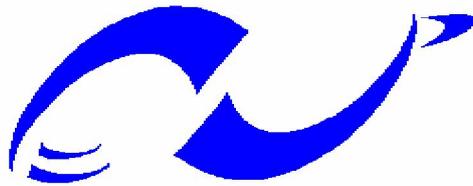


**Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche
scientifique**

**Ecole Nationale Polytechnique
Département Génie Minier**



**المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
Ecole Nationale Polytechnique**

Projet de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en Génie Minier

Thème :

**Reprise de l'exploitation à ciel ouvert de carbonate de calcium
de Sidi-Saf (Béni-saf) BENTAL (ENOF)**



Proposé par : BENTAL

Réalisé par :

ABD ELLAH EL HADJ Bilal

Dirigé par :

Mr. HASBELLAOUI Mustapha

Promotion : Juin 2010

Remerciement

Je tiens à remercier mon bon dieu, le tout puissant de m'avoir permis de mener à bien ce modeste travail.

*J'exprime mes sincères remerciements à mon promoteur **Mr. HASBELLAOUI Mustapha** pour ses précieux conseils et aides, réussissant à me guider tout au long de mon travail.*

*Je remercie tous ceux qui ont contribué à ma formation depuis mon jeune âge et aux enseignants de **l'Ecole Nationale Polytechnique**, de nous avoir fait profiter de leur expérience scientifique et pour les précieux enseignements et conseils qu'ils nous ont prodigués tout au long de notre scolarité, en particulier à tout le personnel du département **Génie Minier***

Je remercie tous les membres du jury d'avoir accepté d'examiner notre travail, et d'y avoir porté leur juste appréciation.

*J'adresse un remerciement également à tout le personnel de la l'unité de Maghnia, en particulier, à leur chef d'exploitation **Mr. Khabchi Ahmed**, pour leur conseils.*

Mes remerciements s'adressent également à ma famille en particulier à mes chers parents pour leurs encouragements, leur patience et leur grand soutien, durant toutes ces années d'études

Enfin, je remercie toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

Dédicace

Avant tout, ce travail est dédié à la personne la plus chère, celle que j'admire et j'aime le plus au monde, ma chère mère.

Je dédie ce travail aussi à :

Mes très chers parents ...

A toute la famille Abd Ellah El Hadj...

Mes très chers frères et sœurs...

A toute ma famille ...

A tous mes amis proches que j'aime ...

A tous ceux qui me sont chers.

BILAL

ملخص:

وحدة كربونات الكلسيوم الموجودة بمغنية تقوم باستغلال منجم الواقع ببني صاف في ظروف غير ملائمة لعدم تطبيق القوانين الخاصة باستغلال المناجم في هذه الدراسة و من أجل الاستمرار في عملية الاستغلال و عملية الاستخراج بإستراتيجية مثالية, قمنا بحساب الاحتياط القابل للاستغلال من الكربونات الكلسيوم وكذلك وضع مخطط الاستغلال لإتمام هذا الاحتياط. وفي هذه الدراسة قمنا باستعمال أحسن الطرق للاستغلال والاستخراج الممكنة.

كلمات المفتاحية :
الجيولوجيا, المعدن, سُمك, الاستغلال, الاستخراج, مقطع, الاحتياطي, الكلس.

Résumé :

L'unité de Maghnia (BENTAL) exploite le gisement de carbonate de calcium béni-saf selon une méthode qui est non conforme aux règles de l'art minier.

Cette présente étude, a trait à la reprise des travaux d'exploitation et d'extraction dans le strict respect des règles de l'art minier.

Un calcul des réserves exploitables restantes en carbonate de calcium, a été réalisé. La méthode d'exploitation proposée a identifié quatre gradins de 10 m de hauteur. Des plans d'exploitation de ce gisement ont été ainsi réalisés. Les meilleures techniques d'extraction possibles ont été choisies.

Mots clés : Géologie, carbonate de calcium, méthode d'exploitation teneur, exploitation, extraction, coupes, réserves, calcaire,

Abstract:

The unit of Maghnia (BENTAL) exploits the calcium carbonate layer blessed-saf according to a method which is not conformity with the code of mining practice.

This present study, milked with the continuation of work of exploitation and extraction in the strict compliance with the mining rules.

A calculation of calcium the remaining exploitable carbonate reserves, was carried out. Mining method proposed to identify 4 gradins to 10 m height. Plans of exploitation of this layer thus were carried out. The best possible techniques of extraction were selected.

Key words: Geology, ore, thickness, content, exploitation, extraction, cuts, reserves, limestone,

Table Des Matières

Introduction Générale :	1
--------------------------------------	----------

Chapitre I: présentation générale

I.1-Présentation de BENTAL.	2
--	----------

I.2-Présentation de la région	2
--	----------

I.2.1-Situation géographique :	2
--------------------------------	---

I.2.2-Aspect géomorphologique :	2
---------------------------------	---

I.4.3-Climat :	5
----------------	---

I.4.4- Aspect hydrographique :	5
--------------------------------	---

I.5-Aperçu sur les carbonates de calcium :	5
---	----------

I.5.2-Variétés de (CaCO ₃) :	6
--	---

I.5.3-L'utilisation du carbonate de calcium :	7
---	---

I.6-Caractéristiques du carbonate de calcium de Béni-saf :	9
---	----------

I.6.1-Caractéristiques chimiques :	9
------------------------------------	---

I.6.2-Caractéristiques physico-mécaniques :	10
---	----

I.6.3-Conclusion.....	11
-----------------------	----

Chapitre II: géologie de gisement

II.1- Géologie régionale :	12
---	-----------

II. 1.1- stratigraphie et lithologie :	12
--	----

II.1.1.1-les formations paléozoïques :	12
--	----

II.1.1.2. Les formations mésozoïques :	12
--	----

I.1.1.3.les formations cénozoïques :	13
--------------------------------------	----

II.1.1.4. le volcanisme pli-quaternaire :	14
---	----

II.1.1.5.Le quaternaire :	15
---------------------------	----

II.1.2. tectonique :	15
----------------------	----

II.2- géologie locale (gisement de béni-saf) :	19
---	-----------

II.2.1-Cadre géologique.....	19
------------------------------	----

II.2.2- Description géologique des roches :	19
---	----

II.2.2.1-Les calcaires :	19
--------------------------	----

II.2.2.2. les argiles (quaternaire) :	20
---------------------------------------	----

II.2.3-Tectonique :	20
---------------------	----

II.3- réserves géologiques :..... 20

II.3.1-calcul des réserves : 20

Chapitre III: Projet d'exploitation

III.1-Généralités :..... 26

III.2-Les facteurs qui déterminent le projet d'exploitation :..... 26

III.2.1-Facteurs géologiques : 26

III.2.2-Facteurs techniques : 26

III.3-Réserves exploitables : 27

**III.4-Conditions technico-minières du gisement de carbonate de calcium de
béné-saf :..... 27**

III.4.1-Régime de fonctionnement : 27

III.4.2-Capacité de production : 28

III.4.2.1-Capacité annuelle de production, Pa [tonne/an] : 28

III.4.2.2-Production journalière, 28

III.4.3-Durée de vie de la carrière: 29

III.5- Situation actuelle de la carrière :..... 29

III.5.1- Les principales caractéristiques de la carrière : 30

III.6-Stratégie de développement : 32

III.6.1-Redressement des gradins : 32

III.6.2-Nivellement de la plate-forme inférieure de travail..... 33

III.6.3- Exploitation du niveau inférieur de la plate-forme. Niveau (233). 33

III.7-Les opérations minières: 38

III.7.1-Travaux de réouverture..... 38

III.7.1.1- Travaux de découverte..... 38

III.7.1.2-Les pistes : 38

III.7.1.2.1- Largeur de la piste : 39

III.7.2.Travaux d'extraction : 41

III.7.2.1. L'abattage : 41

III.7.2.2-L'engin de refoulement (bulldozer): 42

III.7.2.3-Le défoncement au ripper : 43

III.7.2.3.1-La direction : 43

III.7.2.3.2-La vitesse : 43

III.7.2.3.3-Le nombre de dents :.....	43
III.7.2.3.4-La profondeur de défoncement :.....	44
III.7.2.3.5-Durée d'un cycle de rippage:.....	45
III.7.2.3.6-Le temps de refoulement du matériau défoncé à chaque cycle de rippage :.....	46
III.7.2.3.7-Coefficient d'utilisation pratique du ripper :.....	46
III.7.2.3.8-Rendement pratique du ripper :.....	47
III.7.2.4-Mode d'excavation :.....	48
III.8-Processus et technologie d'exploitation:.....	49
III.8.1- Les éléments du système d'exploitation :.....	49
III.8.1.1-Le gradin :.....	50
III.8.1.1.1-Hauteur du gradin :.....	50
III.8.1.1.2-Angle de talus du gradin :.....	50
III.8.1.1.3-La plate-forme de travail :.....	51
III.9-Le chargement :.....	52
III.9.1-Détermination du temps de cycle de la chargeuse :.....	53
III.9.2-Le nombre de cycles par poste :.....	54
III.9.3-Le volume à déplacer par cycle :.....	54
III.9.4-Le volume théorique du godet de la chargeuse utilisée :.....	54
III.9.5-Rendement effectif de la chargeuse :.....	55
III.10-Le transport :.....	55
III.10.1-La capacité de charge des camions :.....	55
III.10.2-Rendement des camions de transport:.....	56
III.10.3-Nombre de cycles possibles d'un camion par poste :.....	57
III.10.4-Nombre de cycles nécessaires pour déplacer la charge d'un poste :.....	58
III.10.5-Nombre de camions nécessaires :.....	58
III.10.6-Rendement effectif de chaque camion :.....	59
III.11-Les moyens humains :.....	59

Chapitre IV: traitement

IV.1-Généralités :.....	60
IV.2-Les opérations de traitement :	60
IV.3-Les étapes de traitement :.....	61
IV.4-Rendement et bilan matières :	63

Liste des tableaux

Chapitre I présentation générale

Tableau. I- 1 : Résultats des analyses chimiques et de blancheur des 6 échantillons prélevés à Béni-Saf :9

Tableau. I- 2 : Composition chimique moyenne des calcaires (GOST) :9

Tableau. I- 3 : Caractéristiques physico-mécaniques des calcaires de Béni-Saf.10

Chapitre II géologie du gisement

Tableau. II- 4: Coordonnées du périmètre en exploitation du gisement de Béni Saf en UTM (superficie : 5.7ha).....20

Tableau. II- 5 : Calcul des réserves géologiques du gisement de Béni-Saf :21

Chapitre III Projet d'exploitation

Tableau. III- 1 : Production des trois dernières années (carbonate de calcium) :28

Tableau. III- 2 : le volume et la durée d'extraction de chaque gradin.....33

Tableau. III- 3 : Caractéristiques des pistes :40

Tableau. III- 4 : caractéristiques du bulldozer D8R :43

Tableau. III- 5 : Les indices de rippabilité :44

Tableau. III- 6 : les moyens humains :59

Chapitre IV traitement

Tableau. IV- 1: Consommation et Production (horaire et par poste) :.....63

Liste des figures

Chapitre I présentation générale

Figure. I- 1: Carte de situation géographique des de béni-saf	3
Figure. I- 2: carte topographique du gisement de Béni-Saf.....	4

Chapitre II géologie de gisement

Figure. II- 1: Carte géologique du gisement de Béni-Saf.....	18
Figure. II- 3 : Coupe géologique (XX', AA', BB') du gisement de Béni-Saf.	22
Figure. II- 4 : Coupe géologique (CC', DD', EE') du gisement de Béni-Saf.	23
Figure. II- 5 : Coupe géologique (FF', GG', HH') du gisement de Béni-Saf.	24

Chapitre III projet d'exploitation

Figure. III- 1 : schéma de la partie de réserves abandonnées par l'exploitation.	27
Figure. III- 2 : Gradin de l'exploitation de la carrière de Béni-saf.....	30
Figure. III- 3: présence des fosses et mamelons dans la plate forme de travail.	31
Figure. III- 4: Tas de stérile sur la plate forme de travail.....	31
Figure. III- 5 : Vue montrant la piste d'accès à la carrière de Béni Saf.	32
Figure. III- 6: Plan d'exploitation niveau 263 :	34
Figure. III- 7 : Plan d'exploitation niveau 253 :	35
Figure. III- 8 : Nivellement de la plate forme niveau 243 :	36
Figure. III- 9 : Plan d'exploitation niveau 233 :	37
Figure. III- 10 : schéma de la largeur de la piste.....	40
Figure. III- 11 : Schéma de l'action du ripper sur le sol.	41
Figure III- 13 : Schéma représentant la subdivision du bloc d'excavation en sous-blocs.	45
Figure. III- 14 : Le mode d'excavation.....	48
Figure. III- 15 : La succession des coupes pour l'obtention d'un profil donné.	49
Figure. III- 16 : les éléments du gradin.	52

Chapitre IV traitement

Figure. IV- 1 : processus de traitement du carbonate de calcium.....	61
Figure. IV- 2 : Sécheur de l'unité de traitement.	62

Introduction Générale

Introduction Générale :

La carrière de carbonate de calcium de Sidi Safi (Béni Saf) a été exploitée depuis 1991 par BENTAL (ENOF).

A cause de l'inapplication des règles de l'exploitation minière, cette carrière se trouve dans une situation qui ne permet pas la poursuite des travaux d'extraction du minerai, de chargement et de transport.

Suite à ces problèmes, un sujet pour la reprise de l'exploitation à ciel ouvert du gisement de carbonate de calcium de Béni saf est proposé dans le cadre de ce projet de fin d'études.

Pour bien connaître la situation actuelle du gisement et avoir les données nécessaires à la réalisation de ce projet, j'ai fait un stage de deux semaines sur site.

Dans le cadre de ce travail, nous allons estimer les réserves restantes de ce gisement et proposer un plan pour la reprise de l'exploitation.

Notre mémoire comportera quatre chapitres :

Le premier chapitre sera consacré à la présentation générale.

Le deuxième chapitre sera consacré à la géologie du gisement et au calcul des réserves géologique.

Le troisième chapitre sera consacré à la description de la situation actuelle et la proposition d'un plan d'exploitation pour la reprise des travaux et des solutions aux différents problèmes rencontrés dans la carrière.

Le quatrième chapitre sera relatif au traitement du carbonate de calcium extrait.

Chapitre I

Présentation Générale

I-Présentation Générale.**I.1-Présentation de BENTAL.**

La société des Bentonites d'Algérie (BENTAL Spa par abréviation), créée le 1^{er} janvier 2001, est une filiale du Groupe ENOF.

Les activités principales de la société BENTAL sont, la recherche, l'exploitation, la production, le développement, la commercialisation et l'exportation en l'état ou après transformation de la bentonite et de tous produits miniers et substances minérales non ferreux.

BENTAL est constituée de deux unités :

1. Unité de maghnia ; cette unité produit de la :

- Bentonite ;
- Terre décolorantes ;

Ces deux produits proviennent des gisements de boughrara.

- Carbonate de calcium ; qui provient des gisements M'Said et de béni Saf (Wilaya de Ain Timouchent).

2. Unité de Mostghanem ; cette unité produit de la bentonite à partir d'une argile bentonitique extraite du gisement de Ouillis.

I.2-Présentation de la région. [5][6]**I.2.1-Situation géographique :**

La région d'étude est située dans la Wilaya de Ain-Temouchent, dans la partie Nord Ouest du territoire nationale, à 540 Km à l'ouest d'Alger. Elle est limitée à l'ouest par la wilaya de Tlemcen, au sud par Sidi Bel Abbes, à l'est par celle d'Oran et au Nord par la mer méditerranée. (Figure I.1).

I.2.2-Aspect géomorphologique :

L'altitude moyenne de la zone du gisement de carbonate de calcium est à plus de 260 mètres par rapport au niveau de la mer. Le relief de la région présente généralement montagneux avec quelques dépressions importantes.



Figure. I- 1: Carte de situation géographique de la région de Béni-saf
(Echelle : 1/1 000 000^e)

(Extraite de la carte touristique de l'Algérie du Nord Ouest ; Echelle 1/ 1000 000^e)

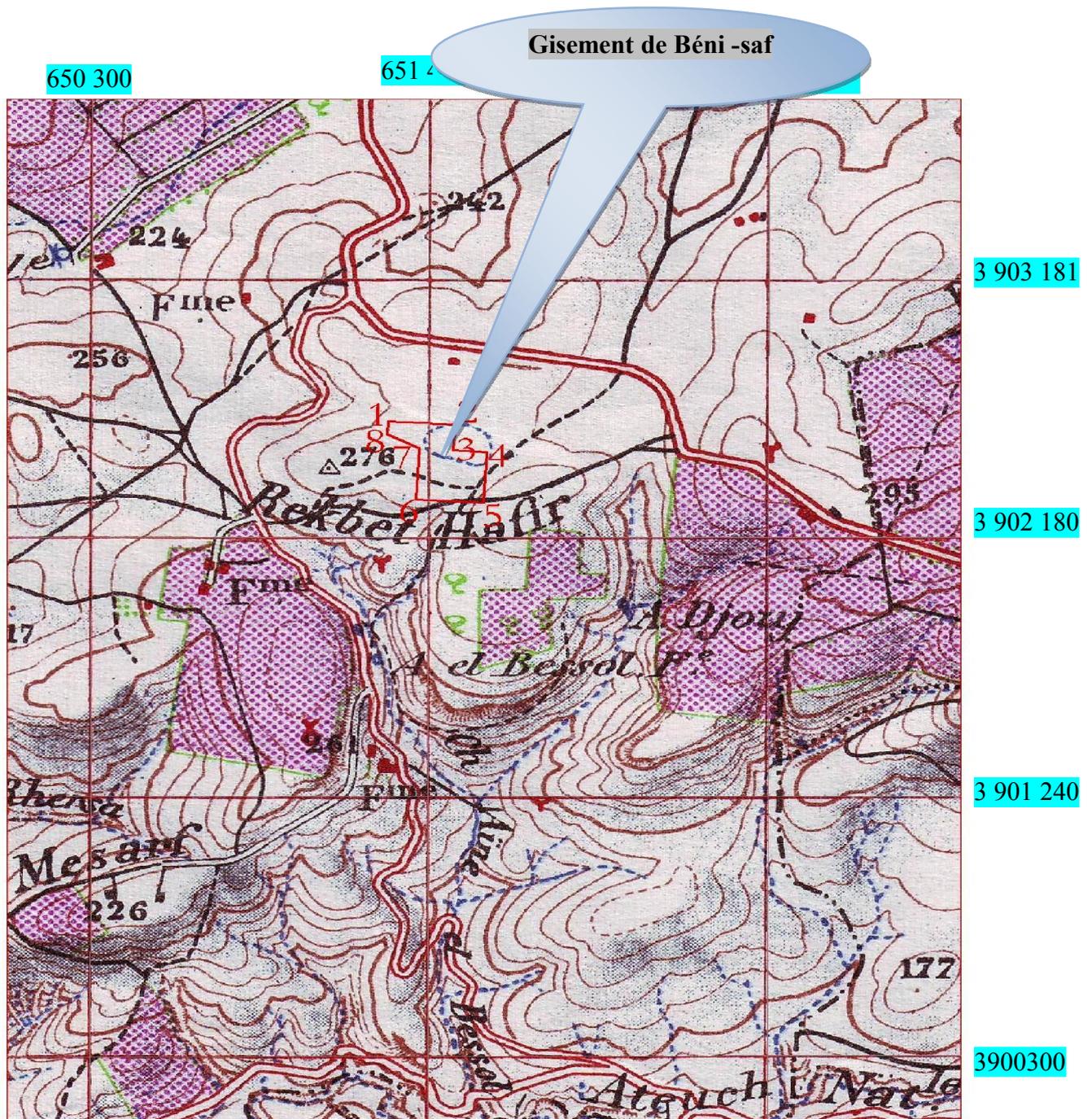


Figure. I- 2: Situation topographique du gisement de Béni-Saf

(Echelle : 1/50 000^e)

I.4.3-Climat :

Le climat régional est méditerranéen, avec une température moyenne variant de 10°C-14°C en hiver et 25°-45°C en été. Les précipitations annuelles ne sont pas très importantes et varient de 360-600 mm.

I.4.4- Aspect hydrographique :

Le réseau hydrographique est très important. L'oued Tafna est un cours d'eau permanent, qui prend sa source dans les monts de Tlemcen. Comme affluents on note les oueds Mouilah et Isser.

Le réseau hydrographique de la région est :

- Oued Tafna qui sépare la région en deux parties, il prend sa source dans les monts de Tlemcen.
- Oued djelloul situé à 5 km à l'est de la ville de Béni saf. Les autres oueds ont un débit peu important et ils se dessèchent en été.

I.5-Aperçu sur les carbonates de calcium : [11]

Le calcium est surtout présent sous forme carbonatée, CaCO_3 (principalement calcite, aragonite) dans des roches calcaires (plus de 50 % de CaCO_3), des dolomies (contenant de la dolomite, $(\text{Ca}, \text{Mg}) \text{CO}_3$), des marnes (calcite et argile).

Lors de l'altération des roches, le calcium passe en solution principalement sous forme de bicarbonate $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$; il peut être précipité ultérieurement sous forme de carbonate CaCO_3 . Dans l'eau de mer, le calcium précipite généralement sous forme de carbonate mais, lors de l'évaporation et après précipitation du sulfate (gypse), le calcium pourra participer à la formation de sels plus complexes des évaporites: chlorures et sulfates de Ca, Mg, Na et K. Signalons enfin le rôle du Ca en tant qu'élément biophile (plantes et surtout animaux: coquilles, squelettes, etc.) et son importance sous forme de carbonate dans la neutralisation de l'acidité des sols.

I.5.2-Variétés de (CaCO₃) : [11]

La CaCO₃, ou spath calcaire, possède de nombreuses variétés dues à des corps isomorphes. Parmi ces variétés présentant des caractères physiques particuliers, nous noterons la forme transparente et incolore de la calcite. La calcite est un des minéraux les plus communs de l'écorce terrestre. Elle constitue parfois des massifs entiers (montagnes de calcaires). Dureté relativement faible, est égale à 3 (est facilement rayé par la pointe d'un couteau ou d'une aiguille) et se reconnaît au violent dégagement de CO₂ au contact d'une goutte de Hcl déposée sur l'échantillon.

Les différentes variétés de la calcite sont :

- Les calcites granulaires homogènes, en masses compactes importantes, sont appelées marbres.
- Les variétés cryptocristallines de roches formées de calcite, souvent stratifiées et constituées des débris organiques, sont dénommées calcaires.
- Les calcaires terreux, constitués par de minuscules tests de foraminifères, sont connus sous le nom de craie.
- La variété de calcite fibreuse, d'état soyeux, se présentant en filonnets dont les fibres sont disposées perpendiculairement aux parois des fentes de la roche encaissante, est assez rare.
- On trouve également des calcaires oolithiques (dont l'aspect grenu rappelle les œufs de poisson).
- On appelle tufs calcaires les incrustations de carbonate de calcium apparaissant aux points d'émergence de sources minérales chaudes ou froides saturées en chaux (dans ce cas, la calcite se forme par recristallisation des floculats de CaCO₃ ou de l'aragonite).
- Quelquefois, le carbonate de chaux déposé par les sources chaudes constitue des formations compactes, semi-transparentes, finement veinées, présentant des dessins remarquables, appelées onyx calcaire.

I.5.3-L'utilisation de carbonates de calcium : [6] [11]**3. Fabrication de la chaux :**

Chaux vive (oxyde) est obtenue par calcination du calcaire (à 900°C) selon la réaction chimique suivante :



Chaux éteinte (hydroxyde) est obtenue par l'addition d'eau à la chaux vive (oxyde) dans des hydrateurs, sous une température de 110°C :

**4. Verrerie :**

Le calcaire et la dolomie sont des matières premières indispensables qui entrent pour environ 30% dans la fabrication du verre. Ils transmettent au verre une meilleure résistance à la chaleur, de meilleures propriétés mécaniques et une plus grande résistance aux agressions chimiques. Dans la verrerie, le calcium est un des constituants indispensables pour le verre creux, la fibre de verre, le verre optique, la laine de verre, etc.

L'industrie verrière exige des pierres calcaires riches en carbonate de calcium et pauvres en éléments chromatiques, tels que le fer et le manganèse. Ces produits doivent être soigneusement lavés, broyés et rigoureusement calibrés pour être incorporés à la cuisson.

5. Agriculture :

Appliqués dans l'agriculture, le calcaire, la dolomie, la chaux et les produits mixtes calco-magnésiens sont aussi bien un amendement pour les sols qu'un apport des éléments Ca et Mg pour les plantes.

L'industrie des engrais emploie également des pierres calcaires broyées et moulues pour ballaster leurs produits. Aussi, l'épandage de chaux ou calcaire dans les forêts combat l'action des pluies acides.

6. Industrie des peintures et du caoutchouc et plastiques :

L'industrie des peintures, colorants, vernis et enduits fait appel au carbonate de calcium micronisé comme charge minérale.

Pour les tapis, le caoutchouc et les plastiques, le carbonate de calcium est une matière de charge importante pour renforcer les dos en latex des tapis et moquettes. L'industrie du caoutchouc utilise également la chaux vive comme agent de déshydratation et la chaux hydratée comme agent accélérateur du processus de vulcanisation.

7. Fabrication des ciments :

La calcaire matière important dans la fabrication du clinker. La composition du mélange cru pour la fabrication du clinker correspond à une teneur en CaO de l'ordre de 42-43%, soit environ 76% de CaCO₃.

8. Traitement des fumées :

Dans les centrales électriques utilisant des combustibles fossiles, notamment le charbon, le calcaire et la chaux sont utilisés à très grande échelle pour la désulfuration des fumées. En effet, le calcaire introduit sous forme finement broyé, avec le charbon lors de sa combustion dans les centrales électriques, permet d'éliminer jusqu'à 95% du soufre qui serait émis sous forme de SO₂.

9. Constructions routières :

Pour stabiliser et assécher les sols, particulièrement les sols argileux : CaO fixe l'eau lors de son hydratation et en élimine une partie par évaporation suite à l'élévation de température liée à la réaction d'hydratation. Également comme ajout (filler) dans le bitume.

10. Traitement des eaux :

- de consommation et de chauffage : pour décarbonater les eaux trop dures, par précipitation de CaCO₃, et ajuster le pH.
- usées : le chaulage stabilise les boues résiduaire des stations d'épuration, détruit la plupart des germes pathogènes, diminue les odeurs, précipite, sous forme d'hydroxydes insolubles.

11. Secteur pétrolier :

Les carbonates de calcium entre dans la composition de la boue de forage. La boue de forage joue un rôle essentiel en refroidissant et lubrifiant l'outil de forage, en maintenant les parois et en véhiculant les résidus de roche vers la surface.

Cette application du carbonate de calcium exigé que le broyage inférieur à 100 μ

I.6- Caractéristique de carbonate de calcium de Béni-saf : [1] [8]

La calcite Béni saf est un minéral chimique (composé de carbonate naturel de calcium (CaCO_3), et constituant principal de nombreuses roches sédimentaires : calcaires, marnes ; c'est un des carbonates les plus abondants.

La couleur : la calcite pure est blanche et incolore. La présence de cations autres que le calcium, et notamment de métaux de transition, lui donne une coloration jaune, orange, rouge, vert, bleu, brun, gris

I.6.1- Caractéristiques chimiques :

Le gisement de carbonate de calcium de Béni Saf a fait l'objet de prélèvements et d'analyses de six (6) échantillons. Les résultats des analyses chimiques et de blancheur sont indiqués dans le Tableau ci-dessous. (Tableau. I-1).

Tableau. I- 1 : Résultats des analyses chimiques et de blancheur des 6 échantillons prélevés à Béni-Saf :

Teneurs (%)											Degré de blancheur
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	TiO ₂	PF	
0,20	0,01	0,06	56,00	0,24	0,01	0,01	0,01	0,04	0,01	43,30	90,00
0,43	0,08	0,08	55,82	0,24	0,01	0,01	0,06	0,04	0,01	43,22	85,87
0,60	0,11	0,12	55,70	0,28	0,01	0,01	0,01	0,04	0,01	43,09	87,15
0,21	0,00	0,06	56,00	0,27	0,01	0,01	0,01	0,04	0,01	43,37	93,50
0,69	0,16	0,11	55,59	0,28	0,01	0,01	0,01	0,04	0,01	43,09	89,76
0,92	0,24	0,13	55,36	0,28	0,01	0,01	0,01	0,04	0,02	42,96	86,60

La composition chimique moyenne des calcaires pour l'utilisation comme charge dans l'industrie suivant les normes GOST.

Tableau. I- 2 : Composition chimique moyenne des calcaires (GOST) :

CaO (%)	MgO (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	P ₂ O ₅ (%)	SO ₃ (%)
> 53	< 1	< 0,2	< 0,2	< 0.1	< 0,1

- les six (6) échantillons analysés présentent des teneurs supérieures à 55 % de CaO, conforme à la Norme exigée pour les utilisations comme charges;
 - les teneurs en MgO sont bonnes car inférieures à 1 % ;
 - les teneurs en Al₂O₃ sont inférieures à 0,2 % (Norme pour les charges), sauf pour le 6^{ème} échantillon avec 0,24 %.
 - les teneurs en Fe₂O₃ sont inférieures à 0,2 %, conforme à la Norme pour les charges ;
 - les teneurs en P₂O₅ sont inférieures à 0.1 %, conforme à la Norme pour les charges ;
 - les teneurs en SO₃ sont inférieures à 0,1 %, conforme à la Norme pour les charges ;
- Sur la base de cette analyse, il a été conclu que les calcaires de Béni-Saf sont conformes pour leur utilisation comme produit de charge dans l'industrie.

I.6.2-Caractéristiques physico-mécaniques :

Les caractéristiques physico-mécaniques des calcaires de Béni-Saf ont été déterminées sur 18 échantillons monolithes et sont représentées dans le (Tableau I.3)

Tableau. I- 3 : Caractéristiques physico-mécaniques des calcaires de Béni-Saf.

	Poids volumique (kg/m ³)	Porosité (%)	Absorption d'eau (%)	Résistance à l'écrasement à sec (kg/cm ²)
Maxima	2381	43,7	29,94	270
Minima	1275	11,9	3,5	29
Moyenne	1834	17,6	10,9	103

Les calcaires du gisement sont composés en grande partie de restes organiques et présentent une cimentation moyenne. En profondeur, le poids volumique augmente, la porosité et l'absorption d'eau diminuent. Des variations, en direction et en profondeur, de la résistance à l'écrasement n'ont pas été relevées.

Cependant, les calcaires de Béni-Saf ne peuvent pas être utilisés pour la fabrication de la chaux à cause de leur faible résistance à l'écrasement, entre 29 et 270 kg/cm², inférieure à 400 kg/cm².

I.6.3-Conclusion.

La qualité du carbonate de calcium de Béni-Saf répond aux exigences de son utilisation comme produit de charge dans l'industrie.

Quant au degré de blancheur, nécessaire notamment pour la production de peintures, ces carbonates sont partiellement satisfaisants (90,00%, 93,50% et 89,76%). Les exigences vont généralement du degré 90 à celui de 96.

Chapitre II

Géologie du gisement

II- Géologie du gisement : [1]

II.1- Géologie régionale :

Sur le plan géologique, la région est constituée par des terrains métamorphiques siluriens, des formations marno-gypsifères triasiques ainsi que par des formations jurassiques, crétacées, paléogènes, néogènes, et quaternaires.

II. 1.1- Stratigraphie et lithologie :

II.1.1.1-les formations paléozoïques :

Elles sont représentées par des terrains métamorphiques (siluriens) se développant dans la chaîne montagneuse Skouna, dans la carrière de Sidi Safi et sur la bande côtière (littoral) entre Béni-saf et Oued jelloul. Lithologiquement, le silurien se divise en deux séries :

- **La série inférieure** : elle évolue dans la zone côtière au Sud Est de Béni- Saf et dans la région de Sidi-Safi. Elle est constituée de schistes sericiteux quartzeux avec intercalation de schiste sableux, argilitoïdes, chlorite sériciteux et carbonatés.
- **la série supérieure** : elle est représentée par des schistes chlorite sériciteux verts à faible teneur en calcaires marmorisés, de quartzites, gravelites et calcaires finement rubanés et stratifiés.

Les schistes métamorphisés de cette série sont très importants dans la montagne de Skouna et dans le secteur Ouest du gisement de pouzzolane (bou Hamibi). Elles sont masquées par le recouvrement tertiaire ou par de puissantes coulées basaltiques.

II.1.1.2. Les formations mésozoïques :

1. Les roches triasiques :

Elles sont représentées par des dolomies, grès, bigarrés, et argiles gypsifères qui évoluent au Sud de Béni-Saf. Le gypse est présent dans beaucoup de gisements triasiques, il forme parfois des masses importantes qui furent autrefois exploitées (plâtrière de la tafha). Le sel qui existe dans la plupart des gisements gypsifères (les eaux des oueds qui les traversent sont toujours très salées), forme l'amas spectaculaire des pierres de sel dans lequel il est mêlé aux marnes du crétacé inférieur (ghouala). Il y a en plus des lambeaux de roches vertes, classiquement attribuées au trias, associées à des schistes violacés ainsi que par des blocs d'origine inconnue (G.Sadran 1958). Les roches rencontrées sont des enclaves triasiques,

des roches basiques ,et ultrabasiques, des péridotites dans le diapir de l'Amir Abdelkader, des pegmatites et des kinzigites dans le diapir de sidi Omar el ayat Ain-Temouchent

2. Les roches jurassiques:

Elles sont largement développées à travers toute la région (au Sud et au Nord- Est) ; elles sont matérialisées par des calcaires dolomitiques massifs et homogènes, et des schistes.

2.1-Le jurassique inférieur (le lias) : il est représenté par des :

- calcaires massifs jaune miel à gris ou gris bleu.
- calcaires en dalles cristallins, blanc à blanc rosé.
- calcaires à petits bancs.
- calcaires à inclusion de schistes, disposées en lits parallèles.

L'épaisseur de ces couches est d'environ 80 mètres.

2.2-Le jurassique moyen (dogger) :

Il est représenté par des schistes siliceux, quelques fois colorés en rouge par l'oxyde de fer .contenant par place des amas lenticulaires de quartzites. L'épaisseur totale est environ 52 mètres.

2.3-Le jurassique supérieur (malm) : il est représenté par :

- des calcaires siliceux avec intercalations d'argiles ou de schistes argileux.
- des dolomies compactes à structure et à cassure d'un aspect gras particulier.

I.1.1.3.Les formations cénozoïques :

Elles sont représentées par des dépôts du paléogène, de néogène, ainsi que par les dépôts de l'ère quaternaire.

Le paléogène :

Il est limité et n'apparaît que sous la forme de quelques petits lambeaux tectoniques représentant une alternance de grès et d'argiles gris verdâtres.

L'oligocène :

Il est très restreint, ne forme en effet que quelques petits lambeaux tectoniques, dans le cadre régional, des roches de puissantes couches de grès quartzeux hétéro granulaires et d'argiles grises et gris verdâtre.

L'éocène :

Suivant les caractères lithologiques ces formations se divisent en quatre séries:

- **La première série :** Elle est constituée de formations rubéfiées et grossièrement fragmentées constituées de congloméra. des galets, et des argiles bigarrés ou s'intercalent des gravelites et des grès hétérogranulaires.
- **La deuxième série :** Elle comporte des argiles grises et verdâtres différemment sableuses, alternées par des grès argileux à galets disséminés de calcaires jurassiques, de grès de miocène et de schistes métamorphisés.
- **La troisième série :** Elle offre une alternance de grès quartzeux jaunâtre avec des argiles gréseuses brunâtres, des marnes et des grès calcaireux. toutes les roches carbonates de cette série renferment une riche faune de gastéropodes et de pellicopodes.
- **La quatrième série :** Elle contient des calcaires massifs organogènes à passée de marnes blanches.

Les formations éocènes, ont une épaisseur de 200 mètres

Le néogène :

Il est subdivisé en miocène et pliocène :

- **Les formations miocènes :** elles sont représentées par des conglomérats, argilites, grès et calcaires organogènes à pélicypodes, gastéropodes et oursins.
- **Les formations pliocènes:** elles sont matérialisées par des dépôts de la terrasse marine (grès de Béni-saf d'âge pliocène inférieur) qui se suivent en une bande étroite le long du littoral méditerranéen et par une série volcanique très développée, sa puissance est de 5 à 100 mètres. Généralement cette série est formée de coulées basaltiques (cinq ou six coulées) qui recouvrent toutes les formations d'âge antérieur. Elles sont surmontées par une alternance de roches tuffo-géno-sédimentaire et de scories volcaniques.

II.1.1.4. Le volcanisme pli-quaternaire :

Dés la fin de l'ère tertiaire, la zone côtière oranaise est le siège d'une activité volcanique intense. Les émissions volcaniques du plateau de Béni-saf constituent le massif de Béni-saf et couvre une superficie d'environ 350 km.

Le volcanisme de la région est exclusivement basaltique et son activité s'est manifestée sur une surface plus importante que pendant la période miocène, dont la période du plio-quadernaire n'est troublée que par des manifestations d'un volcanisme de type alcalin.

II.1.1.5. Le quaternaire :

Il est représenté par des sables éoliens, des formations argilo-sableuses d'origine diluvienne, des alluvions des vallées des oueds ainsi que par des formations de plages marines.

II.1.2. Tectonique :

La région de Béni-saf est marquée par une tectonique qui paraît assez compliquée suite aux processus des orogénèses se déroulant dans le courant d'un laps de temps du paléozoïque jusqu'à la fin du tertiaire. On assiste à des manifestations actives tant plicatives que disjonctives ; cela veut dire qu'il y a présence des plis à grande échelle (millimétrique à hectométrique), des plis à petite échelle (millimétrique à décimétrique) et des failles de directions différentes.

Pendant l'époque du plissement hercynien, les roches paléozoïques furent refoulées dans des plis assez doux orientés au Nord Est et au Nord Ouest.

Les roches mésozoïques (trias jurassique, et crétacé) ont subi pendant les manifestations des premières phases de l'orogénèse alpine, le plissement intense de la fragmentation

Les failles les plus importantes dénotent une direction grossièrement Sud Ouest, Nord.

L'absence de grands accidents disjonctifs dans les roches miocènes semble témoigner de la cessation de l'activité tectonique à l'époque post néogène ; ce n'est qu'à la fin du pliocène supérieur et au début du quaternaire qu'un renouvellement des zones tectoniques a eu lieu avec un déplacement des roches peu important, Ces mouvements correspondent à la formation des coulées basaltiques qui recouvrent les grès de Béni saf.

Dans cette région d'anciennes roches métamorphosées forment cinq horsts divisés par des cavités remplies de dépôts (des sédiments) de l'éocène, et du miocène, et limités par de grandes failles de direction généralement Sud Ouest et Nord Est qui sont constatées aux quartiers de keloucha, maden srira, bled hag ... etc.

- La région de Ain Temouchent fait partie du domaine externe de la chaîne alpine dont laquelle on peut distinguer :

1. Zone Atlasique :

Cette zone constituée de terrains autochtones comprend la chaîne des Filaoucéne et le massif des traras. Le substratum paléozoïque est recouvert par une série mésozoïque plus ou moins développé dont l'analyse stratigraphique détaillée fait ressortir 5 groupes sédimentaires.

Groupe permo-triasique : il est constitué par une série détritique pourprée, renfermant des intercalations de calcaires et de roches volcaniques.

- Groupe carbonaté inférieure : Lias- Dogger.
- Groupe pelitique médian : Callovien-Oxfordien inférieur.
- Groupe grés-carbonaté supérieur : Oxfodien supérieur- Aptien.
- Groupe marno-calcaire du crétacé supérieur : Cénomaniens-sénonien inférieur.

2. Zone Tellienne :

Cette zone s'étendant de la région de Tifaraouine à la frontière marocaine, regroupe 4 ensembles :

2.1-L'autochtone et le para-autochtone : il apparaît près d'Ain-Temouchent, à Hammam Bouhadjar et au Douar Chentouf. On peut rattacher au para-autochtone les lambeaux de poussée jurassiques de la région des M'Sirda (Djbel Zerdal) et des Souhalia.

2.2-L'Allochtone métamorphique : Les unités qui le composent apparaissent depuis la

Frontière algéro-marocaine jusqu'aux massifs de l'Est d'Oran. Ce sont les unités :

- d'El Melah (Trias- Jurassique- Crétacé inférieur).
- de Skouna (Jurassique- Crétacé inférieur).
- d'El Mokrane (Crétacé inférieur- Eocène).
- d'Andalous et Cap Falcon (Primaire).

2.3-L'allochtone non métamorphique : (unités telliennes marneuses)

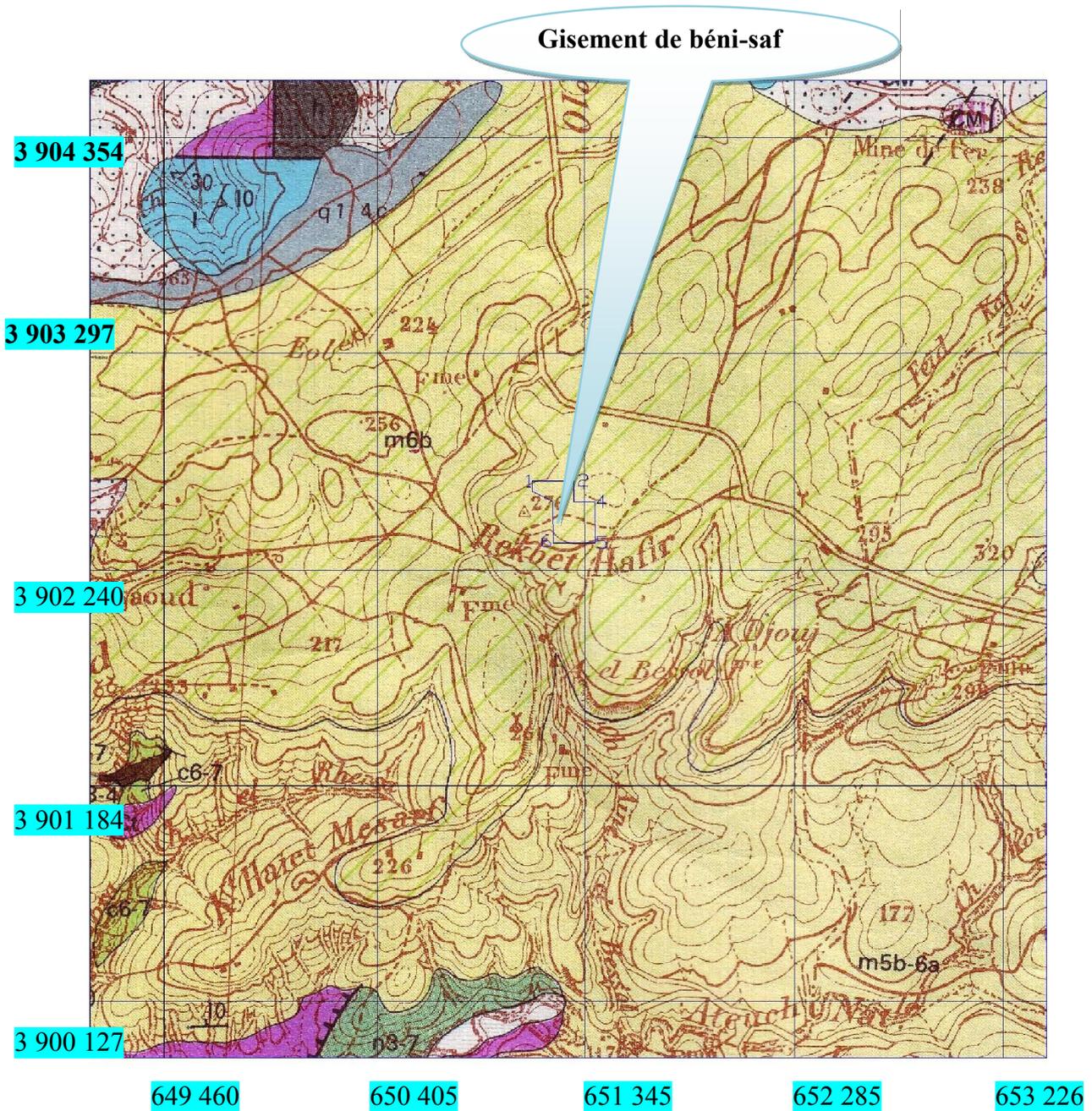
Trois unités ont été distinguées :

- **L'unité des Chouala** : apparaît à Ain Alen et Aghlal. Elle est composée de marnes du crétacé inférieur à moyen et de l'Oligocène parfois associé à des blocs de calcaires jurassiques.
- **L'unité « Cénomanienne »** : apparaît surtout à Sebaa Chioukh. Elle est formée des terrains d'âge Crétacé supérieur à Eocène moyen-supérieur
- **L'unité « Oligo-Miocène »** : est développée dans la partie orientale de Sebaa chioukh au sud d'Ain Alen.

2.4-Les Lambeaux du Numidien (unité du Flysch Nord maghrébin) :

Ils sont constitués par des grès massifs à dragées de quartz, affleurant dans la basse vallée de Tafna et dans la région d'El Mokrane.

Ces unités allochtones vont se mettre en place dans une avant fosse miocène qui est nommée « Bassin synchro nappe » constituée d'une importante épaisseur de marnes vertes entrecoupées par des bancs grésos-conglomératiques dans certains endroits. Le miocène synchronappes, constitue une formation importante surtout au sud d'Ain-Temouchent (Sebaa Chioukh) et dans la vallée de Tafna.



Messénien. Calcaires à algues et polypiers

Figure. II- 1: Carte géologique de gisement de Béni-Saf.

Extrait de la carte géologique feuille de Béni-saf échelle 1 /50 000°

II.2- géologie locale (gisement de béni-saf) :

Le gisement de carbonate de calcium de Béni- saf est situé à 8 km au Sud-Est de la ville de Béni-saf. La localité la plus proche est le village d'Ain- rassal qui se trouve à 800 m au nord du gisement. La distance qui sépare l'unité de Mellal (Tlemcen) de la carrière est de 83km environ.

II.2.1-Cadre géologique

Le secteur de Sidi-safi, est un plateau formé par des calcaires à lithothamniées d'âge miocène supérieur ou pliocène.

Ces derniers recouvrent presque toute la surface de ce secteur dont les formations antérieures ne sont visibles qu'au niveau des différentes carrières de sidi-safi (les carrières de minerai de fer - FERPHOS-).

Ce sont des calcaires à lithothamniées (récifaux) d'âge miocène supérieur, des calcaires organiques à gastéropodes, et oursins, et occupent la totalité de la carrière BENTAL. Ils couvrent toutes les formations antérieures qui n'affleurent nulle part, même dans les carrières avoisinantes.

L'épaisseur de la couche est de 30 mètres environ.

II.2.2- Description géologique des roches :

II.2.2.1-Les calcaires :

On y distingue des calcaires poreux, et des calcaires riches en faunes.

- **Les calcaires poreux:** Cette formation (calcaire) est en général homogène, par endroit elle est fracturée de l'ordre de 3 à 5 cm, Elle est de couleur blanchâtre, assez compact, avec quelquefois variées rarement des tâches brunes rougeâtres dues à la présence d'oxydes de fer. Le quartz est presque absent, on note aussi la présence des faunes (des gastéropodes) en quantité moins importante.
- **Le calcaire riche en faunes :** Cette formation se développe largement dans la partie Ouest de la carrière ; ce sont des calcaires à gastéropodes et oursins, et sont de couleur blanchâtre, assez dure. Parfois on trouve des taches brunes (oxydes de fer), de la calcite dans les fissures sous forme de nids en tapissant des petites cavités, qui se manifeste en général comme un minéral de remplissage des fissures et des cavités.

II.2.2.2. les argiles (quaternaire) :

Les argiles quaternaires couvrent presque tout le gisement de calcaires dans les parties Est et Sud de la carrière. Elles sont de couleur brunâtre, l'épaisseur varie entre 0.5 à 2 mètres. Vue la perméabilité des calcaires, ces argiles jouent un rôle important sur qualité des Ca CO₃, par les infiltrations des eaux de pluies en profondeur à travers les fissures et cassures.

II.2.3-Tectonique :

Les horsts constituaient des hauts fonds au moment des dépôts des calcaires à lithothamniées qui débutent à leur périphérie par des conglomérats épais. Postérieurement à ces dépôts, de nombreuses failles ont rejouées (N30), et rejettent nettement des calcaires à lithothamniées. Les flexures sont visibles dans les carrières de Sidi-Safi au Nord de keloucha ; une flexure orientée NW-SE, très visible dans le paysage. Dans la carrière de calcaire BENTAL, il existe des fractures bien visibles orientées NW .SE.

II.3- réserves géologiques :

II.3.1-calcul des réserves : [6]

Les réserves géologiques ont été calculées sur un périmètre de 5,7 hectares, attribuée à BENTAL

Tableau. II- 4: Coordonnées du périmètre en exploitation du gisement de Béni Saf en UTM (superficie : 5.7ha)

Points	Coordonnées UTM	
	X	Y
1	651200	3902700
2	651400	3 9027 00
3	651400	3902600
4	651500	3902600
5	651500	3902400
6	651300	3902400
7	651300	3902600
8	351200	3 902 650

Le volume total a été calculé par la méthode des profils géologiques sériés. Ainsi, neuf (09) coupes géologiques sériées ont été réalisées (X-X'....-H-H') dans la direction E-W.

La formule utilisée pour le calcul des volumes étant :

➤ Dont les conditions de $\Delta S/S \leq 0,40$. $V = \frac{(S1+S2)}{2} \times D$.

➤ Dans le cas contraire la formule utilisée est celle du prisme tronqué où le volume est égal :

$$V = \frac{(S1 + S2 + \sqrt{S1S2}) \times D}{3}$$

Une bande de sécurité de dix (10) mètres de largeur pour protéger la conduite de gaz actuellement au Nord du périmètre a été abandonnée.

Tableau. II- 5 : Calcul des réserves géologiques du gisement de Béni-Saf :

Section	Surface totale (m ²)	Distance D(m)	surface couverture (m ²)	Surface Carbonates (m ²)	Volume couverture (m ³)	Volume Carbonates (m ³)
Section X-X'	2 435		0	2 435		
Section A-A'	1 721	20.07	0	1 721	0	41 705
Section B-B'	1 390	50	14	1 376	240	77 425
Section C-C'	1 324	50	2	1 322	288	67 450
Section D-D'	1 459	50	6	1 453	318	69 375
Section E-E'	2 514	50	107	2 407	160	96 500
Section F-F'	1 010	50	0.4	1 010	2 268	85 425
Section G-'	2 152	50	13.8	2 138	2 156	78 700
Section H-H'	4 823	46	333	4 490	284	152 444
Total	18 828	366.07	476.2	18 352	5 936	669 045

Les surface ont été dessinée par **AUTO CAD 2008**

Les réserves géologiques du gisement de carbonate de calcium de Béni-Saf sont de l'ordre de **669 045 m³** en place.

En tenant compte de la masse volumique de carbonate du calcium égale 1,25 tonne/m³.

Les réserves géologiques en tonne :

$$669\,045 \times 1,25 = 836\,306.25 \text{ tonnes.}$$

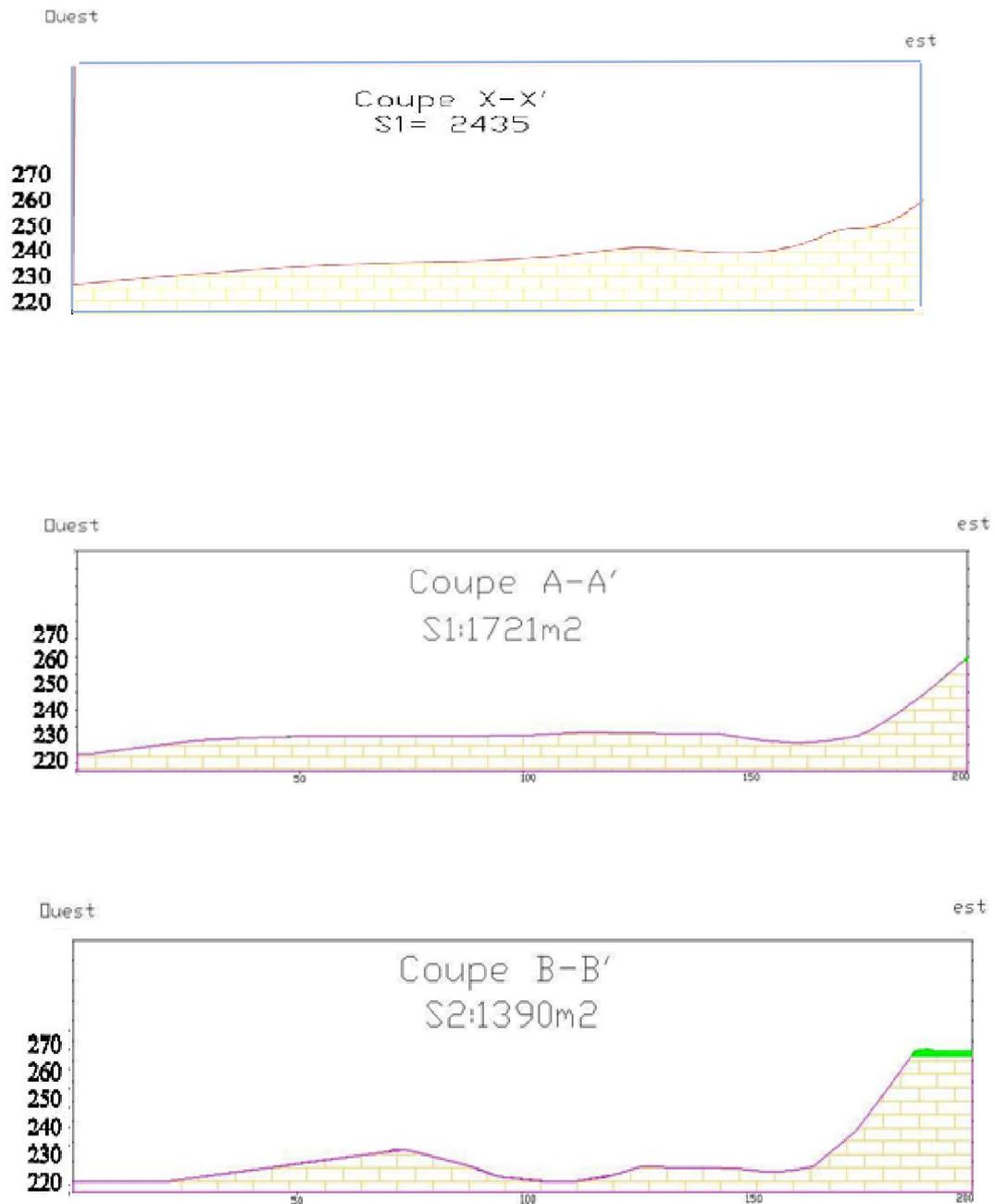


Figure. II- 2 : Coupes géologiques (XX', AA', BB') du gisement de Béni-Saf.

Echelle 1/1 000^e

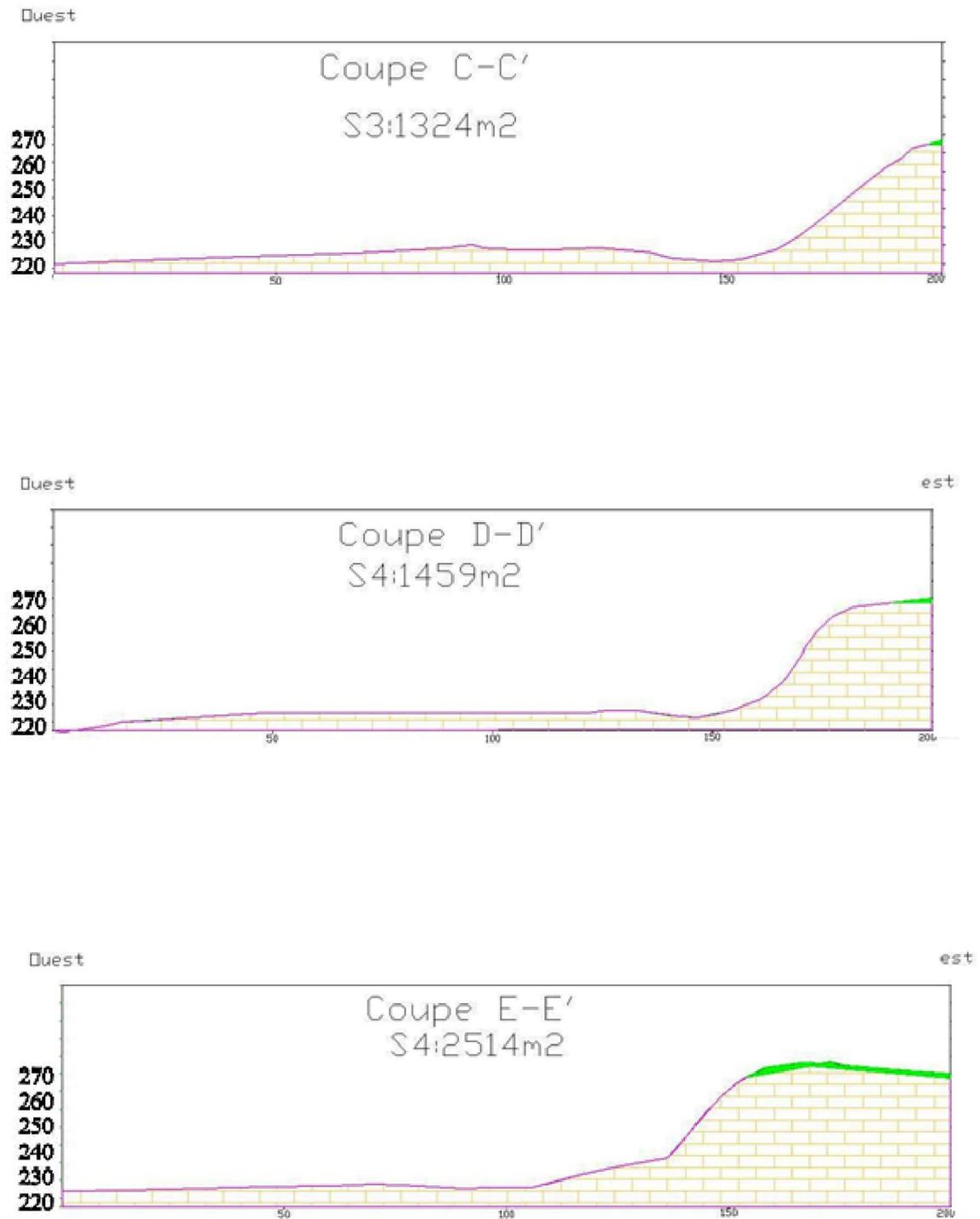


Figure. II- 3 : Coupes géologiques (CC', DD', EE') du gisement de Béni-Saf.

Echelle 1/1 000^e

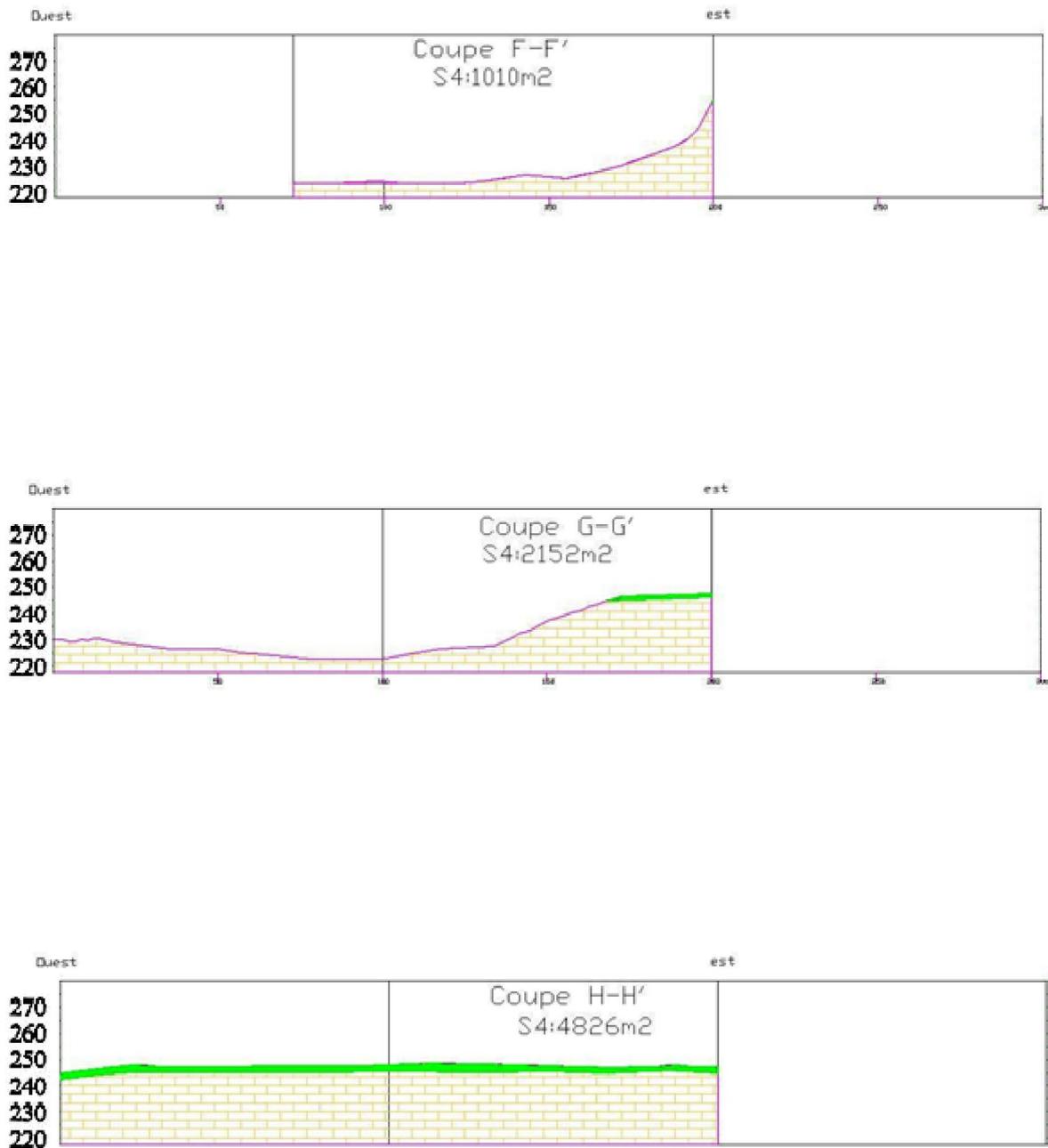


Figure. II- 4 : Coupes géologiques (FF', GG', HH') du gisement de Béni-Saf.

Echelle 1/1 000°

Chapitre III

Reprise de
l'exploitation
du gisement

III.1-Généralité :

Les méthodes d'exploitation peuvent être définies comme un ensemble de travaux exécutés selon un ordre bien adapté dans le temps et dans l'espace sur les stériles et le minerai, dans des conditions déterminées. Cet ordre dépend de la variété du nombre de mécanisme, d'engins utilisés à cet effet et de l'organisation de ces derniers.

L'élaboration du projet de réouverture et d'exploitation de la carrière de carbonate de calcium doit prendre en compte des facteurs fondamentaux pour la mise en exploitation rapide du gisement et sa rentabilité économique.

III.2-Les facteurs qui déterminent le projet d'exploitation : [10]**III.2.1-Facteurs géologiques :**

Les caractéristiques géologiques d'un gisement et des terrains encaissants sont prépondérantes dans le choix des méthodes et des matériels d'exploitation. En effet, on procède à une identification du gisement en déterminant les aspects suivants:

- La structure du massif;
- La profondeur, la puissance et le pendage du gisement ;
- L'importance et la qualité des réserves ;
- Le volume des réserves géologiques en place;
- Le volume des réserves exploitables;

III.2.2-Facteurs techniques :

Les principaux facteurs techniques dans le propre l'exploitation sont :

- Le choix du matériel d'exploitation ;
- Le mode d'attaque du gisement ;
- Les stades successifs de l'exploitation;
- L'aménagement des pistes de la carrière;
- L'emplacement des installations prévues:
- L'emplacement de l'aire de stockage des matériaux et des terres de découverte ;

III.3-Réserves exploitables :

Pour le calcul des réserves exploitables, il a été tenu compte des pertes d'exploitation:

Les pertes sont dues à :

- abandon des banquettes étroites de sécurité.
- inclinaison du gradin.

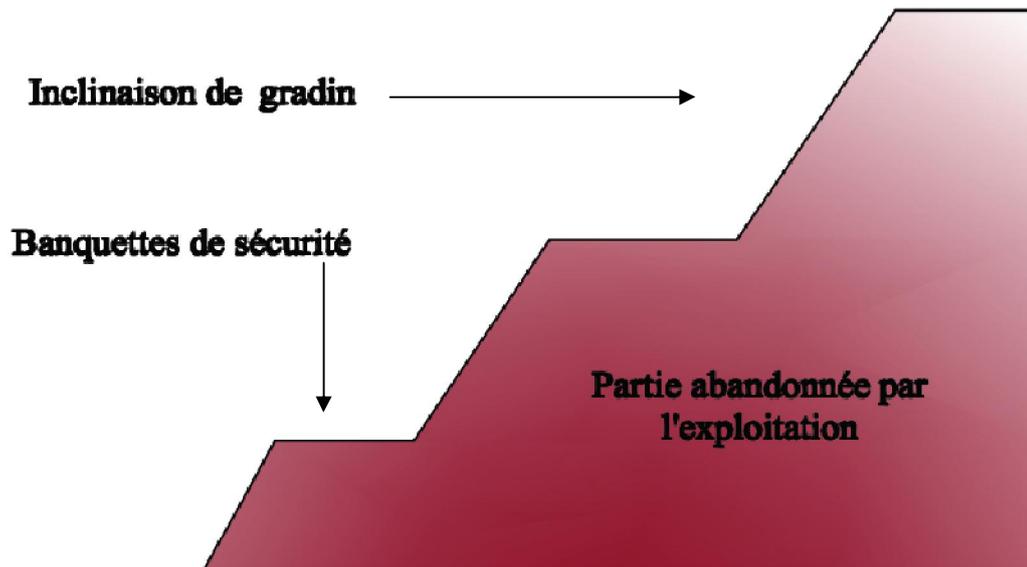


Figure. III- 1 : Schéma Représentent la partie des réserves abandonnées par l'exploitation (18 % de pertes).

Sur cette base les réserves exploitables sont de l'ordre de **688 378 tonnes**.

III.4-Conditions technico-minières du gisement de béni-saf : [6] [8]

III.4.1-Régime de fonctionnement :

L'exploitation du gisement de béni-saf fonctionne selon le régime suivant :

Le nombre de jours ouvrables par an240 jours/an.

Le nombre de jours ouvrables par semaine5jours /semaine.

Le nombre de postes de travail par jour.....1 poste /jour.

Le nombre d'heures de travail par poste8 heures /poste.

III.4.2-Capacité de production :

III.4.2.1-Capacité annuelle de production, P_a [tonne/an] :

La tâche technique assignée à ce projet est d'alimenter simultanément une usine de traitement pour la fabrication du carbonate de calcium destiné comme produit de charge dans la fabrication des peintures et des boues de forage et le secteur des travaux publics.

➤ **Fabrication du produit de charge ;**

Tableau. III- 1 : Production des trois dernières années (carbonate de calcium) :

Désignation	2007		2008		2009		2010
	Prévu	Réalisé	Prévu	Réalisé	Prévu	Réalisé	Objectif
TV Traité (T)	15600	15562	15600	18883	16120	17 036	21 000
% de récup	77	82	77	79	77	84.29	80
Produit fini (T)	12 000	12717.7	12000	14970.4	12400	14360.300	17 000

Pour l'alimentation de l'usine la capacité de production envisagée est de 17 000 t/an de produit fini. En tenant compte d'un taux de récupération de l'ordre de 80%, la capacité d'extraction sera de l'ordre de 21 000 tonne /an.

➤ **Produit des tufs au secteur des Travaux Publics ;**

Pour le secteur des Travaux Publics le tonnage prévu est de 30 000 tonnes/an (selon Bental).

La production totale prévisionnelle de la carrière sera donc de :

Donc $P_a = 51\ 000$ tonnes /an

III.4.2.2-Production journalière, P_j [t/j] :

La production journalière est le rapport de la production annuelle « P_a » sur le nombre de Jours ouvrables par an « N_{jo} » :

$P_a : 51\ 000$ tonnes/année.

$N_{jo} = 365 - (2 \text{ jours/semaine} \times 52 \text{ semaines/année}) - (21 \text{ jours repot / année})$.

$$= 365 - 104 - 21 = \mathbf{240 \text{ jours/année.}}$$

$$P_{aj} = P_a / N_{jo}$$

$$P_{aj} = 51\ 000 / 240 = \mathbf{212,5 \text{ tonnes/jour.}}$$

Cette production est répartie comme suit:

- production destinée à l'usine de traitement située à Mellal ;

$$P_j = 21\ 000 / 240 = \mathbf{87,5 \text{ tonnes/jour.}}$$

- production destinée aux Travaux Publics ;

$$P_j = 30\ 000 / 240 = \mathbf{125 \text{ tonnes/jour.}}$$

III.4.3-Durée de vie de la mine:

La durée d'exploitation est déterminée par l'expression suivante

$$T = Q/A$$

Où :

Q : les réserves exploitables du gisement, $Q = 688\ 378$ tonnes,

Pa : la production annuelle de la carrière, $A = 51\ 000$ tonnes/an.

$$T = \mathbf{13,5 \text{ ans}}$$

III.5- Situation actuelle de la carrière : [6]

Le gisement de carbonate de calcium de Béni-saf a été exploité par BENTAL Maghnia à partir de juin 1991 par la méthode à ciel ouvert.

Un volume de $1\ 483\ 923 \text{ m}^3$ a été extrait de ce gisement de puis 1995 jusqu'à décembre 2009.

III.5.1- Les principales caractéristiques de la carrière :

Le constat actuel de la carrière et le gisement ;

1. L'exploitation est faite par un seul gradin de hauteur de l'ordre plus de 15 m. (Figure III. 1).
2. La présence de la conduite de gaz au nord représente un inconvénient de l'exploitation.
3. La plate forme de travail n'est pas plane ; elle et présente par certains endroits des nids et des mamelons. La différence d'altitude mesurée entre deux points peut atteindre jusqu'a 9m. (Figure III. 2).
4. La présence de tas de stériles sur la plate forme gêne l'avancement des travaux d'exploitation et le roulage des engins. (figure III. 3).
5. La piste principale de roulage entre la carrière et la route goudronnée est mal aménagée. (Figure III. 4).



Figure. III- 2 : Gradin de l'exploitation de la carrière de Béni-saf.



Figure. III- 3: présence des fosses et mamelons dans la plate forme de travail.



Figure. III- 4: Tas de stérile sur la plate forme de travail.



Figure. III- 5 : Vue montrant la piste d'accès à la carrière de Béni Saf.

III.6-Stratégie de développement :

L'exploitation du gisement de béni-saf se fera en trois étapes :

- Redressement des gradins :
- Nivellement de la plate-forme.
- Exploitation du niveau inférieur de la plate-forme.

III.6.1-Redressement des gradins :

La hauteur actuelle de 20m du gradin sera divisée en 2 gradins.

Pour tenir compte de la hauteur du gradin proche de 10m il est nécessaire de créer une piste au niveau 263 et 253 ainsi deux gradins seront constitués.

Niveau 263 : pour exploiter le gradin 273-263.

Niveau 253 : pour exploiter le gradin 263-253.

Cette opération nécessite de prévoir un accès du côté Est à partir de la surface.

III.6.2-Nivellement de la plate-forme inférieure de travail

La plate-forme inférieure ne se situe pas sur un seul niveau. Entre deux points de la plate-forme la différence d'altitude mesurée peut atteindre jusqu'à 9m. C'est ce qui explique la nécessité de procéder au nivellement de la plate-forme jusqu'au niveau 243 afin d'une part récupérer les réserves contenues et d'autre part préparer l'exploitation éventuelle des réserves situées au-dessous du niveau 243.

III.6.3- Exploitation du niveau inférieur de la plate-forme. Niveau (233).

Le résultat des analyses chimiques des derniers échantillons montre qu'il reste des réserve jusqu'au niveau 233. Donc il est possible d'entamer un gradin supplémentaire. L'exploitation du niveau inférieur sera réalisée par la réalisation d'une piste secondaire avec une pente inférieure à 10%. Une fois la piste réalisée il sera possible d'entamer l'exploitation de ce nouveau niveau.

Tableau. III- 2 : le volume et la durée d'extraction de chaque gradin

Niveau	Volume en place à extrait (m ³)	Volume (tonnes)	Durée d'extraction (année)
Niveau (263)	46 700	58 575	1.14
Niveau(253)	45 500	56 875	1.1
Niveau (243)	96 000	120 537.5	2.3
Niveau (233)	410 000	512 500	10

Les volumes ont été calculés par **AUTOCAD**.

Avec : - la Masse volumique = 1,25 tonnes/m³

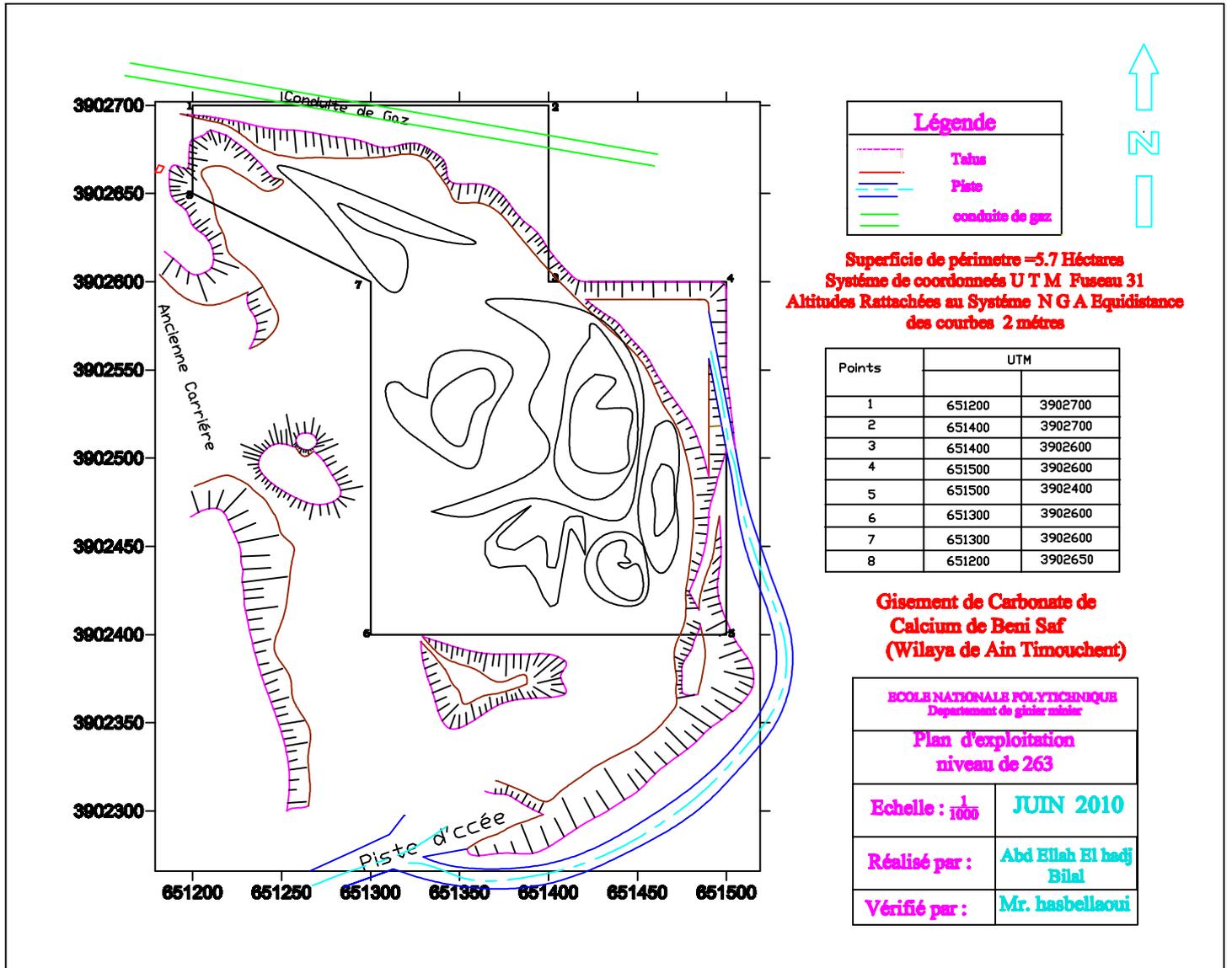


Figure-III.5. Exploitation le niveau 263

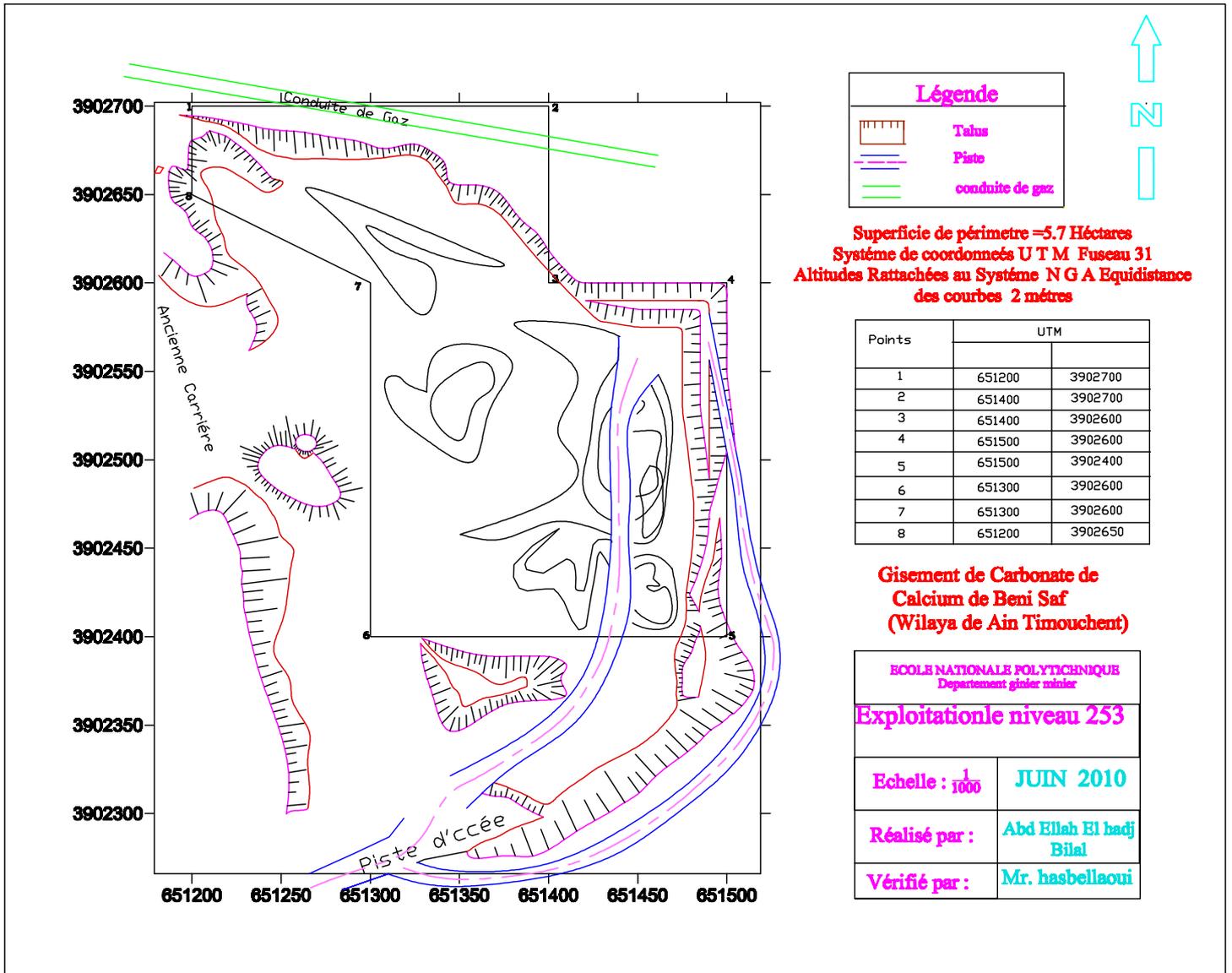


Figure. III.6- Exploitation le niveau 253

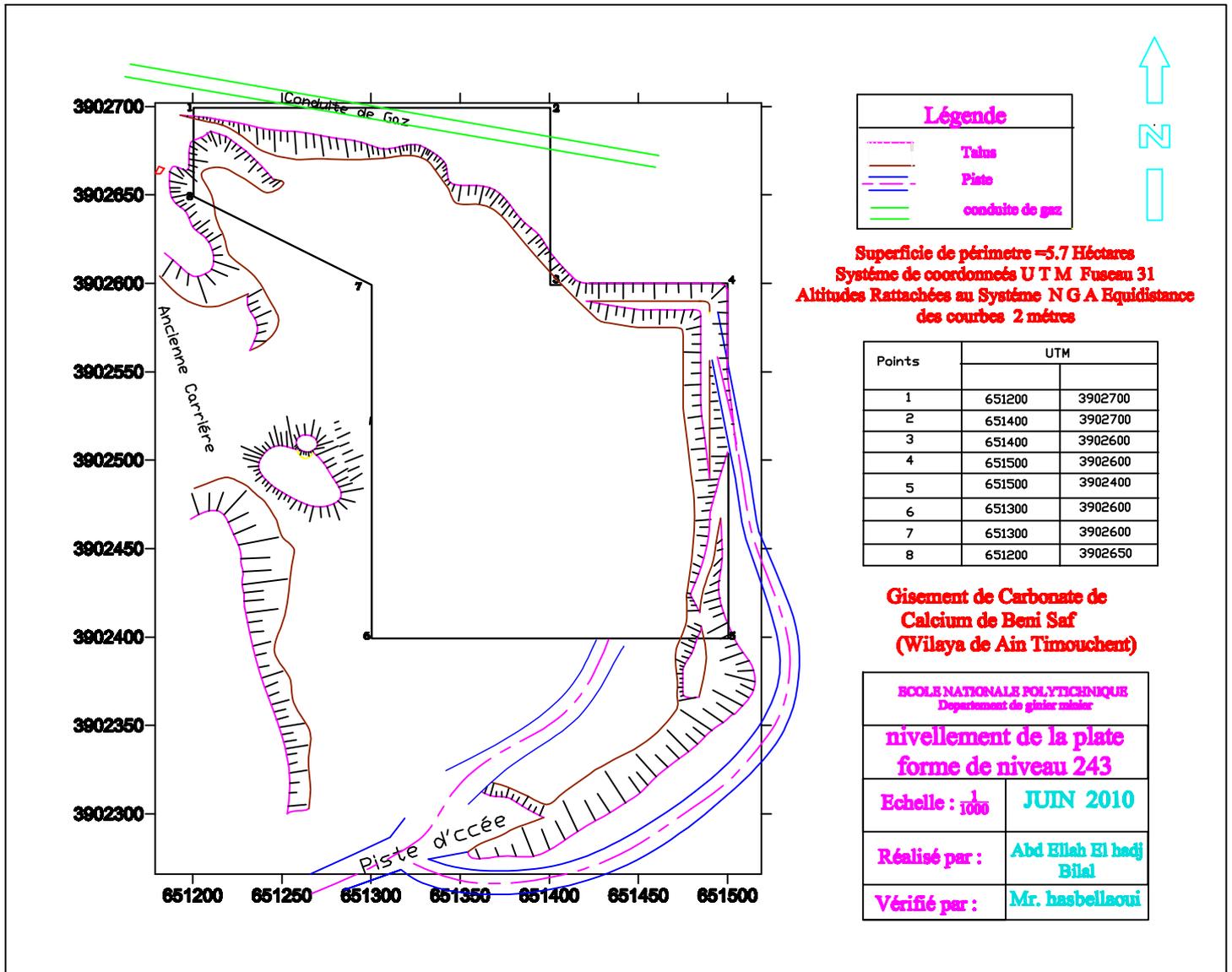


Figure-III.7. Nivellement de la plate forme niveau 243

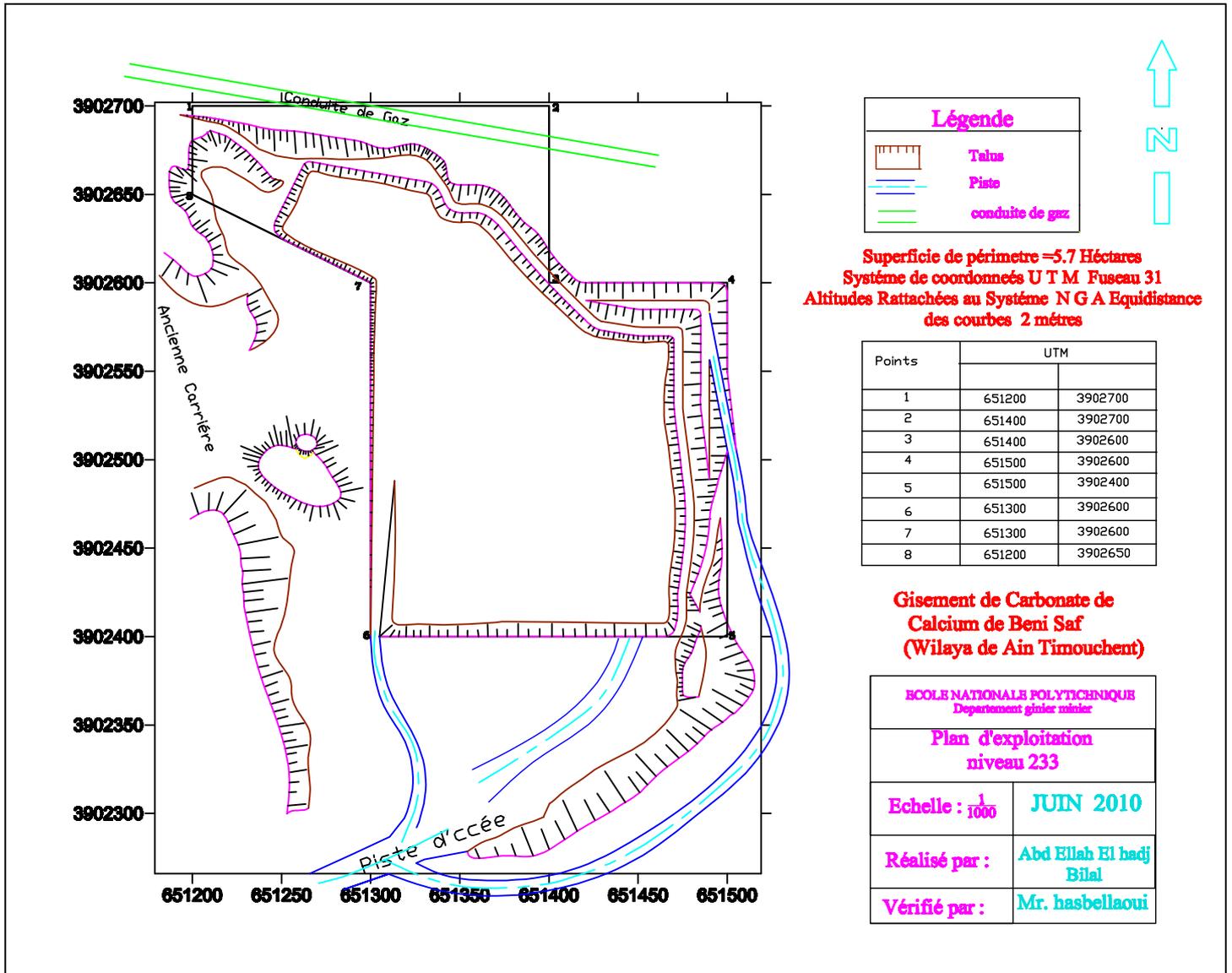


Figure-III.8. Plan Exploitation de la plate forme Niveau 233

III.7-Les opérations minières: [2]

La planification des opérations minières est le pivot de l'exploitation. Une bonne planification est celle qui prévoit quel est l'enchaînement et l'agencement des opérations de façon à donner la production annuellement requise pour l'usine (21000 tonnes / an).et pour le secteur des Travaux Public (30 000 tonnes /an).

Les travaux d'exploitation sont répartis sur trois chantiers :

- Travaux de réouverture.
- Travaux d'extraction.
- Travaux de chargement et transport vers l'usine.

III.7.1-Travaux de réouverture.

La réouverture de la carrière nécessite la réalisation des travaux suivants :

III.7.1.1- Travaux de découverte.

Les travaux de découverte consistent à déplacer la terre stérile de recouvrement vers les terrains réservés à cet effet (mise à terril). De façon à réduire la contamination du minerai par le stérile, et à faciliter l'abattage.

La carrière de Béni-saf se caractérise par un très faible recouvrement de (1m environ).

Pour cela, Les terres de découverte sont enlevées par pelle et chargées dans les camions de 20 tonnes qui le déversent à une distance moyenne de 1km. Ces terres sont reprises parfois pour remplir des trous au niveau des pistes.

Le taux de découverte est de : $\zeta = V \text{ de découverte} / V \text{ de réserves géologiques}$,

Volume de découverte = **5 936 m³**.

Volume de réserves géologiques = **669 045 m³**.

Le taux de découverte est estimé à (**1 %**).

III.7.1.2-Les pistes :

La piste principale a été réalisée au démarrage des travaux d'exploitation en 1991. Il est nécessaire de procéder à son réaménagement.

Du fait de la configuration actuelle avec un seul gradin plus de 20 m il n'existe pas de pistes secondaires. Cependant dans le projet de reconstruction des pistes secondaires sont prévues pour chaque gradin à partir de la piste principale.

III.7.1.2.1-Largeur de la piste : [2] [10]

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 d'après les formules suivantes :

1^{er} cas : circulation à une seule voie (pour les pistes secondaires) :

$$T = a + (2 \times C)$$

Où :

T : Largeur de la piste ;

a : Largeur de la benne du camion, ($a = 2,5\text{m}$ (valeur approximative)) ;

C : Largeur de la bande de sécurité, (m)

$$C = 0,5 + 0,005 V$$

Où :

V : Vitesse moyenne de circulation des camions ($V = 25 \text{ km / h}$).

Donc : $C = 0,62 \text{ m}$.

Alors,

$$T = 2,5 + (2 \times 0,62) = 3,74 \text{ m.}$$

La largeur de la piste pour une circulation à une seule voie avec plus sécurité est :

$$T = 4,74 \text{ m.}$$

2^{ème} cas : circulation à double voie (pour la piste principale)

$$T = 2 \times (a + C) + X + r$$

Où :

r : La largeur de la rigole d'évacuation d'eau = 0.4 m.

X: distance entre les bennes des camions, $X = 2 \times C \dots (m)$.

$$X = 1,24 \text{ m.}$$

Alors,

$$T = 2 \times (2,5 + 0,62) + 1,24 + 0,4 = 7,88 \approx 8 \text{ m}$$

Donc, la largeur de la piste pour une circulation à double voie est :

$$T = 8 \text{ m.}$$

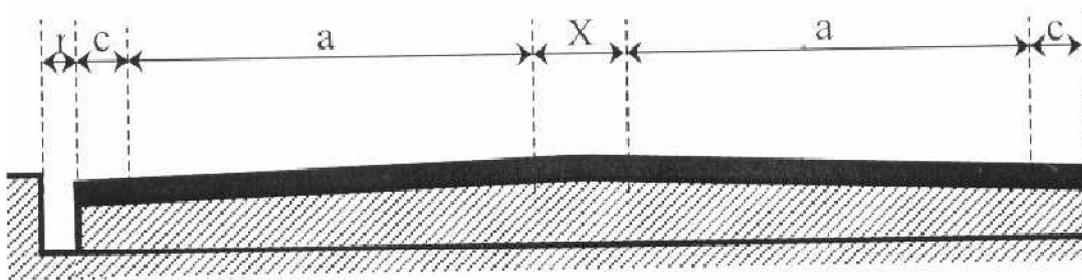


Figure. III- 10 : schéma de la largeur de la piste.

Le profil des piste doit permettre l'évacuation des eaux météoriques Pour cela les pistes doivent légèrement incliner :

- 8 à 10 % en ligne droite
- 5 à 6 % dans les virages

Tableau. III- 3 : Représentations des caractéristiques des pistes :

la piste	Largeur(m)	Longueur(m)
piste principale	8	110
piste secondaire 1	4,75	113
piste secondaire 2	4,75	306
piste secondaire 3	4,75	473

Piste secondaire 1 (entre niveau 263 et la piste principale).

Piste secondaire 2 (entre niveau 253 et la piste principale).

Piste secondaire 3 (entre niveau 243 et la piste principale).

La longueur a été calculée avec **AUTO CAD**.

III.7.2.Travaux d'extraction : [2][10]

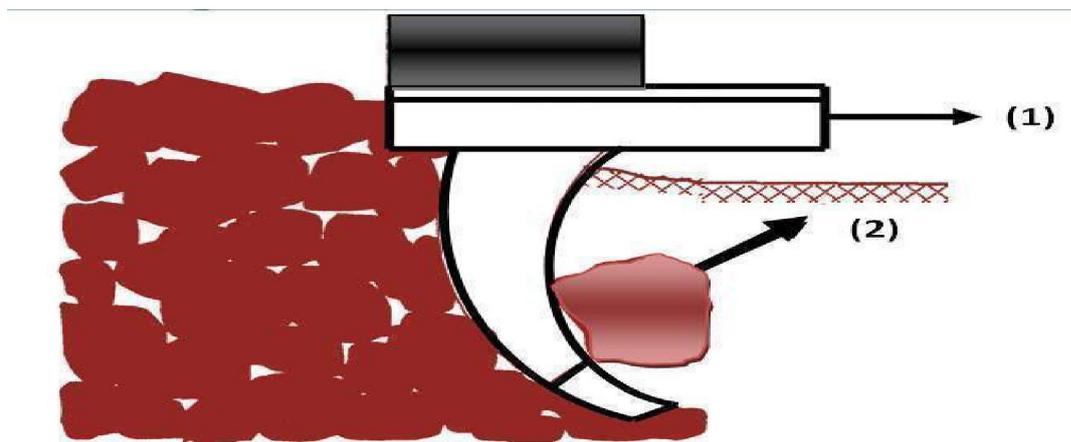
Le choix de la méthode d'abattage des roches dépend des facteurs suivants:

- Type de roches, et leur état naturel;
- Les propriétés physico – mécaniques et technologiques des roches;
- De la productivité de l'entreprise minière;
- Des paramètres techniques des engins et des équipements miniers disponibles et des exigences fixées à la qualité du minerai extrait;

III.7.2.1. L'abattage :

Du fait que la roche de carbonate de calcium de Béni-saf est tendre (La dureté = 3), l'abattage est réalisée mécaniquement par rippage.

L'émottage des roches se fait à l'aide des rippers remorqués à l'arrière du bulldozer, un ripper est un lourd multi dent (ou trident). Ces derniers, qui s'enfoncent dans le sol durant la translation, sont suffisamment écartées pour permettre le dégagement de la matière désagrégée.



(1) – le sens de déplacement du ripper.

(2) – le sens d'arrachement des roches.

Figure. III- 11 : Schéma de l'action du ripper sur le sol.



Figure. III- 12 : Photo montrant la roche en cours de désagrégation par les rippers du bulldozer.

III.2.7.2-L'engin de refoulement (bulldozer):

C'est un engin d'excavation ou de refoulement, qui est sur chenilles ou sur pneus, et possède à l'avant une lame verticale relevable ou abaissable par vérins hydrauliques. Celle-ci peut être concave et droite ou en U.

Le Bulldozer refoule des terres, des roches désagrégées ou des remblais, sert au décapage ou à l'amorçage des pistes et au nivellement des terrains.

Pour choisir cet engin, on portera une attention particulière à la puissance requise, au poids nécessaire, aux conditions du sol.

L'unité de maghnia disposé d'un bulldozer **Caterpillar** de type **D8R**, ayant les

Caractéristiques suivantes :

Tableau. III- 4 : caractéristique de bulldozer **D8R** : [7]

Puissance du moteur		250 ch
Caractéristiques de la lame	capacité	4 m ³
	Longueur de la lame	4.12 m
	Hauteur de la lame	1.11 m
	Profondeur de cavage	0.67 m
Caractéristiques des dents de rippage	Largeur de la poutre	2.20 m
	Profondeur maximale de défoncement	0.748 m

III.7.2.3-Le défoncement au ripper :

III.7.2.3.1-La direction :

La direction de défoncement est imposée par la trace du chantier. Il est recommande de réaliser la scarification dans la direction de refoulement des bulldozers, c'est- a- dire le long du bloc d'excavation.

III.7.2.3.2-La vitesse :

Afin d'obtenir une production économique et d'éviter l'altération des dents du ripper. Il est recommande de choisir une vitesse de rippage qui est égale à 2 Km/h.

III.7.2.3.3-Le nombre de dents :

Il est nécessaire de faire des essais pour décider du nombre de dents. Puisque le calcaire est une roche tendre, on peut commencer à travailler avec deux dents. Si le matériau est plus difficilement pénétrable une seule dent est utilisée.

III.7.2.3.4-La profondeur de défoncement : [9]

La profondeur effective de défoncement du massif peut être déterminée à l'aide de l'expression suivante :

$$h_d = \frac{[K_1 * h_t - 0.5(d - B_s) * \text{tg}\theta]}{K_2}$$

Ou :

K₁ - Coefficient qui tient compte de la forme de la section de la fente ;

K₂ - Coefficient qui tient compte de l'influence de l'état du massif sur les dimensions des piliers non détruits qui se forment lors des passages;

B_s - Largeur du fond de la fente;

θ - Angle du bord de la fente, généralement il est compris entre 40° et 60°, Pour notre cas, on prend **θ = 50°** ;

d - Distance entre les passages voisins, **d = 0.5 m** ;

h_t - Profondeur maximale de la pénétration de la dent, **h_t = 1 m**.

Les paramètres **K₁**, **K₂** et **B_s** sont les indices de rippabilité qui dépendent de la nature du terrain à scarifier. Ils sont présentés dans le (tableau III. 5)

Tableau. III- 5 : Les indices de rippabilité :

Classe des roches en fonction de leur rippabilité	K ₁ [m]	K ₂ [m]	B _s [m]
Facilement ameublées	1.00	0.95	0.90
Moyennement ameublées	0.85	0.95	1.00
Difficilement ameublées	0.30-0.50	0.20-0.30	0.15-0.25

On ne considère que les carbonates de calcium moyennement ameublées, et dont les indices de rippabilité sont les suivants :

K₁ = 0.85m, K₂ = 0.95 m et B_s = 1m.

Ainsi, la profondeur de défoncement effectif du massif serait :

$$h_d \approx 0.55m$$

III.7.2.3.5-Durée d'un cycle de rippage:

Le bloc d'excavation est subdivisé en trois sous- blocs, qui vont être rippés séparément.

La durée d'un cycle de rippage qui est la durée de rippage d'un sous-bloc d'excavation, comprend le temps d'une passe T_{rip} et le temps des manœuvres T_m .

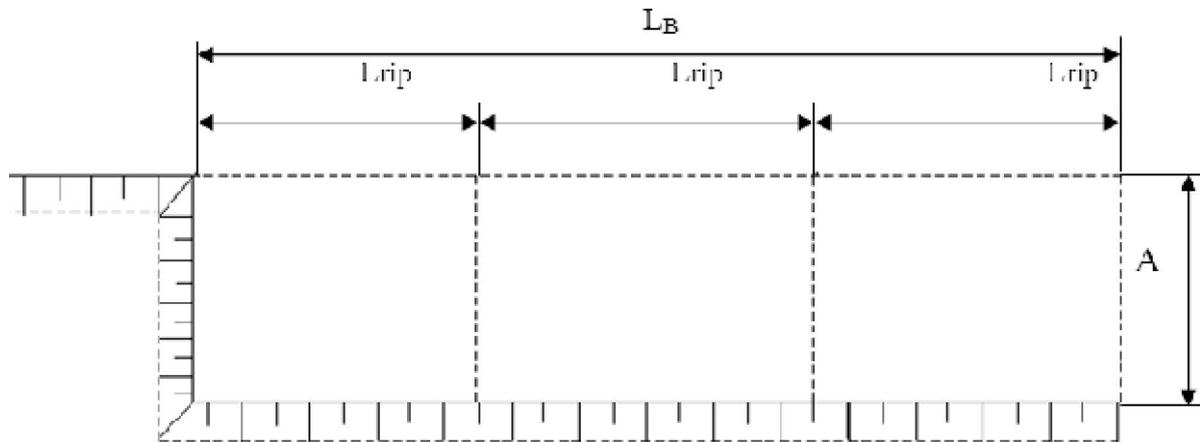


Figure. III- 13 : Schéma représentant la subdivision du bloc d'excavation en sous-blocs.

- Le temps d'une passe correspond au temps nécessaire pour le défoncement d'un sous bloc d'excavation, il est donné par l'expression suivante :

$$T_{rip} = \frac{L_{rip}}{V_{rip}}$$

Où :

L_{rip} - Distance de rippage qui est égale au tiers de la longueur du bloc d'excavation,

La longueur du bloc d'excavation $L_B = 33 \text{ m}$

$$L_{rip} = \frac{L_B}{3} = \frac{33}{3} = 11m$$

V_{rip} - Vitesse moyenne de rippage, $V_{rip} = 2 \text{ Km/h} = 33 \text{ m/min}$.

Donc :

$$T_{rip} = \frac{11}{33} = 0,33 \text{ min}$$

- Le temps des manœuvres représente le temps nécessaire pour le ripper afin de lever, se retourner et abaisser les dents de nouveau. Il est estimé à :

$$T_m = 1.7 \text{ min}$$

- La durée d'un cycle de rippage serait :

$$T_{cy.rip} = T_{rip} + T_m = 2.03 \text{ min} \approx 2 \text{ min}$$

III.7.2.3.6-Le temps de refoulement du matériau défoncé à chaque cycle de rippage :

Il est estimé par l'expression suivante :

$$T_{cy.ref} = T_{ref} + T_{ret} + T_{mL} + T'$$

Ou :

T_{ref} : Temps nécessaire pour le refoulement du matériau moyennement ameubli est :

$$T_{ref} = 5 \text{ min};$$

T_{ret} : Temps de retour du bulldozer, $T_{ret} = 3 \text{ min}$;

T_{mL} : Temps des manœuvres de la lame, $T_{mL} = 3 \text{ min}$;

T' : Temps tenant compte du colmatage du matériau et de la difficulté de refoulement,

$$T' = 4 \text{ min.}$$

Le temps total nécessaire pour le refoulement du matériau défoncé à chaque passe de ripper est estimé à :

$$T_{cy.ref} = 15 \text{ min}$$

III.7.2.3.7-Coefficient d'utilisation pratique du ripper :

La durée d'un poste de travail est composée de :

$$T_p = N_{cy} * (T_{cy.ref} + T_{cy.rip}) + T_{main}$$

Ou :

$T_{cy.rip}$: Durée du cycle de rippage, $T_{cy.rip} = 2 \text{ min}$;

$T_{cy.ref}$: Durée du cycle de refoulement, $T_{cy.ref} = 15 \text{ min}$;

N_{cy} : Nombre de cycles de rippage- refoulement,

$$N_{cy} = \frac{A_j * K_i}{C_r}$$

Où :

A_j : Production journalière, $A_j = 80 \text{ m}^3/\text{jour}$;

K_i : Coefficient d'irrégularité, $K_i = 1.1$;

C_r : Capacité de la lame de ripper, $C_r = 4 \text{ m}^3$;

$$N_{cy} = 22 \text{ cycles ;}$$

T_{main} - Temps de maintenance.

$$T_{main} = T_p - N_{cy} * (T_{cy.rip} + T_{cy.ref})$$

$$T_{main} = 106 \text{ min}$$

T_p - Durée d'un poste de travail $T_p = 480 \text{ min}$

Donc, le coefficient d'utilisation est de :

$$K_{u.rip} = \frac{N_{cy} * T_{cy.rip}}{T_p}$$

$$K_{u.rip} = 0.091$$

Volume de carbonate de calcium défoncé à chaque cycle de rippage :

Le volume défoncé est estimé à : $V \approx 16 \text{ m}^3$

III.7.2.3.8-Rendement pratique du ripper :

Pour évaluer la production du ripper, on utilise la formule suivante :

$$R_r = \frac{60 * V * T_p * K_u}{T_{cy.rip}}$$

Où :

V : Volume moyennement ameubli par le ripper, $V = 16 \text{ m}^3$;

$T_{\text{cy.ripper}}$: Durée d'un cycle de rippage, $T_{\text{cy.ripper}} = 2 \text{ min}$;

T_p : Durée d'un poste de travail, $T_p = 7 \text{ heures}$;

K_u Coefficient d'utilisation pratique du ripper, $K_u = 0,09$.

Le rendement pratique du ripper est :

$$R_{\text{ripper}} = 349.44 \text{ m}^3 / \text{poste.}$$

Remarque :

Le rendement du ripper ($349.44 \text{ m}^3/\text{poste}$), le bulldozer peut assurer la production hebdomadaire de la carrière, qui est égale à $1062.25 \text{ m}^3/\text{semaine}$, en **3 jours**, ce qui nous donne un temps de réserve du bulldozer de 4 mois environ par année.

III.7.2.4-Mode d'excavation :

Effectuant une première passée avec le bulldozer à partir du sommet (point A), on dégage une plate- forme d'une largeur « BC » égale à celle du bulldozer. Ensuite, on commence d'abord par la désagrégation des roches par le ripper puis leur refoulement par le bulldozer tout en donnant à la plate- forme de travail une légère pente vers le talus pour éviter le dérapage des engins. Le bulldozer et son ripper travaillent de façon à suivre au plus près la ligne « AD ».

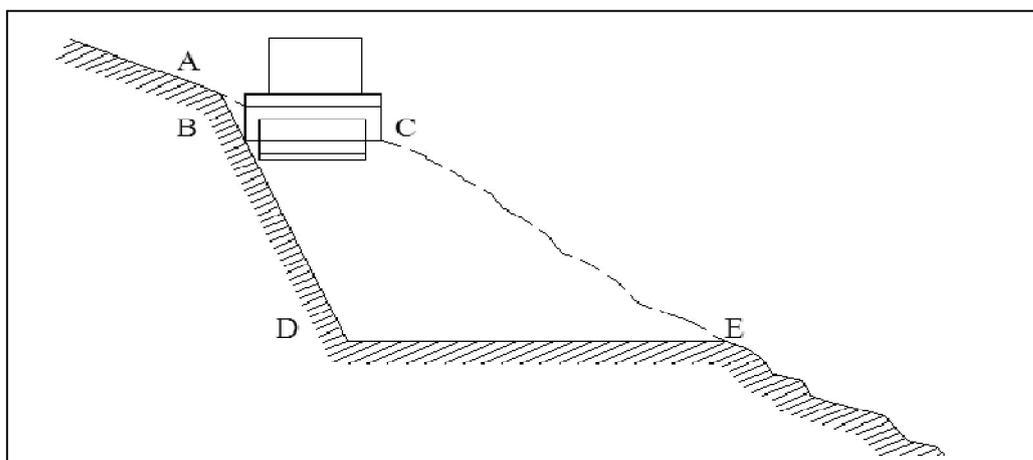


Figure. III- 14 : Le mode d'excavation

L'excavation doit toujours commencer à la partie supérieure, et se poursuivre en descendant et en établissant une excavation en gradins. Chaque coupe sera décalée sur la précédente, pour que l'inclinaison du front soit de 80° . Il faut après chaque excavation de 1 m de profondeur, décaler latéralement la coupe suivante de 0.17 m.

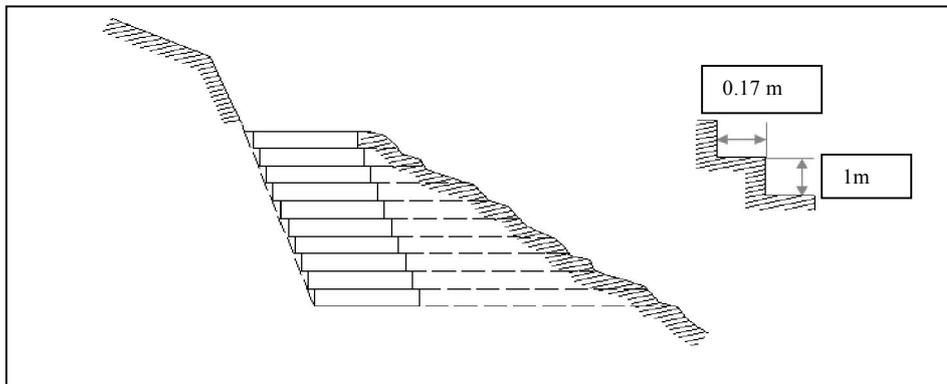


Figure. III- 15 : Succession des coupes pour l'obtention d'un profil donné.

III.8-Processus et technologie d'exploitation: [2] [4]

L'exploitation est un processus complexe et décisif. La finalité de l'exploitation est de permettre le travail en sécurité, au maximum et en moins de pertes et de dilution.

Le système d'exploitation, dans la carrière de Béni-saf peut se définir suivant la disposition du front des travaux miniers ainsi que par la mécanisation complexe employée. Les paramètres du système d'exploitation seront donc les suivants :

- La hauteur et le nombre de gradins;
- La largeur des plates-formes de travail ;
- La direction des fronts d'exploitation des gradins et de la carrière ;

III.8.1- Les éléments du système d'exploitation :

Les paramètres du système d'exploitation sont déterminés suivant la nature du gisement ainsi que les engins mis en œuvre pour l'extraction et le transport des roches minières et stériles.

Les Principaux éléments du système d'exploitation sont:

- Le gradin;
- Le front des travaux du gradin et de la carrière;
- La plate-forme de travail;

III.8.1.1-Le gradin :

Le gradin c'est la façon la plus rationnelle pour abattre la roche qui consiste en l'exécution de travaux appropriés.

Un gradin bien dimensionné et de forme idoine présente les avantages suivants :

- Le travail se fait plus rapidement ;
- La production journalière est plus élevée;
- Le déroulement des travaux est amélioré;
- Le front d'attaque se présente mieux;
- Le prix de revient se trouve diminué.

L'élément fondamental des exploitations à ciel ouvert est le gradin. Les gradins sont caractérisés par :

- Leur hauteur;
- Le talus;
- L'angle du talus du gradin;
- Arête inférieure et supérieure du gradin;
- La largeur des plates-formes de travail.

III.8.1.1.1-Hauteur du gradin :

Le choix de la valeur de cet élément dépend :

- Des propriétés physico- mécaniques de la roche ;
- De la stabilité des talus des gradins ;
- Des paramètres de travail du bulldozer.

Pour le gisement de Béni saf, la hauteur maximale des gradins est fixée à 10 m à cause de la cohésion moyenne de cette roche et des paramètres de stabilité des talus.

III.8.1.1.2-Angle de talus du gradin :

En fonction des mêmes paramètres cités pour la hauteur du gradin pour assurer leur stabilisation on détermine :

- L'angle de talus du gradin (**80°**);
- La pente du talus générale de la carrière (**60°**)

III.8.1.1.3-La plate-forme de travail :

C'est la plate-forme sur laquelle sont disposés les engins principaux et secondaires d'exécution des travaux miniers. Elle est déterminée par les dimensions des engins de chargement, du transport, ainsi que la technique d'abattage (largeur du tas des roches abattues en dehors de l'enlevure). Les paramètres de ce dernier dépendent des propriétés physico-mécaniques des roches et des éléments du système d'exploitation. La largeur minimale de la plate-forme de travail doit permettre un déplacement libre des engins.

Lorsque l'extraction des roches sera réalisée mécaniquement ainsi donc, la Largeur minimale de la plate-forme de travail serait :

$$L_{p,t} = Z + T + C + A, [m]$$

Où :

Z - Largeur du prisme éventuel d'éboulement. [m] ;

T - Largeur de la voie de transport, [m]:

C - Distance entre l'arête inférieure du talus et la voie de transport, [m] ;

A - Largeur de l'enlevure en massif, [m].

La valeur de « Z » est donnée par la formule suivante

$$Z = H \left[\frac{1}{\tan \delta} - \frac{1}{\tan \alpha} \right]$$

Où :

H[m] - Hauteur du gradin ;

δ [°]- Angle de talus du gradin en liquidation;

A [°] - Angle de talus du gradin en exploitation ;

Pour : H = 10m, δ = 60° et α = 80°, on trouve :

$$Z = 2,5 \text{ m}$$

La valeur de « C » est donnée par l'expression :

$$C = 0,2 * H$$

Ce qui nous donne : $C = 2\text{m}$

-Nous avons vu précédemment (la largeur de la piste) que $T = 4,47\text{m}$

-La largeur de l'enlèvement en massif « A » est égale à l'entrée des dents de ripper qui est égale à la largeur moyenne défoncée par le ripper, $A = 3,25\text{m}$.

-Alors, la largeur de la plate- forme de travail minimale serait égale à : **14 m**.

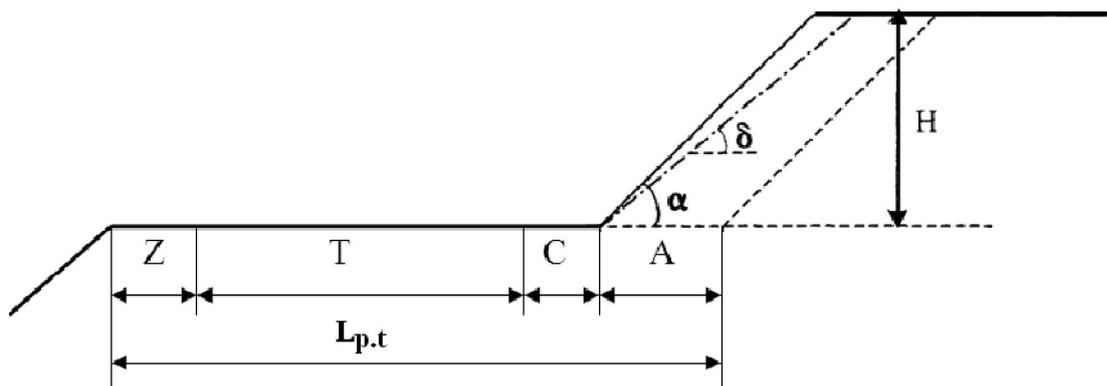


Figure. III- 16 : Eléments de la plate forme de travail.

III.9-Le chargement : [9]

Le chargement des roches fragmentées par le ripper est assuré par des chargeuses sur pneus.

Ces dernières ont les avantages suivants :

- Vitesse élevée ;
- Possibilité de circuler sur surfaces non revêtues ;
- Souplesse d'utilisation ;

Les principaux paramètres technologiques qui définissent le rendement d'une chargeuse

Sont :

- La capacité de charge ;
- La force de pénétration ;

- La hauteur de déchargement du godet ;
- L'angle de basculement du godet lors du chargement ;

III.9.1-Détermination du temps de cycle de la chargeuse :

La durée du travail d'un cycle de la chargeuse lors de la réalisation des travaux de chargement et de transport est calculée par l'expression suivante :

$$T_c = T_r + T_{ch} + T_d + T_v$$

Où:

T_r – Durée de remplissage du godet, $T_r = 25 \text{sec}$;

T_d – Durée de déchargement du godet, $T_r = 20 \text{sec}$;

T_{ch} – Durée de parcours de la chargeuse chargée vers le lieu du déchargement. Ce paramètre est déterminé par la formule suivante :

$$T_{ch} = \frac{3.6 * L_{ch}}{V_{ch}}$$

Où :

L_{ch} – Longueur de parcours de la chargeuse vers le lieu du déchargement, $L_{ch} = 15 \text{m}$;

V_{ch} – Vitesse de parcours en charge, $V_{ch} = 2 \text{Km/h}$;

$$T_{ch} = 27 \text{sec}$$

T_v – la durée de parcours à vide vers le lieu du chargement ; elle est donnée par l'expression suivante :

$$T_v = \frac{3.6 * L_v}{V_v}$$

L_v – la longueur de parcours à vide, $L_v = 15 \text{ m}$;

V_v – la vitesse de la chargeuse à vide, $V_v = 6 \text{ Km /h}$.

$$T_v = 9 \text{sec}$$

Donc : $T_c=81$ sec

III.9.2-Le nombre de cycles par poste « N_{cy} » :

$$N_{cy} = \frac{3600 * T_p * K_u}{T_c}$$

Où :

T_p – la durée du poste de travail, $T_p = 7$ h ;

K_u – le coefficient d'utilisation pratique du poste, $K_u = 0,60$;

T_c – la durée du cycle de la chargeuse, $T_c = 81$ sec.

$$N_{cy} = 213 \text{ cycles}$$

III.9.3-Le volume à déplacer par cycle :

$$V_C = \frac{A_P * K_F}{N_{CY} * \gamma}$$

A_P - Charge à déplacer par poste et elle est égale à la production par poste,

$$A_P = 212,5 \text{ t/poste};$$

K_F - Coefficient de foisonnement, $K_F = 1.15$;

γ - Masse volumique du matériau, $\gamma = 1,25 \text{ t/m}^3$

N_{CY} - Nombre de cycles de travail de la chargeuse par poste, $N_{CY} = 213$ cycles.

Le calcul nous donne :

$$V_C = 0.9 \text{ m}^3/\text{cycle}$$

III.9.4-Le volume théorique du godet de la chargeuse t utilisée :

$$V_g = \frac{V_C}{R_V}$$

Où :

R_V - Rendement volumique de la chargeuse, $R_V = 0,9$.

Alors : $V_g=1 \text{ m}^3$

III.9.5-Rendement effectif de la chargeuse :

Le rendement par poste de la chargeuse est déterminé par l'expression suivante :

$$R_{EFF} = \frac{3600 * V_g * K_r * \gamma * T_p * K_U}{T_C * K_F}$$

Où :

V_g : Capacité du godet de la chargeuse en m^3 .

K_F : Coefficient de foisonnement.

K_r : Coefficient de remplissage du godet de la chargeuse;

T_p : Durée d'un poste de travail ;

γ : Masse volumique ;

K_U : Coefficient d'utilisation de la chargeuse durant un poste de travail.

Pour : $V_g=3,5 \text{ m}^3$, $K_r=0.9$, $\gamma=1,25 \text{ t/m}^3$, $T_p=7\text{heures}$, $K_U=0.6$, $T_C=81\text{sec}$, $K_F=1.15$.

$$R_{EFF}=208,69 \text{ t/poste}$$

III.10-Le transport :

La matière première est transportée du point de chargement (front de taille) au point de déchargement au moyen de camions à benne basculante.

La distance de transport du minerai utile est :

- Carrière → usine de traitement situé à Mellal (dans la wilaya de Tlemcen) : 83Km.
- Carrière → l'aire de stockage : 0,5Km.

III.10.1-La capacité de charge des camions :

$$G=V_{benne} * \gamma_F = \frac{V_{benne} * \gamma}{K_F}$$

$$G \approx 20 \text{ tonnes}$$

Où :

V_{benne} : volume de la benne $\approx 18 \text{ m}^3$;

Poids volumique : $\gamma = 1,25 \text{ t/m}^3$;

Coefficient de foisonnement : $K_F = 1.15$;

III.10.2-Rendement des camions de transport:

La durée du parcours du camion est donnée par l'expression suivante :

$$T_{\text{CC.B}} = \frac{[T_{\text{CH}} + T_{\text{M}} + 60 * L_{\text{B}}] \times [V_{2.\text{B}} + T_{\text{D}}]}{[V_{1.\text{B}} + 60 * L_{\text{B}}]}$$

Où :

T_{M} - Temps nécessaire aux manœuvres,

$$T_{\text{M}} = 2 \text{ min} ;$$

L_{B} - Distance de transport ;

$V_{1.\text{B}}$ - Vitesse à charge :

$$V_{1.\text{B}} = V_{\text{max}} / 3 \quad \text{avec } V_{\text{max}} = 100 \text{ Km / h}$$

$$V_{1.\text{B}} = 33 \text{ Km / h.}$$

$V_{2.\text{B}}$ - Vitesse à vide :

$$V_{2.\text{B}} = V_{\text{max}} / 2;$$

$$V_{2.\text{B}} = 50 \text{ Km / h;}$$

T_{D} - Temps de déchargement,

$$T_{\text{D}} = 0,6 \text{ min} ;$$

T_{CH} - Temps de chargement du camion, il est égale a :

$$T_{\text{CH}} = T_{\text{C}} * M ;$$

T_{C} : Durée du cycle de la chargeuse,

$$T_C = 81 \text{ sec} = 1,35 \text{ min},$$

M : Nombre de godets pour charger le camion :

$$M = \frac{G * K_F}{E * K_r * \gamma}$$

Où :

G - Capacité du camion. **G = 20tonnes ;**

E - Capacité du godet de la chargeuse,

$$E = 3,5 \text{ m}^3 ;$$

K_F- Coefficient de foisonnement des roches. **K_F = 1,15 ;**

K_r- Coefficient de remplissage du godet,

$$K_r = 0,90;$$

$$M \approx 6 \text{ godets};$$

$$T_{CH} = 8.1 \text{ min};$$

➤ La durée du parcours du camion entre la carrière et station de traitement

$L_B = 83 \text{ Km}; V_{1,B} = 33 \text{ Km/h. } V_{2,B} = 50 \text{ Km/h}; T_D = 0,6 \text{ min}; T_{CH} = 8.1 \text{ min};$

$$T_{CC,B} = 149.37 \text{ min}$$

➤ La durée du parcours du camion vers l'air de stockage ;

$L_B = 0,5 \text{ Km}; V_{1,B} = 33 \text{ Km/h. } V_{2,B} = 50 \text{ Km/h}; T_D = 0,6 \text{ min}; T_{CH} = 8.1 \text{ min}$

$$T_{CC,B} = 26,7 \text{ min}$$

III.10.3- Nombre de cycles possibles d'un camion par poste :

$$N_{CY.POS} = \frac{60 * T_P * K_U}{T_{CCB}}$$

➤ Nombre de cycles possibles d'un camion entre le chantier et l'usine

$T_P = 7 \text{ heures}, T_{CCB} = 149.37 \text{ min}, K_U = 0.85.$

$$N_{CY.POS} = 2.7 \text{ cycles/poste}$$

- Nombre de cycles possibles d'un camion entre le chantier et l'aire de stockage
 $T_P = 8$ heures, $T_{CCB} = 26.7$ min, $K_U = 0.85$.

$$N_{CY.POS} = 15,28 \text{ cycles/poste}$$

III.10.4-Nombre de cycles nécessaires pour déplacer la charge d'un poste :

$$N_{CY.NEC} = \frac{A_{PB} * K_I}{G}$$

Où :

K_I - Coefficient d'irrégularité, $K_I = 1,3$;

A_{PB} - Production par poste,

G - Capacité de charge du camion, $G = 20$ tonnes.

- Nombre de cycles nécessaires pour déplacer la charge vers l'usine,
 $K_I = 1,3$; $A_{PB} = 87,5$ t/poste ; $G = 20$ tonnes.

$$N_{CY.NEC} = 5,7 \text{ cycles}$$

- Nombre de cycles nécessaires pour déplacer la charge vers l'aire de stockage,
 $K_I = 1,3$; $A_{PB} = 125$ t/poste ; $G = 20$ tonnes.

$$N_{CY.NEC} = 8,125 \text{ cycles}$$

III.10.5-Nombre de camions nécessaires :

$$N_{C.B} = \frac{N_{CN.ECY}}{N_{CY.POS}}$$

- Nombre de camions nécessaires vers l'usine ;

$$N_{C.B} = 2,11$$

- Nombre de camions nécessaires vers l'aire de stockage ;

$$N_{C.B} = 0,53$$

Alors, il faut 4 camions, dont un camion de réserve pour un éventuel remplacement de l'un deux pour panne technique.

III.10.6-Rendement effectif de chaque camion :

$$R_{C.B} = \frac{60 * T_p * G * K_U * K_r}{T_{CCB}}$$

➤ Rendement effectif de chaque camion de transport vers l'usine:

Pour: $T_p=8$ heures, $G=20$ tonnes, $K_U=0.85$, $K_r=0.9$, $T_{CCB}=149.37$ min,

On a alors: **$R_{C.B}=49.160$ tonnes /poste.**

➤ Rendement effectif de chaque camion de transport vers l'aire de stockage:

Pour: $T_p=8$ heures, $G=20$ tonnes, $K_U=0.85$, $K_r=0.9$, $T_{CCB}=26.7$ min,

On a alors: **$R_{C.B}=275,05$ tonnes /poste**

III.11-Les moyens humains :

Tableau. III- 6 : les moyens humains :

Structure	fonction	Nombre
Carrière	Chef de carrière	1
	Ingénieur d'exploitation	1
	Conducteur bull	1
	Conducteur brise roches	1
	Conducteur chargeuse	1
	Conducteur camion	4
	Mécanicien d'entretien	1
	Manœuvre d'entretien	3
	Ingénieur topographe	1
	Ingénieur géologue	1
	Agent de sécurité	4
TOTAL		19

Chapitre IV

Traitement du
carbonate de calcium

IV.1-Généralités :

Le traitement est une opération mécanique qui a pour conséquence de modifier l'aspect de la roche afin de l'adapter à des conditions d'utilisation données (transformation de la matière première en produit fini).

Une fois que les gros blocs de pierre sont détachés à l'aide d'un bulldozer, ces derniers peuvent être ensuite débités en blocs plus petits à l'aide de brise-roche, pour qu'ils puissent avoir des dimensions qui permettent de réduire encore la taille de la pierre au moyen d'un concasseur, à mâchoires.

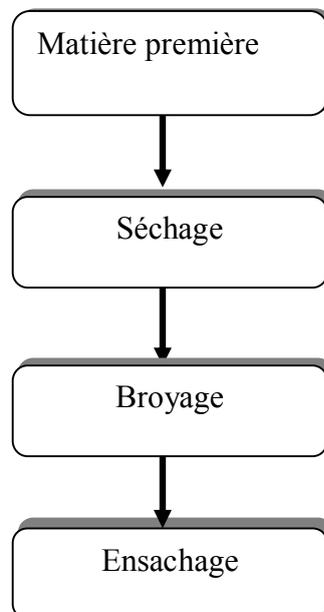
L'opération de traitement se fait au niveau de l'usine de traitement de Mellal (SOMIBAR), situé à 83 km. Le transport du tout venant est coûteux il est recommandé d'envisager un déplacement de l'installation sur le périmètre de la carrière.

La production projetée de l'usine est de: 17000 tonnes en produit fini qui sont répartie en :

- 10 000 tonnes pour l'industrie du forage pétrolier.
- 7 000 tonnes pour charge dans la peinture.

IV.2-Les opérations de traitement : [6] [8]

Les opérations de traitement sont simples et se font en quatre étapes :



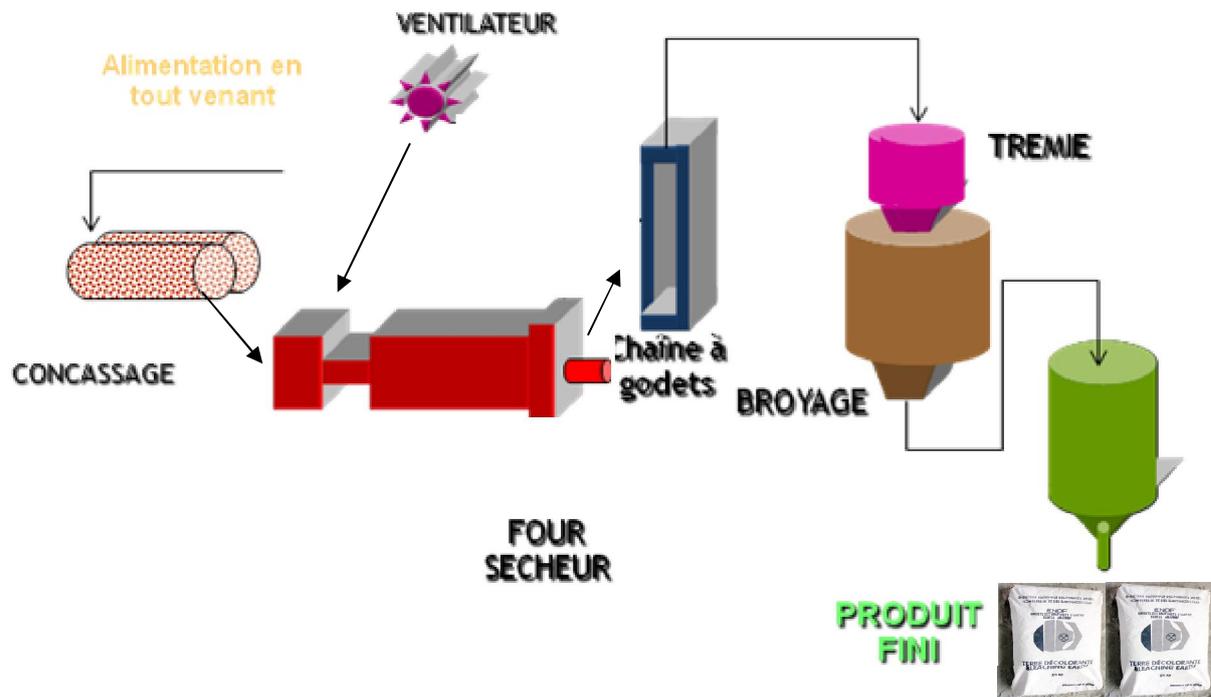


Figure. IV- 1 : Processus de traitement du carbonate de calcium.

IV.3-Les étapes de traitement :

Matière première :

Sa masse volumique est de $1,25 \text{ kg/m}^3$.

Elle est classée de dureté 3 dans l'échelle de dureté de Mohs.

Sa solubilité dans l'eau pure est de l'ordre de 15 à 20 mg par litre.

La calcite provenant de carrières de Béni-Saf est stockée dans l'aire de stockage et subit le traitement suivant :

➤ Concassage:

L'alimentation de la station de concassage se fait par une pelle mécanique à pneu. Le concassage se fait dans un concasseur à mâchoires avec une ouverture à l'entrée de 0.8 m. le matériau concassé est transporté vers le sécheur par une bande transporteuse.

➤ **Sécheur :**

Le sécheur de l'unité est forme de cylindre horizontale peut atteindre la température jusqu'à 100 C° pour éliminer l'humidité excessive (moyenne de 10%) et faciliter l'opération de broyage. A la sortie du sécheur, le produit (carbonate de calcium) est introduit dans la boucle de broyage par une chaîne à godets pour le broyer jusqu'à une granulométrie de 99% < 100 µm.



Figure. IV- 2 : Sécheur de l'unité de traitement.

➤ **Broyeur :**

Broyeur à marteau muni d'un classificateur afin de réduire les dimensions des particules et avoir une granulométrie désirée inférieure à 100 µ.

➤ **Ensacheuse:**

Le produit fini est emporté dans des sacs de différentes tailles. de 25Kg, 50Kg et Big bags de 1T et 1,250T selon la commande des clients.

IV.4-Rendement et bilan matières : [8]

Tableau. IV- 1: Consommation et Production (horaire et par poste) :

Désignation	Objectif par heure (T)	Objectif par poste (T)
TV Traité	10,83	86,66
Quantité des pertes	2,5	20
Quantité du produit fini	8,33	66,66

Ce tableau montre une production par poste de tout venant nécessaire de 87 Tonne pour une production fini de 67 Tonne soit une perte de 20 Tonne par poste.

Conclusion Générale

La configuration actuelle de la carrière avec des gradins de plus de 20 m n'est pas conforme aux règles de l'art minier. Le sujet intitulé « reprise de l'exploitation à ciel ouvert de carbonate de calcium de Béni-saf » a tenté de prendre en charge cette infraction au sens de la loi minière.

Quatre chapitres ont été abordés.

Premier chapitre fait la présentation générale de la société BENTAL et du carbonate de calcium.

Dans le chapitre géologique, nous avons montré que le gisement de carbonate de calcium est une couche sédimentaire monoclinale avec des réserves géologiques de 669 045 m³ (836 306.25 tonnes).

Dans le chapitre relatif au projet d'exploitation nous avons déterminé la durée vie de la carrière par rapport aux réserves exploitables (688 378 tonnes.), et à la production annuelle (51 000 tonnes/an), Elle est estimée à 13.5 ans.

Dans ce même chapitre on a proposé un plan d'exploitation avec une configuration finale en quatre gradins de 10 m de hauteur à des niveaux (263, 253, 243,233)

Le quatrième chapitre, nous avons repris les étapes de traitement actuellement utilisé pour rendre le carbonate de calcium de Béni-saf conforme aux besoins de l'industrie.

Bibliographie :

- [1] Y. Berton et P. Le Berre. Guide de prospection des matériaux de carrière. BRGM - Manuel et méthodes n°5 - 1983, France.
- [2]. V.KOVALENKO,"exploitation des carrières",1986. OPU.
- [3] Livret des substances utiles non métalliques de l'Algérie. Wilaya d'Ain-Temouchent. ORGM (Office National de la Recherche Géologique et Minière), Editions du Service Géologique de l'Algérie, Boumerdès, 1998.
- [4] Benaissa A. (1992). Eléments de mécanique des sols. OPU. Alger.
- [5] Mr.SAIDANI.S: géologie régionale et géologie locale carrière de béni-saf 2008. Rapport (BENTAL).
- [6]. Plan d'exploitation annuelle, BENTAL, 2009.
- [7]. CATERPILLAR, «catalogue d'un bulldozer D8R ».
- [8]. Rapport sur le traitement de carbonate de calcium Béni saf 2009.
- [9]. A.GABAY-J.ZEMP,"Les engins mécaniques de chantier», Paris. Edition Bordas.
- [10] http://www.scribd.com/doc/30979512/Exploitation_a_ciel_ouvert (mai 2010)
- [11] document sur le carbonate de calcium.
(http://www.sfc.fr/Donnees/mine/caco/texcaco.htm#Carbonate_de_calcium) (mai 2010)

Annexe

Tableau : Levé topographique de gisement de Béni saf

X	Y	Z
651200	3902700	268
651400	3902700	270
651400	3902600	253
651500	3902600	276
651500	3902400	277
651300	3902400	250
651300	3902600	251
651200	3902650	255
651310	3902400	253
651320	3902400	252
651360	3902400	254
651400	3902400	256
651420	3902400	262
651435	3902400	260
651450	3902400	254
651470	3902400	254
651480	3902400	276
651490	3902400	277
651500	3902400	278
651300	3902420	250
651320	3902420	252
651380	3902420	253
651410	3902420	256
651450	3902420	254
651470	3902420	254
651480	3902420	275
651500	3902420	276
651300	3902440	252
651340	3902440	251
651370	3902440	254
651400	3902440	250
651410	3902440	253
651420	3902440	253
651470	3902440	254
651480	3902440	274
651500	3902440	275
651345	3902460	252
651355	3902460	256
651377	3902460	251
651411	3902460	248
651416	3902460	256
651422	3902460	255
651435	3902460	250
651457	3902460	255
651470	3902460	255
651480	3902460	273
651500	3902460	275
651300	3902480	251
651355	3902480	250

651370	3902480	251
651410	3902480	249
651448	3902480	245
651452	3902480	245
651470	3902480	246
651480	3902480	274
651500	3902480	275
651300	3902500	251
651340	3902500	250
651360	3902500	250
651390	3902500	254
651430	3902500	249
651467	3902500	249
651478	3902500	275
651500	3902500	276
651300	3902520	250
651340	3902520	250
651370	3902520	254
651390	3902520	254
651400	3902520	252
651440	3902520	249
651466	3902520	249
651476	3902520	275
651500	3902520	277
651300	3902540	250
651360	3902540	251
651380	3902540	253
651393	3902540	250
651430	3902540	250
651460	3902540	250
651473	3902540	276
651500	3902540	277
651300	3902560	250
651340	3902560	249
651400	3902560	250
651445	3902560	250
651456	3902560	276
651500	3902560	276
651300	3902580	250
651360	3902580	250
651429	3902580	250
651442	3902580	276
651470	3902580	276
651500	3902580	276
651300	3902600	251
651350	3902600	251
651400	3902600	251
651409	3902600	251
651412	3902600	276
651500	3902600	276
651200	3902620	264
651225	3902620	250
651260	3902620	250

651300	3902620	251
651320	3902620	253
651330	3902620	251
651370	3902620	251
651385	3902620	254
651400	3902620	275
651470	3902620	276
651210	3902640	260
651220	3902640	255
651235	3902640	250
651260	3902640	250
651285	3902640	250
651300	3902640	256
651340	3902640	256
651345	3902640	254
651368	3902640	254
651382	3902640	274
651400	3902640	274
651200	3902660	255
651270	3902660	250
651290	3902660	251
651300	3902660	256
651325	3902660	256
651335	3902660	254
651345	3902660	254
651360	3902660	272
651400	3902660	272
651200	3902680	270
651220	3902680	270
651235	3902680	253
651270	3902680	251
651330	3902680	251
651344	3902680	271
651370	3902680	272
651400	3902680	272
651200	3902700	268
651210	3902700	264
651240	3902700	256
651265	3902700	269
651300	3902700	270
651400	3902700	270
651468	3902510	250
651478	3902510	276
651465	3902530	250
651475	3902530	276
651452	3902550	250
651465	3902550	276
651435	3902570	252
651447	3902570	276
651418	3902590	252
651430	3902590	276
651396	3902610	252
651412	3902610	276

651376	3902630	252
651390	3902630	273
651354	3902650	254
651368	3902650	272
651344	3902660	254
651359	3902660	272
651335	3902670	254
651347	3902670	271
651322	3902680	251
651338	3902680	271
651302	3902690	251
651315	3902690	271