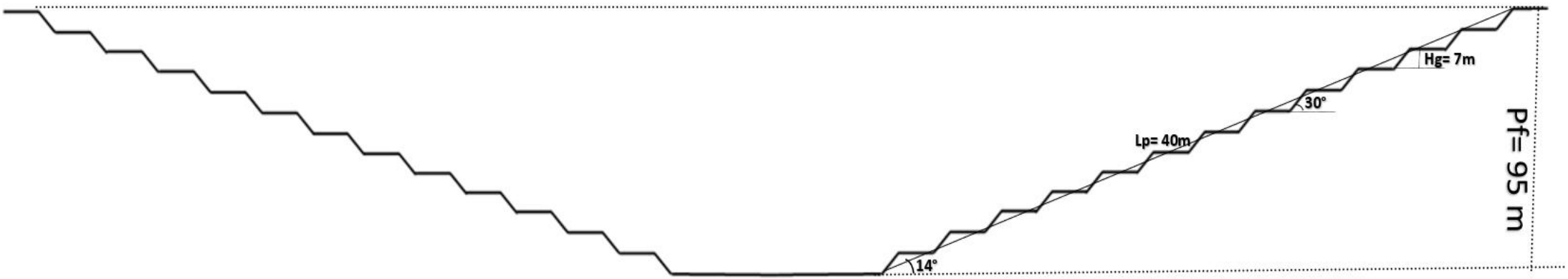
Tm= 50 ans

Le tableau suivant résume les différentes dimensions des éléments fondamentaux du design de la carrière.

N°	L'élément	Dimension
Les éléments géométriques		
01	Pendage	<10°
02	Longueur	1288 m
03	Largeur	890 m
04	Profondeur finale	95 m
05	Contour supérieure	1300 m
06	Contour inferieure	1090 m
Les paramètres d'exploitation		
08	Rapport de découverture	0.041
09	Hauteur de gradin	7 m
10	L'angle du talus des gradins	30°
11	La largeur de la chaussée des routes	15 m
12	Largeur de la plate-forme de travail	40 m

13	L’angle de bord exploitable	14°
14	Production annuelle	2164138 T/ans
15	Durai du vie	50 ans

Tableau Ⅲ.7. Les différentes dimensions des éléments fondamentaux de la carrière.



Les éléments essentiels de carrière:

Pf = 95 m

Hg= 7 m

Lpf = 40 m

ℑ= 30°

β ≈ 14,5°

Figue Ⅲ.21. **La carrière de sable de Djemi-djema zone 3**

.4. Conclusion

L’estimation de réserve détermine donc la rentabilité et l’exploitabilité d’un gisement qui affecte le volume d’investissement nécessaire car elle nous aide à prendre les décisions nécessaires dans un projet d’exploitation donné.

Par conséquent, comme dans notre cas, il est recommandé d’utiliser des logiciels de traitements de données tel que le Surpac afin d’obtenir des résultats fiables et pour en déduire les risques à courir avant d’engager dans un investissement que ce soit à long terme ou à court terme.

L’application d’une méthode d’exploitation bien définie nous permet d’utiliser au mieux ces ressources disponibles.

Conclusion générale

Conclusion générale

Le présent travail a été principalement centré sur les conditions d'exploitation de gisement de sable qui situé dans la zone 3 de Djemi-djema, pour se prononcer sur l'éventualité de son utilisation dans les différents domaines industriels dont nous avions cité les plus importants.

Notre mémoire s'est articulé autour de deux objectifs essentiels. Le premier est de l'estimation des réserves en point de vue quantitative et qualitative.

Le second centre d'intérêt c'est la projection d'une exploitation à ciel ouvert sur ce cas.

L'utilisation d'outils informatiques (logiciel GEOVIA Surpac) nous a permis d'atteindre l'objectif de ce travail.

- La quantité de sable dans la zone 3 de Djemi-djema est de **108219697.25 tonnes**
- Cette quantité caractérisée par un pourcentage très élevé de silice, environ **96٪** pour le sable jaune et **97.60٪** pour le sable blanc.
- Les dimensions de la majorité des grains varie entre **(0.500 - 0.250)** mm donc c'est un sable moyen

Les propriétés de ce sable nous permettent de l'utiliser dans le domaine de l'industrie du verre et probablement d'autres domaines.

Bibliographie

Bibliographie

[1] Projet de Kef Essenoun : projet d'exploitation de la mine de Kef Essenoun 2017.

[2] : KECHICHED, R., "Typologie géochimique et géostatistique des minerais de phosphates du gisement de Bled El Hadba-Djebel Onk (Algérie Orientale)", Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar-Annaba, 2011.

[3] Prian, G. P. et Cortiel Ph., [1993] - Etude de développement du gisement de phosphate de Djebel Onk (Algérie). Rapport d'expertise géologique, B.R.G.M. France.

[4] plan d'exploitation de la mine de djebel el Onk 2022.

[5] rapport BRGM R 36064 DEX-DMM 92 (chap3- gisement de Djemi-djema)

[6] LAZAR KHALED : caractérisation et valorisation du sable du grand ERG oriental, résumer mémoire de magister U.S.T.H.B

[7] Site disponible sur : http://www.groupes.polymtl.ca/glq1100/Sables/identification_sable.html

[8] M. Ousseni MONE ETUDE DE L'INFLUENCE DE LA QUALITE DU SABLE SUR LPROPRIETES PHYSICO-MECANIQUE D'UN BETON COURANT (2015/2016)

[9] Azzouz Hocine : « étude des bétons à base des sables de dune », Mémoire de Magister Université Mohamed kheider, biskra, 2009

[10] REZIG Salima : « Optimisation de la formulation du béton de sable dans le cadre de valorisation des matériaux locaux », Université Mohamed Khider, Biskra

[11] Philippe Chevalier Jean-Christophe Van den Schrieck : « Le sable naturel en Région Wallonne », Août 2011

[12] Benchaa Benabed1 , Lakhdar Azzouz1 , El-hadj Kadri2 , Akram Salah Eddine Belaidi1 , Hamza Soualhi2 : « Propriétés physico-mécaniques et durabilité des mortiers à base du sable de dunes », Université Amar Telidji de Laghouat, Algérie, Chambéry, Savoie, 6 a 8 juin 2012

[13] Site disponible sur : https://www.sdvl-garnay.fr/sable

[14] Site disponible sur : https://fr.geoguy.org/premium/2021/07/07/surpac-interface-graphique/

[15] Livre chibka: partie d'exploitation à ciel ouvert

Les normes

XP P 18-598 (octobre 1991) – Granulats – équivalent de sable.

Annexes

Annexe 1

Fiche technique de sable étudié

SOMIPHOS E.P.E S.P.A

SOMIPHOS

ش.ذ.م.م سوميفوس

Société des Mines de Phosphates
SOMIPHOS Spa. Filiale du Groupe MANAL
COMPLEXE MINIER DE DJEBEL-ONK
SERVICE LABORATOIRE

FICHE TECHNIQUE
Pour sable du complexe minier de djebel onk

I-ANALYSES CHIMIQUES :

*(SABLE BLANC BRUT POUR FILTRATION) :

Elément	Formule	%
Silice Totale	SiO_2	97.60
Oxyde d'aluminium	Al_2O_3	0.83
Oxyde de fer	Fe_2O_3	0.30
Oxyde de calcium	CaO	0.60
Oxyde de Magnésium	MgO	0.70
Oxyde de potassium	K_2O	0.50
Oxyde de sodium	Na_2O	0.10
Oxyde de titane	TiO_2	0.049
Oxyde de chrome	Cr_2O_3	0.037
Oxyde de manganèse	MnO	0.011
Anhydride phosphorique	P_2O_5	0.086
Anhydride sulfurique	SO_3	0.26
Perte au feu	/	0.38

*(SABLE JAUNE BRUT) :

Elément	Formule	%
Silice Totale	SiO_2	96.00
Oxyde d'aluminium	Al_2O_3	0.91
Oxyde de fer	Fe_2O_3	0.35
Oxyde de calcium	CaO	0.84
Oxyde de Magnésium	MgO	0.20
Oxyde de potassium	K_2O	0.30
Oxyde de sodium	Na_2O	0.12
Oxyde de titane	TiO_2	0.042
Oxyde de chrome	Cr_2O_3	0.062
Oxyde de manganèse	MnO	0.011
Anhydride phosphorique	P_2O_5	0.373
Anhydride sulfurique	SO_3	0.24
Perte au feu	/	0.62

Société des Mines de Phosphate SOMIPHOS, Spa Capital social de 1 600 000 000 DA Complexe Minier de Djebel Onk
BP 61/62 Bir El Ater 12200 Tebessa Algerie Tél : 213 37 64 37 41 Fax : 213 37 64 37 40 E-mail : co.somiphos@gmail.com

Annexe 2

Méthode d'analyse des sables

- Méthode d'Analyse des Sables -

purs (% SiO_2 92% jusqu'à 99,9%).

.) Réactifs:

1-) Acide Nitrique concentré HNO_3.
2-) Acide florydrique concentré HF.
3-) Pyrosulfate de potassium $K_2S_2O_7$.
4-) H Cl dilué.
5-) Acide sulfosalicylique.
6-) Ammoniaque concentrée et diluée 1:4.
7-) Solution de borate de sodium (voir préparation avec calcaires purs).
8-) Acide ascorbique à 1,5% dans l'eau.
9-) Papier congo.
10-) Acide clulorydrique IN (83 ml H Cl à 37% dans un litre d'eau).
11-) Solution d'amidon à 1% dans l'eau et fraichement préparée.
12-) Solution d'aluminion.
13-) Solution ph=4,7 : peser 55g de CH_3 COO NA, les dissoudre dans de l'eau distillée y ajouter 25 ml CH_3COO H pur et compléter à 1 litre.

-) B Mode Opératoire: a) Détermination de la PAF.

-) Pour les sables purs on commence toujours par effectuer la perte au feu (PAF).

-Prendre une prise d'essai de 1 gr de minerai préalablement séché à l'étuve portée à une Ø de 105°c - 110°c et cela pendant 9 heures (deux). Après avoir pesé dans les creusets en platine (pt) préalablement tarés (P_1), les introduire dans un four à monfle froid, augmenter progressivement la 0 jusqu'à 1000°c, et la maintenir pendant une heure. Retirer les creusets et les mettre dans un dessicateur; laisser refroidir et peser :(P_2).

$$\% \text{ PAF} = \frac{P_1 + 1gr) - P_2}{P.E} \times 100$$

P.E = 1gr: prise d'essai.

b) Détermination de la silice.

-) Après avoir terminé la PAF, prendre les creusets + minerai, ajouter 5 ml HNO_3, plus HF jusqu'au trois quart (3/4 du creuset. Evaporer jusqu'à sec. Reprendre par 5 ml HNO_3 et HF une deuxième fois. Porter à sec. Ajouter ensuite 3 ml HNO_3 porter encore à sec et cela trois (3) fois. Mettre les creusets dans un moufle porté à 1000°c pendant 20 minutes. Après, retirer dans un dessicateur, laisser refroidir et peser soit (P_3).

$$\% SiO_2 = \frac{P_2 - P_3)}{P.E} \times 100$$

P_2: poids du creuset + minerai après calcination de la PAF.

P.E = 1 gr: prise d'essai.

- Ajouter environ 0,5 gr de pyrosulfate de potassium $K_2S_2O_7$ dans les creusets en platine (après la calcination de la silice). Faire la fusion dans un moufle porté à 600°-700°c jusqu'à obtention d'un liquide jaune, huileux. Retirer, laisser refroidir et ajouter 15 à 20 ml H Cl 1:1 (moitié du creuset). Porter sur plaque chauffante dissolution du culot de fusion. Transvaser ensuite cette solution dans une fiole de 250 ml. Jauger jusqu'au trait avec de l'eau distillée. Bien agiter cette solution nous servera pour le dosage des autres éléments.

c) Détermination du Fe_2O_3 et de Al_2O_3 par colorimétrie.

-) Tout connue pour les calcaires purs, le fer et l'aluminium se trouvent en quantités trés faibles, pour cela leurs dosages se fera par colorimétrie.

-) Pour Fe_2O_3: Rappelons le mode opératoire.

prendre une aliquote de 10 ml dans des fioles de 50 ml y ajouter 10 ml d'acide sulfosalicylique à 25%. On obtient une coloration brune-violette. Neutraliser avec de l'ammoniaque jusqu'à coloration jaune de la solution. Ajouter un excés de 3 ml. Jauger jusqu'au trait avec de l'eau distillée, et passer au colorimètre. Comparer vos résultats avec ceux portés sur les tables des standars.

-) Pour Al_2O_3: Prendre une aliquote de 1 ou 2 ml dans des fioles de 100ml. Ajouter 10 ml de borate de sodium + 3 ml acide ascrobique à 1,5% dans l'eau bien agiter. Introduire un petit bout de papier congo. Neutraliser avec NH_4OH jusqu'au virement du papier au rose. Ajouter H cl 1 N jusqu'à récoloration du papier congo au bleu. Par la suite 2 ml d'acide ascorbique sont mis en excés + 0,5 ml d'amidon 1%. Ajouter pour le complexe, 15 ml d'aluminion. La solution devient rose-rouge. Compléter au trait de jauger avec de la solution tampon PH 4,7. Bien agiter et laisser reposer quatre heures (4)avant de passer au colorimètre, car le complexe (aluminion + Al) est long à se former.

Après passage, comparer vos résultats obtenus avec ceux des standars portés des tables.

d) Détermination de CaO, MgO, TiO_2, MnO, P_2O_5.

Le calcium et le magnésium se déterminent par volumétrie avec une solution d'EDTA 0,05N tout comme les silicates.

Le titane, le manganèse, le phosphore se déterminent par colorimètrie, tout comme les silicates aussi.

Annexe 3

L’essai de cisaillement

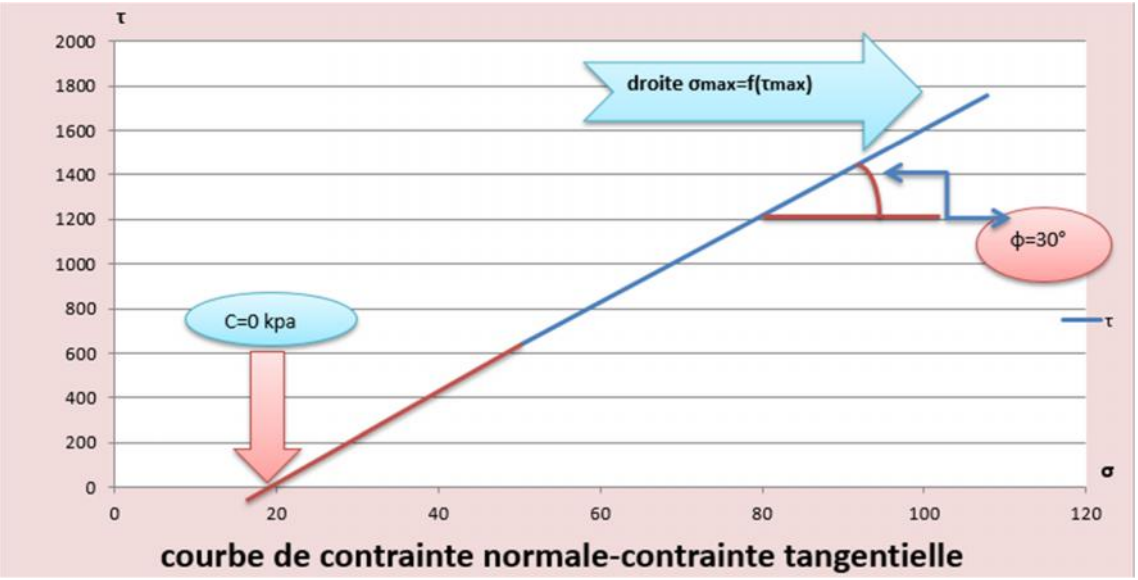
Courbe déplacement horizontale- contrainte tangentielle (les trois essais).

Les paramètres maximaux des différents essais.

Essai	σ_{max}(kpa)	$\tau_{(max)}$ (kpa)
Essai 01	**50.35**	**636.96**
Essai 02	**107.83**	**1758.32**
Essai 03	**160.42**	**1560**

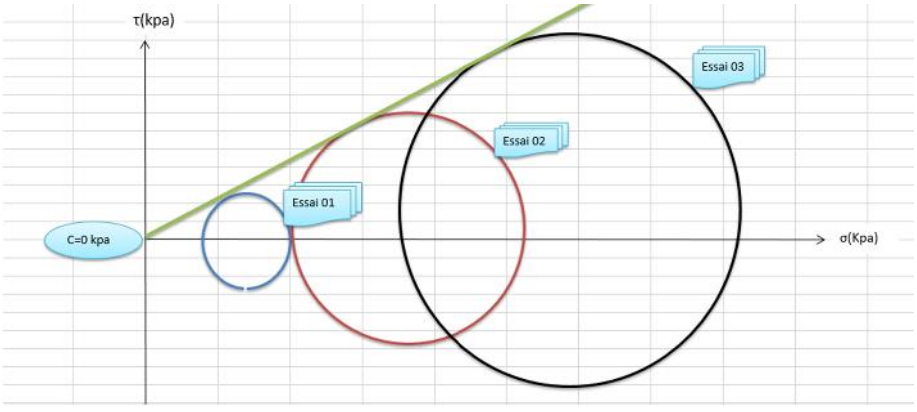
On obtient à cette figure :

Un minimum de trois essais est nécessaire pour déduire les paramètres de résistance de Coulomb-Mohr.



Courbe intrinsèque du sol.

a) L’enveloppe de cercle de Mohr :



Annex 4

Essai d'équivalent de sable

Fiche N° : .....

Equivalent de sable

Norme : EN 933-8 : 1999

Laboratoire : de Génie civil (UBMA)	
Désignation de l'Echantillon : Sable 0/4,	**Date** : 20/02/2020
Opérateur : Nom et prénom	
Provenance (Origine): Oued El Aneb – Annaba	
Chantier : 100 Logements à Draa Erriche	
Masse de l'échantillon initiale sèche ..... (g)	$\rho_{abs} = 2{,}61\ g/cm^3$

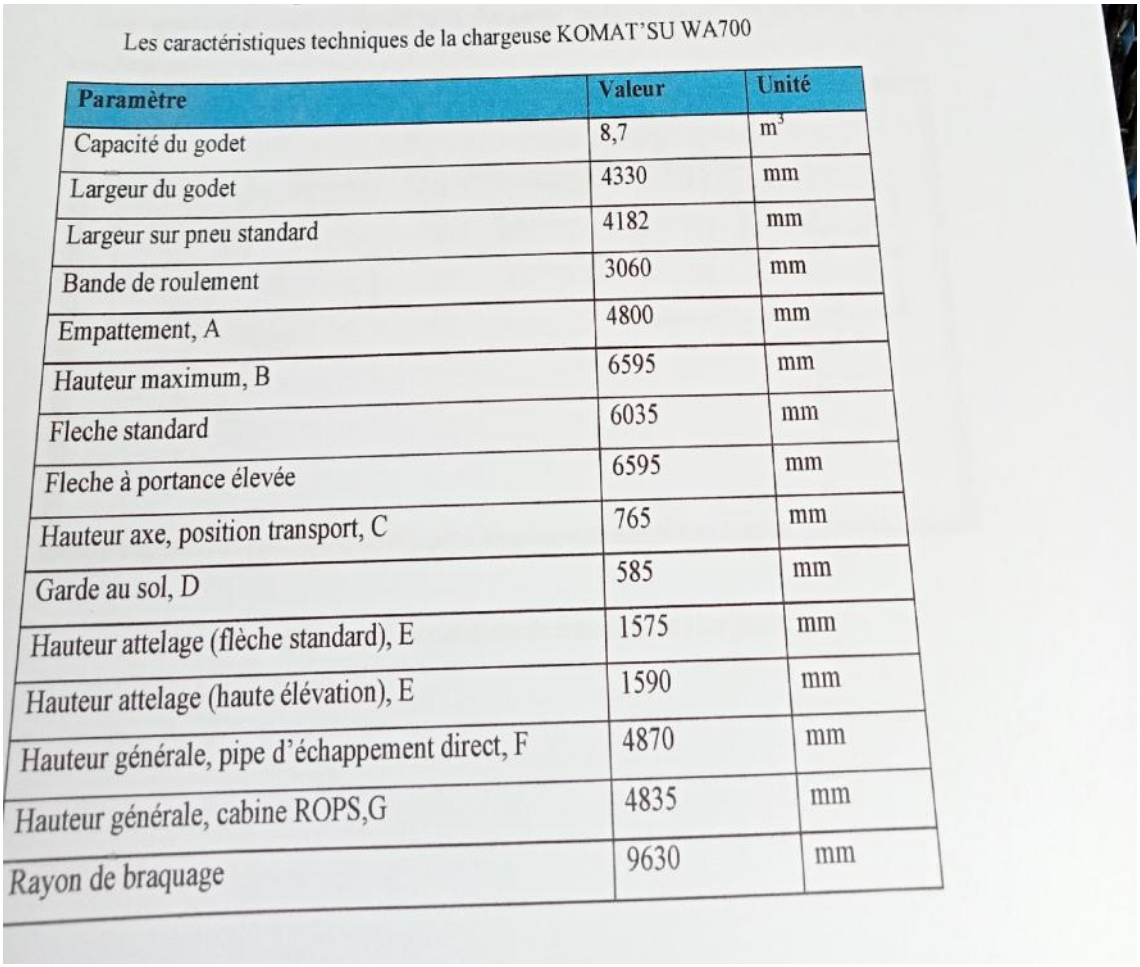
N° d'Essai	h_1	h_2'	h_2	ESV(%)	ES(%)
Essai 1					
Essai 2					
Essai 3					
Moyenne					

Interprétation des résultats et Conclusion

D'après les valeurs préconisées pour l'équivalent de sable et les résultats obtenus au cours de l'essai.

Annexe 5

Les caractéristiques techniques de la chargeuse KOMATSU WA700



Les caractéristiques techniques de la chargeuse KOMAT'SU WA700

Paramètre	Valeur	Unité
Capacité du godet	8,7	m^3
Largeur du godet	4330	mm
Largeur sur pneu standard	4182	mm
Bande de roulement	3060	mm
Empattement, A	4800	mm
Hauteur maximum, B	6595	mm
Fleche standard	6035	mm
Fleche à portance élevée	6595	mm
Hauteur axe, position transport, C	765	mm
Garde au sol, D	585	mm
Hauteur attelage (flèche standard), E	1575	mm
Hauteur attelage (haute élévation), E	1590	mm
Hauteur générale, pipe d'échappement direct, F	4870	mm
Hauteur générale, cabine ROPS,G	4835	mm
Rayon de braquage	9630	mm