

ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT GENIE MINIER

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

PROJET DE FIN D'ETUDES

S U J E T

OUVERTURE DU GISEMENT
DE GYPSE DE MAMMADIA

4 PLANCHES

Proposé par :

Etudié par :

Dirigé par :

U.R.E.G

Mr. D. ACHAB

Mr. M.A. BACHAR

PROMOTION : JUIN 90

ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT GENIE MINIER



PROJET DE FIN D'ETUDES

S U J E T

OUVERTURE DU GISEMENT
DE GYPSE DE MOHAMMADIA

Proposé par :

U.R.E.G

Etudié par :

Mr. D. ACHAB

Dirigé par :

Mr. M.A. BACHAR

PROMOTION : JUIN 90

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

A ma famille et tous mes amis

REMERCIEMENTS, *

Je remercie Monsieur Mohamed Aguid Bachar pour les conseils qu'il m'a prodigué tout au long de la réalisation de ce travail et j'associe à une même pensée reconnaissante l'ensemble des enseignants de l'E.N.P qui ont contribué à ma formation.

Mes remerciements vont également à monsieur Salhi, directeur de l'U.R.E.G, pour son aide très appréciable ainsi que pour l'ensemble du personnel de cette unité, en particulier le personnel de la S/DME et celui de la documentation.

Mes remerciements sont adressés à madame et messieurs les professeurs Chabou, Botev et Kudelko qui ont bien voulu examiner ce modeste travail.

Enfin, je voudrais adresser mes remerciements à tous mes amis et en particulier Kamel D. pour leur soutien.

AVERTISSEMENT

Le présent projet est accompagné de cinq (05) annexes graphiques :

- 1) Plan topographique, calcul des réserves et échantillonnage.*
- 2) Coupes géo-lithologiques.*
- 3) Plan d'ouverture du gisement de gypse de Mohammadia.*
- 4) Coupe longitudinale de la piste d'accès.*
- 5) Coupes transversales de la piste d'accès.*

SOMMAIRE

	page
INTRODUCTION	1
I Généralités	2
1-1 Aperçu sur l'utilisation du gypse	2
1-2 Situation géographique	2
1-3 Topographie	4
1-4 Caractéristiques géologiques	6
1-4-1 Lithostratigraphie de la région	6
1-4-2 Caractéristiques du gisement	10
1-5 Etude du gisement	13
1-5-1 la reconnaissance et la prospection	13
1-5-2 L'échantillonnage	14
1-5-3 Résultats des essais	15
1-5-4 Délimitation du gisement	17
1-5-5 Calcul des réserves	18
1-6 Appréciation de stabilité des talus des bords de la carrière	20
1-6-1 Méthode de calcul de la stabilité suivant la surface cylindrique de glissement	21
1-6-2 Application de la méthode de glissement cylindrique pour la carrière de Mohammadia	25
II FACTEURS INFLUENCANT LE PROJET D'OUVERTURE DE LA CARRIERE	29
2-1 La nature du gisement	29
2-2 Les paramètres de la carrière	29
2-3 Le système d'exploitation	31
2-3-1 Elements du système d'exploitation	32
2-3-2 Capacité et régime de fonctionnement de la carrière ...	35
2-3-3 Le processus d'exploitation	36

III OUVERTURE DE LA CARRIERE DE MOHAMMADIA	45
3-1 Généralités	45
3-2 Ouverture du gisement	47
3-2-1 La piste principale d'accès	48
3-2-2 La plate-forme de travail	52
3-2-3 Construction de la piste d'accès	53
IV CONCLUSION & RECOMMANDATIONS	56
V ANNEXE	58
VI BIBLIOGRAPHIE	62

INTRODUCTION

" Ouverture du gisement de gypse de Mohammadia " est un projet d'exploitation à ciel ouvert proposé par l'U.R.E.G (Unité de Recherche et Etudes Géologiques) de l'E.N.D.M.C (Entreprise Nationale de Développement des Matériaux de Construction).

Le stage que j'ai effectué entre le 03/02/90 et le 24/02/90 m'a permis de réunir les données essentielles pour mener ce projet à sa fin .

Le rapport géologique final de recherche détaillée du gisement de gypse de Mohammadia achevé en 1986 accompagné des annexes graphiques (plans) présentent l'ensemble des données nécessaires au projet d'ouverture et d'exploitation.

Le but de l'exploitation de ce gisement est d'approvisionner en gypse trois (03) cimenteries de l'Ouest du pays en l'occurrence la cimenterie de Saïda, de Zahana et celle de Béni-saf.

Il est à noter que le présent projet s'intéresse uniquement à la réalisation des travaux d'ouverture du gisement en tenant compte des différents facteurs influençant cette dernière.

I GENERALITES :

1-1 Aperçu sur l'utilisation du gypse : [2]

Le gypse est du sulfate de calcium répondant à la formule : $\text{CaSO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$, il se présente dans la nature sous forme cristalline ou fibreuse et possède les caractéristiques physiques suivantes :

- Dureté : 1,5 à 2 selon l'échelle de Mohs,
- Densité: 2,32 ,
- Solubilité : 1,75 g/l à 0°C .

Le gypse et l'anhydrite (gypse anhydre) sont destinés essentiellement à la fabrication du plâtre et du ciment .

Le plâtre est obtenu par déshydratation du gypse par cuisson tandis que pour le ciment le gypse est utilisé comme ajout avec un pourcentage de 2 à 5 % pour les ciments normaux et de 15 à 18 % pour les ciments spéciaux.

Le gypse trouve aussi une utilisation dans l'industrie chimique, il est essentiellement utilisé pour la fabrication du sulfure de calcium (CaS) et du soufre (S) ainsi que pour l'acide sulfurique (H_2SO_4) et le sulfate d'ammonium (NH_4SO_4).

Dans le domaine agricole , le gypse sert à la correction des sols alcalins et acides.

Enfin, il peut intervenir dans divers domaines tels que la papeterie, la peinture, les poudres insecticides et dans la confection de certains tissus.

1-2 Situation géographique : [1]

Le gisement de gypse de Mohammadia est situé à 50 Km au Nord de la Wilaya de Mascara et à 8 Km à l'Est de la ville de Mohammadia. L'agglomération la plus proche, Sahouria, se situe à 2 km au Nord Ouest du gisement.

Les coordonnées Lambert du gisement sont :

$$X = 268500$$

$$Y = 260000$$

a) Infrastructures de la région :

La région du gisement possède des infrastructures très favorables à l'exploitation du gypse de Mohammadia, les plus importantes sont :

- * la route nationale n°4 (Alger-Oran) traverse la région à 1,5 Km au Nord du gisement, la distance jusqu'à Mohammadia est de 8 km.
- * La ville de Mohammadia est un noeud ferroviaire reliant Oran, Mostaganem, Saïda et Sidi Belabes.
- * Une ligne électrique de haute tension passe le long de la RN4

Relief :

Le gisement se présente sous forme de petites collines traversées par des oueds dont la direction générale est subméridienne, tous les oueds sont secs le long de l'année à part lors de la saison des pluies, mais il y a quand même l'Oued Hammam qui a un régime régulier et sur lequel on a construit un barrage à 10 Km au Sud de Mohammadia

b) Climat :

Le climat de la région est un climat méditerranéen avec un hiver doux et un été sec et chaud.

- La pluviométrie annuelle est en moyenne de 442,9 mm
- L'humidité annuelle est en moyenne de 65,9 %

- Les températures moyennes de l'année varient entre 10,7 °C en hiver et 25,3 °C en été.

1-3 La topographie : [1]

Le levé topographique du gisement de Mohammadia a été effectué par les services de l'U.R.E.G sur une superficie de 45 ha à l'échelle 1/1000 avec une équidistance entre les courbes de niveau de 2 m.

D'après ce plan, on peut noter que le gisement se situe dans une région accidentée et précisément sur le versant Nord de la colline Koudiet el Djouella (colline actuellement appelée gisement de gypse de Mohammadia).

On notera aussi que le gisement est isolé du Nord, de l'Est et de l'Ouest par l'oued Sidi Salem et ses affluents.

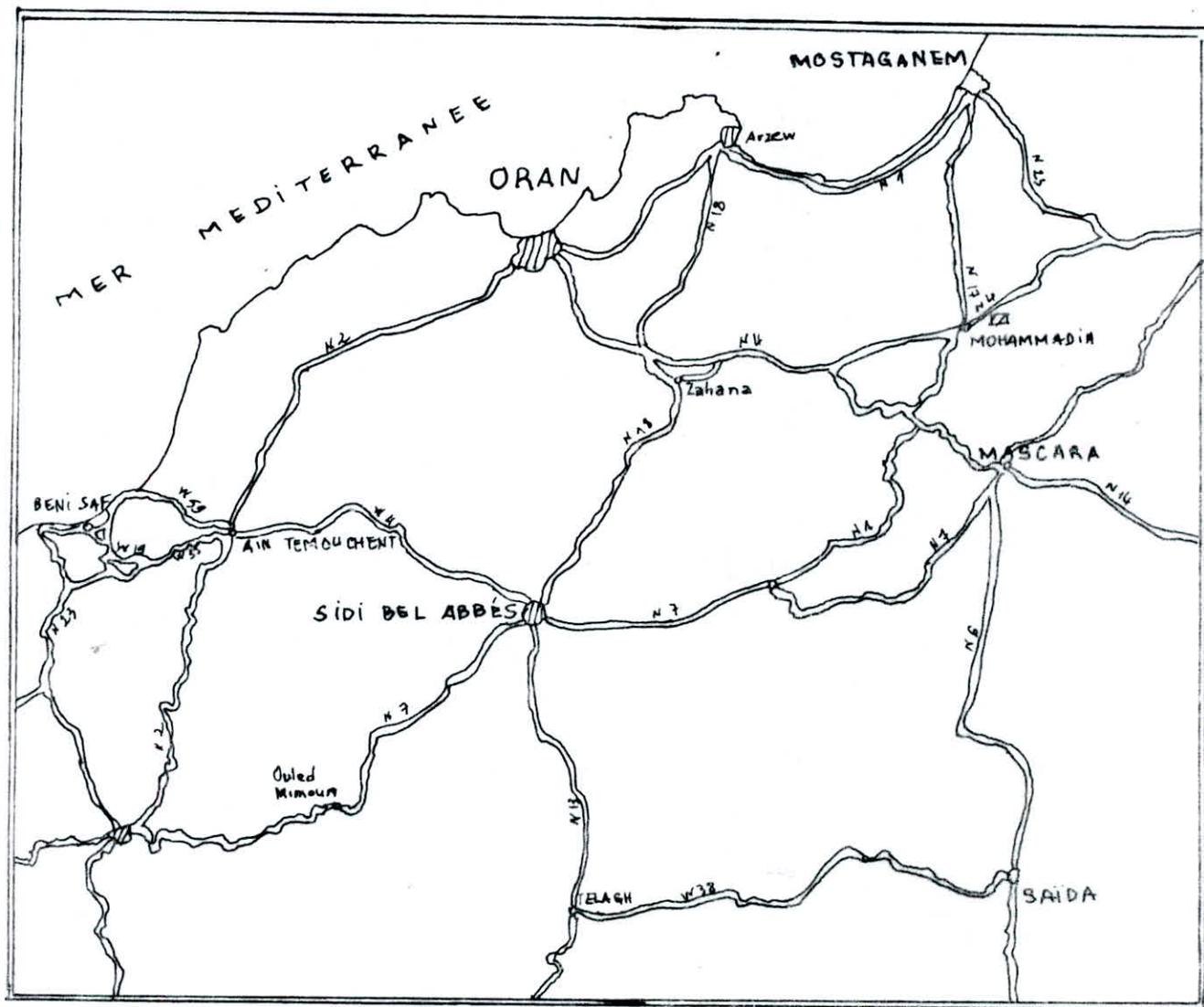
Les côtes de la région varient entre 200 m sur les collines et 80 m sur les lits des oueds, la profondeur de ces derniers atteint par endroits 16 m.

Les terres occupées par le gisement ne sont pas exploitables pour l'agriculture et présentent une absence totale d'habitations ou d'ouvrages civils pouvant gêner l'exploitation.

Sur le plan topographique, on peut signaler l'existence d'un cimetière hors des limites du gisement vers le flanc Ouest de l'oued vers ce cimetière arrive une piste longeant l'oued qui pourra être utilisée lors de l'exploitation du gisement.

PLAN DE SITUATION

ECHELLE 1:100000



 Gisement de gypse Mohammadia

1-4 Caractéristiques géologiques : [1]

1-4-1 Lithostratigraphie de la région du gisement :

La région du gisement se rattache aux séries de l'Atlas Télien, sa structure est constituée de dépôts du crétacé supérieur du néogène et du quaternaire.

a) le crétacé supérieur C₃₋₇ :

Les dépôts du crétacé supérieur sont représentés par les faciès du sénonien, ce sont des marnes de couleur grise foncée avec intercalations de barres de calcaire de teinte sombre.

b) le néogène :

Le néogène est représenté par des dépôts du miocène et par la section inférieure du pliocène, la série du miocène est constituée par trois (03) sous-séries : le miocène supérieur, le moyen et l'inférieur.

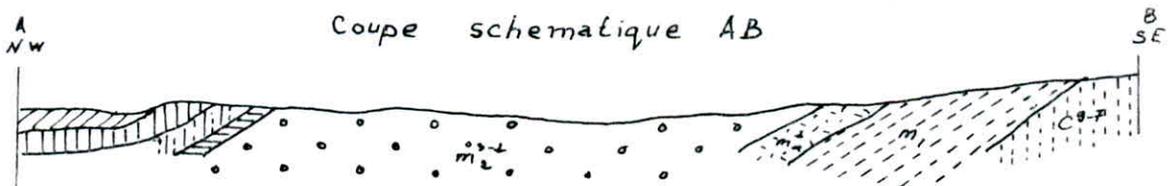
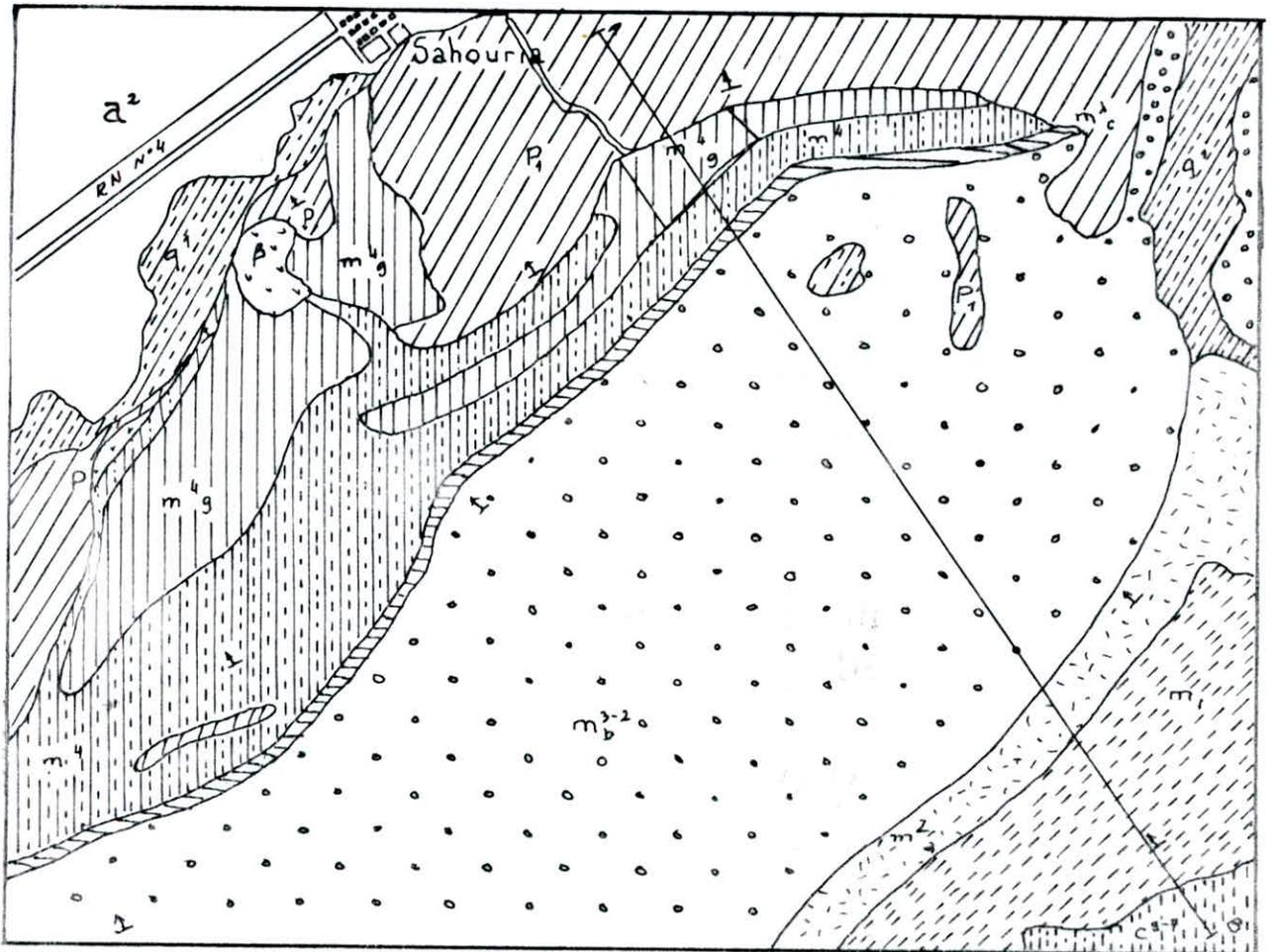
b.1 le miocène inférieur (m₁) : cette série est formée de conglomérats, de grès et de limon rouge à interlits, la puissance des dépôts est de 50 à 100 m.

b.2 le miocène moyen (m²⁻³) : il est représenté dans la région par le Héliétien et le Tortonien, de bas en haut on distingue :

- Des grès et conglomérats du Héliétien,

EXTRAIT
DE LA CARTE GEOLOGIQUE DETAILLEE DE LA
REGION DU GISEMENT DE MOHAMMADIA

ECHELLE 1:50000



LEGENDE

- | | |
|---|-------------------------------|
| a ² Alluvion recentes | Marnes tortoniennes |
| Alluvion pliocènes | Helvétien; Poudingues et grès |
| Grés pliocènes | Aquitanien, Poudingues |
| Sahélien, Gypse | Senonien Marnes |
| Sahélien, Marnes, calcaire et couches à tripoli | Basalte |
| Calcaires tortoniennes | Gisement de gypse |

- Des marnes gréseuses du Tortonin-Hélvétien,
- Des calcaires du Tortonien.

b.3 Le miocène supérieur (m⁴) : il est constitué dans la région par les dépôts du Sahélien dont les terrains sont représentés de bas en haut par :

- Une couche de sable et grès jaune-gris à interlits de marnes avec une puissance de 150 à 270 m
- Une couche de marnes blanches et grises à interlits et lentilles de gypse
- Une couche de gypse (m⁴_g) affleurant à l'Est de Mohammadia dont la puissance maximale est de 100 m dans la région de Sahouria; ce niveau fera l'objet d'une étude détaillée lors de la présentation de la géologie du gisement.

c) Le Pliocène :

Ses dépôts d'une puissance de 200 m sont représentés par un faciès grossièrement détritique et par des conglomérats et marnes faiblement cimentées en quantité moindre.

d) Le Quaternaire :

Les dépôts du Quaternaire sont représentés par des alluvions anciennes et récentes, leur puissance est de 15 à 20 m.

e) Les roches éruptives (β) :

Le basalte pointe sous le Sahélien à l'Ouest de Sahouria, c'est une roche noire et massive supportant un épais manteau de tufs et lapilli.

COLONNE STRATIGRAPHIQUE DU GISEMENT DE MOHAMMADIA

Echelle 1:1000

ETAGE	SIGNE	PUISSANCE	COLONNE	DESCRIPTION LITHOLOGIQUE
Sakélien	m ⁴	2.0	▨▨▨▨▨▨▨▨▨▨	Terre Vegetale, Limon Carbonaté
		20.0	▬▬▬▬▬▬▬▬▬▬	Mornes Argileuses
		4.0	v v v	Gypse
		17.0	▬▬▬▬▬▬▬▬▬▬	Argiles Marneuses à Interlits de Gres Carbonaté
		14.0	v v v v v v	Gypse
		5.0	▬▬▬▬▬▬▬▬▬▬	Marnes Argileuses
		15.0	v v v v v v	Gypse
		5.0	○ ○	Zone Karstique Marne Argileuse
		26.0	v v v v v v v v v	Gypse
		2.0	▬▬▬▬▬▬▬▬▬▬	Marne Argileuse
		22.5	v v v v v v v v v	Gypse
		3.0	▬▬▬▬▬▬▬▬▬▬	Marnes Argileuses
3.0	v v v	Gypse		
m ⁴			▬▬▬▬▬▬▬▬▬▬	Marnes Argileuses

1-4-2 Caractéristiques du gisement :

a) Structure du gisement :

Géologiquement, le gisement est constitué par des dépôts gypseux du Miocène supérieur (Sahélien) et du Quaternaire, ce dernier est constitué d'une couche végétale de 0,2 à 0,4 m et de dépôts eluvio-deluviaux dont la puissance est de 0 à 1,6 m

b) le miocène Sahélien Mg⁺ :

Les dépôts du Sahélien gisent immédiatement sous les formations du quaternaire, dans les limites du niveau on distingue 12 couches de haut en bas :

- Couche 1 : c'est une couche de marnes argileuses d'une puissance de 5 à 20 m avec des interlits de gypse dont la teneur est inférieure à 20 %
- Couche 2 : Elle est formée par du gypse moyennement cristallin, sa puissance varie entre 4 et 8 m . .
- Couche 3 : cette couche est formée d'argile gris-verdâtre à interlits de grès carbonatés, au pied de

Colonne stratigraphique synthétique de la région du gisement

Systeme	serie	Etage	SIGNE	Puissance	Colonne	description lithologiques des series	
Néogène	Pliocene		A ₅	20		limons avec des interbeds de galea	
			P	200		Gres, conglomerats, marnes	
	miocene	miocene supérieur m ⁴		m ₅	100		Gypse, marnes
				m ₄	570-600		marne à Tripolis
		miocene moyen m ²⁻³		m ²⁻³	30		La machelle
				m ₆ ³⁻²	450-900		marnes bleues
		miocene inf		m ₂ ^a	80		gres, conglomerats
				m ₁	50-100		Conglomerats, limons, gres
		Crétacé		C ₉₋₇			marnes gris foncé, calcaire

la couche on observe une alternance fine d' argile et de gypse (lits de 1 à 2 mm) la teneur du gypse dans la masse totale n'excède pas 50 % .

- Couche 4 : c'est une couche de gypse moyennement cristallin de 13 à 14 m dont les zones de contact contiennent des karsts de 0.5 m environ.
- Couche 5 : La couche 5 dont la puissance est de 4 à 5 m est constituée par des argiles marneuses avec des interlits de gypse, la teneur en gypse dans la masse totale est inférieure à 20 % .
- Couche 6 : le gypse de cette couche est analogue a celui de la couche 4 , sa puissance est de 12 a 14.5 m et contient une karstification à sa base.
- Couche 7 : c'est une couche d'argile brun-jaunâtre a interlits de gypse, sa puissance varie entre 4 et 7m
- Couche 8 : elle est représentée par du gypse moyennement cristallin et atteint une épaisseur de 26m .
- Couche 9 : c'est une couche argileuse de 1 à 3m avec interlits de gypse dont la teneur est entre 20 et 30 % .
- Couche 10 : c'est une couche formée par du gypse à interlits d'argiles, sa puissance varie entre 21.5 et 26 m .
- Couche 11 : c'est une couche argilo-marneuse compacte avec une teneur en gypse ne dépassant pas 20 %
- Couche 12 : c'est une couche de 2 à 3 m de gypse finement cristallin.

Résumé:

L'assise de gypse est constituée par une série de couches de 110 à 115 m, seules les couches 4, 6, 8 et 10 sont exploitables, le reste des couches est reporté à la couverture.

Les couches du gisement ont un pendage de 25 à 30 ° et plongent vers le Nord-Ouest (N 320 °).

remarque : le gisement est touché par une karstification superficielle et en profondeur dont les dimensions des karsts oscillent entre 0.1 et 1.0 m et sont généralement remplis d'argiles ou de sables.

c) Génèse du gisement:

Le gisement de Mohammadia est reporté au type sédimentaire syngénétique, il s'est formé à la suite du dessèchement d'une lagune marine isolée existante au miocène supérieur.

1-5 Etude du gisement : (1)

1-5-1 la reconnaissance et la prospection :

Les travaux de recherche géologique ont été effectués sur deux (02) indices séparés par l'oued Sidi Salem :

- l'indice Zayani situé à l'Ouest de l'oued et dont les réserves sont estimées en catégorie C₂; cette indice ne fait pas partie de notre étude.

- l'indice Koudiet El Djoualla (gisement Mohammadia) qui a été mis en évidence par des sondages verticaux ainsi que par des tranchées de reconnaissance.

- lors de la phase de prospection on a effectué sept (07) sondages de prospection dont cinq (05) sur le gisement de Mohammadia suivant deux (02) profils espacés de 240 m et dont la distance entre les sondages est de 70 à 150 m. Ces derniers intéressant notre gisement totalisent 290,5 m et un taux de récupération des carottes de 97 à 100 % .

- les tranchées en nombre de onze (11) ont été creusées sur des profils avec une distance de 400 m.

Sept (07) tranchées ont été creusées dans la phase de prospection et totalisent 201 m, tandis que les quatre (04) autres tranchées ont été creusées lors de la recherche détaillée et totalisent 97,4 m. On notera que l'ensemble de ces tranchées a été creusé manuellement. L'ensemble de ces travaux a permis de prélever des échantillons pour le calcul des réserves ainsi que pour réaliser les différents essais et analyses nécessaires sans oublier la réalisation de sept (07) coupes géologiques numérotées 2-2'..... 8-8' sur le gisement de Mohammadia. (voir plan du calcul des réserves).

1-5-2 l'échantillonnage :

Tous les travaux et ouvrages réalisés dans la substance utile ont fait l'objet d'un échantillonnage pour déterminer la composition du gypse en premier lieu, ceci afin de juger de son éventuelle utilisation conformément à la tâche technique du projet qui prévoit l'utilisation du gypse Mohammadia en tant que ajout au ciment. L'échantillonnage a permis aussi de déterminer la composition

minéralogique, les propriétés physico-mécaniques et de réaliser des essais technologiques.

1-5-3 résultats des essais :

a) analyses chimiques :

les essais d'analyse chimique, au nombre de 131, ont porté sur les éléments suivants : CaO , SO_3 , H_2O cristal, éléments insolubles. On a effectué, en outre, des analyses sur six (06) échantillons pour déterminer la teneur des oxydes suivants : SiO_2 , Al_2O_3 , TiO_2 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , SO_3 , H_2O cristal .

Les résultats de ces analyses ont permis de déterminer la teneur en gypse ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) pour chacune des couches exploitables (couche 4, 6, 8, 10).

Tableau 1. récapitulatif des résultats par couche.

couche n°	4	6	8	10
Teneur en gypse en %				
max	97,72	95,80	99,11	98,10
moyenne	93,80	93,79	96,13	94,19
min	83,43	91,22	91,84	75,88

Tous les échantillons présentent des teneurs hautes en gypse, 96 % des échantillons ont montré une teneur supérieure à 90 % dont 55 % des échantillons ont une teneur supérieure à 95 % .

D'après ces résultats on peut dire que les quatres (04) couches peuvent être utilisées en tant que ajout au ciment, le gypse des couches 8 et 10 peut être recommandé pour l'utilisation dans les industries de médecine et de céramique.

b) Analyse minéralogique :

Cette analyse a été effectuée sur quatre (04) échantillons prélevés dans le sondage n°2.

Le tableau 2. regroupant les résultats de l'analyse :

Teneur en minéraux en %					
	Gypse	Anhydrite	Quartz	Dolomite	Argileux
max	94,00	0,90	0,80	3,10	3,00
moy	92,10	0,30	0,50	2,30	2,30
min	89,20	0,00	0,30	1,50	1,60

D'après ce tableau on peut voir que l'analyse minéralogique confirme les résultats de l'analyse chimique surtout concernant une haute teneur en gypse dans la roche. La présence d'anhydrite ainsi que des impuretés (quartz, dolomite, minéraux argileux, celestine, etc...) n'est pas considérable.

c) Essais physico-mécaniques :

Ces essais ont été effectués sur trois (03) échantillons pour lesquels on a pu déterminer l'humidité naturelle, le poids volumique et la résistance à la compression (Rc)

Le tableau ci-dessous regroupe les résultats :

Tableau 3.

Humidité naturelle			Poids volumique			Rc		
%			g / cm ³			Kgf / Cm ²		
max	moy	min	max	moy	min	max	moy	min
			min	max	moy			
0,27	0,21	0,18	2,2185	2,5494	2,2361	112	108	96

d) Essais technologique :

Ces essais ont pour objectif la détermination de l'aptitude du gypse de Mohammadia pour la production du plâtre de construction.

Les essais ont porté essentiellement sur le temps de prise du plâtre après le gâchage, ainsi que sur les résistances à la compression et la flexion de ce plâtre et cela en fonction de la finesse de broyage et de la température de cuisson.

Les résultats ont permis de juger que le gypse de Mohammadia est apte à être utilisé en tant que ajout pour la fabrication du ciment ou comme matière première pour la production de plâtre de construction.

Conclusion : Tous les essais et analyses effectués confirment l'aptitude du gypse de Mohammadia à être utilisé comme ajout pour la production du ciment.

5-4 Délimitation du gisement :

Le gisement de gypse de Mohammadia est limité en surface tel qu'il est représenté sur le plan de calcul des réserves (1), les

coupes géologiques 2-2' et 8-8' limitent respectivement le gisement de l'est et de l'ouest, en profondeur, les limites sont représentées sur les coupes géologiques [1]; la profondeur maximale de la carrière est admise au niveau + 60 m

5-5 Calcul des réserves :

Les réserves ont été calculées en catégorie B jusqu'au niveau du lit de l'oued Sidi-salem et en catégorie C₁ jusqu'au niveau + 60 m .

Pour ce calcul, on a considéré les couches 4, 6, 8 et 10 comme assise de la substance utile, les couches 5, 7 et 9 comme couverture intermédiaire tandis que la couche 3 est reportée à la couverture externe; les couches 1, 2, 11 et 12 sont externes aux limites du gisement, elles ne font donc pas partie du calcul des réserves.

Les réserves de gypse et le volume des stériles ont été évalués par la méthode des coupes verticales.

Soient deux (02) coupes verticales (coupes géologiques) I et II séparées par une distance d , le volume V compris entre les deux coupes peut être calculé par la formule suivante:

$$V = (SI + SII) / 2 \cdot d/2 \quad (1)$$

SI et SII étant les surfaces respectives des coupes I et II .

Quand les sections I et II sont géométriquement semblables mais différentes d'après les dimensions (plus de 40 %) le volume V est calculé par la formule suivante :

$$V = [(SI+SII) + (SI \cdot SII)^{1/2}] \cdot d/2 \quad (2)$$

Les résultats de calcul des réserves et du volume de la couverture sont présentés dans les tableaux ci-après :

Tableau 4. calcul des réserves de gypse du gisement de Mohammadia.

catégorie des réserves	Volume en m ³				poids volumique	réserves en tonnes			
	couche 4	couche 6	couche 8	couche 10		couche 4	couche 6	couche 8	couche 10
B	400347	647938	11605285	1696448	2,24	896777	11451381	13595838	3800043
C ₁	-	-	284880	343525	2,24	-	-	638131	769496
B + C ₁	400347	647938	11890165	2039973	-	896777	11451381	14233969	4569539

Les réserves totales de gypse sont : 11 151 668 t

Tableau 5. calcul du volume de la couverture:

catégorie couverte	volume de la couverture en m ³			
	couche 3	couche 5	couche 7	couche 9
B	191318	157555	228600	119940
C ₁	-	-	14225	25012
B + C ₁	191318	157555	242825	144925

Le total du volume de la couverture est estimé à 857 070 m³

1-6 Appréciation de la stabilité des talus des bords de la carrière de Mohammadia :

L'exploitation à ciel ouvert est accompagnée par un dégagement de surfaces libres mettant en cause l'équilibre naturel du massif, dans ces conditions l'assurance de la stabilité des bords de la carrière s'avère indispensable pour mener d'une manière rentable et dans la sécurité l'ensemble des travaux miniers envisagés.

L'étude de la stabilité a pour tâche essentiel de déterminer l'angle optimal d'inclinaison des talus en fonction de leur hauteur et de la nature des roches qui les constituent; cet angle doit permettre de réduire au minimum la déformation des talus des bords de la carrière et d'assurer leur stabilité pour toute la durée de l'exploitation, en outre, l'angle choisi doit assurer une rentabilité maximale car l'inclinaison des bords de la carrière est une donnée qui pré-détermine la delimitation du champ minier, et de ce fait elle influe de façon dominante sur le calcul du coefficient de découverte qui constitue une base du calcul économique de l'exploitation minière.

Notre étude de stabilité rapportée au gisement de gypse de Mohammadia a pour but d'apprécier la stabilité des bords de la future carrière en tenant compte des angles d'inclinaisons proposés par le rapport géologique du gisement [1] .le bord sud accuse un angle maximal de 30° . Il est pratiquement confondu avec le mur du gisement donc il est en concordance avec les limites des couches, sa hauteur maximale est de 118 m; le bord nord est incliné à 55° pour une hauteur de 40 m , les couches qui le forment sont en discordance avec son inclinaison.

En tenant compte des données géotechniques en notre possession nous avons choisi , parmi les méthodes de calcul de stabilité qui existent, d'utiliser la méthode de la surface cylindrique de glissement pour étudier le cas du gisement de Mohammadia.

1-6-1 Méthode de calcul de la stabilité suivant la surface cylindrique de glissement : [3]

Comme toutes les méthodes de calcul de stabilité, celle-ci aboutit à la détermination du coefficient de sécurité en passant par plusieurs étapes de calculs:

a) Détermination de la surface de glissement:

La surface de glissement est obtenue par une construction géométrique et cela en connaissant la profondeur limite d'affaissement ainsi que la largeur du prisme d'effondrement.

a.1 Profondeur limite d'affaissement : (H_{90})

$$H_{90} = 2 C_m / \gamma \cdot \text{Cotg } \epsilon \quad (3)$$

avec $\epsilon = 45 - \phi / 2$

C_m : cohésion du massif

γ : poids volumique

ϕ : angle de frottement interne du massif

a.2 Largeur du prisme d'effondrement : (A)

$$A = \frac{2H[1 - \text{Cotg}\beta \cdot \text{tg}((\beta + \phi)/2)] - 2H_{90}}{\text{Cotg}\epsilon + \text{tg}((\beta + \phi)/2)} \quad (4)$$

H : hauteur du talus

β : inclinaison du talus

a.3 Construction géométrique de la surface de glissement :

Considérons un talus de hauteur H et d'inclinaison β (voir fig 1), ayant calculé la largeur du prisme d'effondrement (A) et la profondeur limite (H_{30}), on établit le point D (à l'échelle utilisée) à partir de ce point on trace la droite AE avec un angle ϵ par rapport à la droite DC , on établit ensuite DO perpendiculairement à DE ; de la même façon on trace la droite AF avec un angle ϵ par rapport à AB , la perpendiculaire à AF au point A coupe la droite DO au point O , ce point représente le centre du cercle de glissement de rayon R .

La surface de glissement du prisme ($ABCD$) est déterminée par le talus (ABC), l'arc de cercle AD et le segment DC (voir figure 1).

b) Détermination du coefficient de sécurité :

Le coefficient de sécurité (K_s) est un paramètre sans unité permettant de juger de la stabilité ou de l'instabilité des talus (et autres ouvrages civils) selon les trois cas suivants:

- $K_s < 1$: le talus est instable,
- $K_s = 1$: le talus est à l'état d'équilibre limite,
- $K_s > 1$: le talus est stable. [9]

Dans la pratique minière on considère les talus stables pour un coefficient de sécurité $K_s = 1,20$ à $1,30$.

Le coefficient de sécurité peut être défini comme étant le rapport des forces de maintien sur celles d'écrasement. Pour sa détermination, on utilise la méthode de sommation algébrique des forces suivant la surface cylindrique de glissement; cette méthode consiste

A repartir le massif en tranches d'épaisseur b_i et de hauteur moyenne h_i et à évaluer ensuite les forces agissantes sur chaque tranche pour déterminer le coefficient de sécurité (voir fig 1a)

Considérons les forces agissantes sur la tranche (a,b,c,d) de la figure 1a :

- Le poids de la tranche P_i
- La force de cohésion $C_i = C_m \cdot l_i$
 C_m : cohésion du massif
 l_i : largeur de la tranche
- La réaction du massif R
- Les forces entre les tranches s'annulent entre elles

Les forces de maintien sont :

- La composante R (réaction du massif)

$$R_i = N_i \operatorname{tg} \varphi = P_i \operatorname{Cos} \beta \cdot \operatorname{tg} \varphi$$

φ : angle de frottement interne du massif

β : inclinaison du talus

- La force de cohésion C_i , $C_i = C_m \cdot l_i$

Les forces d'éroulement sont représentées par la force tangentielle T_i , $T_i = P_i \operatorname{Sin} \beta$.

Le coefficient de sécurité de la tranche (a,b,c,d) est donné par :

$$K = \frac{P_i \operatorname{Cos} \beta \cdot \operatorname{tg} \varphi + C_i \cdot l_i}{P_i \operatorname{Sin} \beta} \quad (5)$$

Si l'on considère que le massif étudié est sec et homogène nous avons :

$$P = \sum_1^n P_i$$

P : poids de la surface de glissement par unité de longueur.

$$R = \sum_1^n R_i$$

R : réaction du massif.

$$C = \sum C_m \cdot l_i = C_m \sum l_i = C_m \cdot L$$

L : longueur du prisme d'effondrement.

Le coefficient de sécurité du talus étudié est donné par :

$$K_s = \frac{P \cos \beta \operatorname{tg} \phi + C_m \cdot L}{P \sin \beta} \quad (6)$$

1-6-2 Application de la méthode de glissement cylindrique pour la carrière de Mohammadia :

a) données pour le calcul de stabilité :

En plus des données géométriques des talus (inclinaison, hauteur), on doit considérer les propriétés physiques et mécaniques suivantes:

- le poids volumique des roches ,
- l'angle de frottement interne du massif ,
- la cohésion du massif
- d'autres données relatives à la structure, l'hydrogéologie, la morphologie et autres facteurs.

a1. le poids volumique : le poids volumique du gypse est $\gamma_g = 22,36 \text{ KN/m}^3$ [11], les marnes argileuses ont un poids volumique compris entre 23,20 et 23,50 KN/m^3 [10], étant donné que nous n'avons pas en notre possession la valeur exacte nous pouvons prendre pour les marnes une valeur moyenne $\gamma_m = 23,35 \text{ KN/m}^3$.

le poids volumique moyen (γ) des roches constituant le massif peut être calculé par la moyenne pondérée des deux valeurs précédentes :

$$\gamma = \frac{\gamma_g \cdot h_g + \gamma_m \cdot h_m}{h_g + h_m} \quad (7)$$

h_g : somme des hauteurs des couches de gypse, $h_g = 75,50$ m.

h_m : somme des hauteurs des couches de marnes argileuses ,
 $h_m = 12$ m.

On a considéré pour ces calculs les couches 4,6,8,10 pour le gypse et les couches 5,7,9 pour les marnes, on trouve une valeur moyenne pour le poids volumique $\gamma = 22,51$ KN/m³.

a2. la cohésion : la cohésion de l'échantillon peut être estimée par la formule suivante :

$$c = (Rc \cdot Rt)^{1/2} / 2 \quad (8)$$

Rc : résistance à la compression de l'échantillon

Rt : résistance à la traction de l'échantillon

$$Rt = 0,1 \cdot Rc \quad (9)$$

On trouve pour le gypse les valeurs suivantes :

$$Rc_g = 10,80 \cdot 10^3 \text{ KN/m}^2 \quad (11)$$

$$Rt_g = 1,08 \cdot 10^3 \text{ KN/m}^2$$

La cohésion du gypse est : $c_g = 1,70 \cdot 10^3 \text{ KN/m}^2$

On trouve pour les marnes argileuses les valeurs suivantes :

$$Rc_m = 15,00 \cdot 10^3 \text{ KN/m}^2 \quad (10)$$

$$Rt_m = 1,50 \cdot 10^3 \text{ KN/m}^2$$

la cohésion des marnes est : $c_m = 2,37 \cdot 10^3 \text{ KN/m}^2$

De manière analogue au calcul du poids volumique, la la moyenne pondérée du calcul de la cohésion de l'échantillon est :

La valeur de la cohésion du massif (C_m) peut être calculée par la relation suivante :

$$C_m = \frac{c}{1 + a \ln (H/l)} \quad (10)$$

c : cohésion de l'échantillon, $c = 1,84 \cdot 10^3 \text{ KN/m}^2$

a : coefficient tenant compte de la dureté des roches, $a = 2$

H : profondeur maximale de la carrière, $H = 118 \text{ m}$

l : dimension du bloc structural, $l = 0,50$ (massif moyennement fissuré).

On trouve $C_m = 150 \text{ KN/m}^2$.

a3. angle de frottement interne du massif : cet angle est pratiquement égal à celui de l'échantillon, ce dernier peut être évalué par la formule suivante :

$$\phi = \text{Arctg} [(R_c - R_t)/(R_c + R_t)] \quad (11)$$

L'angle de frottement interne du massif évalué par la moyenne pondérée est : $\phi = 39,28^\circ$

b) Calcul de stabilité :

Le bord sud de la future carrière possède une inclinaison confondue avec la limite des couches 10 et 11 (voir plan 2) c'est-à-dire une inclinaison maximale de 30° , sa hauteur maximale et qui sera atteinte à la fin de l'exploitation de la carrière est de 118 m; ce bord peut être considéré comme étant stable pour les paramètres cités ci-dessus car, l'exploitation envisagée, c'est-à-dire du haut vers le bas du gisement ne permet pas de suggérer un glissement suivant une surface cylindrique et un éventuel glissement plan est à

écarter car l'inclinaison du bord est inférieure à l'angle de frottement interne du massif (ϕ).

Le bord nord de la carrière est constitué de couches superposées et discordantes avec l'inclinaison de ce bord, de ce fait leurs surfaces de contact ne jouent pas un rôle dominant dans le glissement ou la déformation du talus, nous pouvons considérer que les couches forment un massif homogène et juger de sa stabilité en appliquant la méthode de glissement suivant une surface cylindrique (voir chap. I, 1-6-1).

Les données que nous utiliserons pour l'application de cette méthode sont:

- inclinaison du bord sud : $\beta = 55^\circ$
- hauteur maximale du talus : $H = 40 \text{ m}$
- cohésion du massif : $C_m = 150 \text{ KN/m}^2$
- poids volumique : $\gamma = 22,51 \text{ KN/m}^3$
- angle de frottement interne : $\phi = 39,28^\circ$

b.1 calcul de la profondeur limite d'affaissement:

D'après la formule (1), on trouve une valeur de la profondeur limite d'affaissement pour le bord sud $H_{\phi 0} = 28,11 \text{ m}$

b.2 calcul de la largeur du prisme d'effondrement: (A)

En appliquant la formule (2), on trouve $A = -11,50 \text{ m}$

La valeur de la largeur du prisme d'effondrement est trouvée négative cela traduit, suivant la méthode appliquée, qu'il n'y aura pas de glissement du talus et de ce fait nous pouvons considérer que le bord sud stable.

Conclusion : étant donné que les bords de la carrière sont stables nous pouvons considérer, pour les prochains chapitres, le contour du champ minier tel qu'il a été défini sur le plan de calcul des

champ minier tel qu'il a été défini sur le plan de calcul des réserves (voir plan 1) et par conséquent nous pouvons considérer les réserves évaluées par les services de l'U.R.E.G [1] .

II FACTEURS INFLUENÇANT LE PROJET D'OUVERTURE DE LA CARRIÈRE :

Avant d'entamer le projet d'ouverture, il est indispensable de prendre en considération un certain nombre de facteurs déterminants pour le choix du mode d'ouverture ainsi que pour la nature des travaux à effectuer pour avoir accès au gisement. Ces facteurs peuvent être regroupés en trois points essentiels, à savoir:

2-1 La nature du gisement:

La situation géographique, la géologie, la structure ainsi que la topographie du gisement et autres données telles que la nature physico-mécanique des roches encaissantes et de la matière utile, l'hydrogéologie, la fissuration, etc... sont des informations d'une importance primordiale sans lesquelles il est inutile de parler d'un projet d'exploitation minière, ce facteur (nature du gisement) est présenté en détail dans le chapitre précédent.

2-2 Les paramètres de la carrière :

Les principaux paramètres de la carrière influençant le mode d'ouverture sont:

- a) dimensions de la carrière en plan et en profondeur
- b) profondeur finale de la carrière

c) réserves de de la matière utile et volume de la
couverture

d) production annuelle de la carrière

e) durée de vie de la carrière.

Nous avons considéré les trois premiers paramètres (a, b, c) tels qu'ils sont proposés par les services de l'U.R.E.G [1] (voir chap. I, 1-5-4, 1-5-5). Ces considérations ont été faites suivant les conditions et les exigences techniques du gisement, à savoir, les réserves la teneur de la matière utile, le taux de découverte etc... [1], en outre, la condition de stabilité des bords de la carrière a été vérifiée (voir chap. I)

d) Production annuelle de la carrière :

Le gisement de Mohammadia est destiné à alimenter trois cimenteries de l'ouest du pays en gypse. Le gypse sera utilisé comme ajout au matériau de fabrication du ciment (clinker) avec un taux de 8 % pour une durée minimale de 50 ans [1] .

Les capacités annuelles de productions des trois cimenteries sont : [1]

- Cimenterie de Saïda : 500 000 t/an
- Cimenterie de Zahana : 1 000 000 t/an
- Cimenterie de Beni-saf : 1 000 000 t/an

Total : 2 500 000 t/an

La production nette de la carrière sera donc :

$$2\,500\,000 * 8\% = 200\,000 \text{ t/an de gypse}$$

En considérant une perte de 5% due à l'exploitation dans la carrière, on peut estimer la production de gypse à $P_a = 210\,000 \text{ t/an}$

La durée de vie de la carrière représente le rapport des réserves du gisement (Rg) sur la production annuelle de la carrière (Pa).

- Rg = 11 151 666 t

- Pa = 210 000 t/an

La durée de vie de la carrière est environ de 53 ans.

2-3 Le système d'exploitation :

Le système d'exploitation est défini comme étant la méthode utilisée pour l'extraction de la quantité de matière identifiée.

Le choix du système d'exploitation se fait en tenant compte des conditions géologiques et techniques du gisement, par conséquent, le mode d'ouverture doit permettre de réaliser l'exploitation envisagée. L'exploitation du gisement de Mohammadia se fera de façon sélective par des gradins hauts de 10 m à l'exception du premier gradin (niveau 160 m) qui atteindra une hauteur maximale de 14 m à la liquidation (voir plan 3).

La matière utile sera stockée à l'ouest du gisement aux abords de la route nationale n°4 située à une distance maximale de 1,5 Km du gisement, le gypse sera par la suite acheminé vers les cimenteries de Saïda, Zahana et Beni-saf où il sera utilisé comme ajout pour la fabrication du ciment.

On notera que pour faire parvenir le gypse aux cimenteries citées, on peut utiliser soit le transport automobile ou par locomotive. Le choix du moyen de transport dépendra des moyens techniques de l'entreprise exploitant les cimenteries (E. N. D. M. C).

Les stériles doivent de même être évacués vers l'ouest où ils seront mis à terrils vu que l'on constate un prolongement des couches de

gypse vers le nord et le sud ouest (voir plan 1) donc il y a possibilité d'existence d'éventuelles réserves exploitables et que le relief du gisement et l'exploitation envisagée (du haut vers le bas) ne permet pas la formation des terrils vers le sud et sur les flancs du gisement.

La mécanisation envisageable pour le cas de notre gisement est la chaîne d'engins comprenant le bulldozer, le camion et la chargeuse qui seront utilisés respectivement pour la découverte, le transport et le chargement; l'abattage de la matière utile étant réalisé à l'explosif avec utilisation d'engins de foration.

Le type et le nombre des engins nécessaires à l'exploitation seront définis plus loin (voir chapitre II).

La mécanisation proposée comporte la chaîne d'engins la plus répandue pour l'exploitation des carrières en Algérie, sa souplesse permet son application pour les gisements compliqués, l'approfondissement et la construction des carrières ainsi que dans le cas où l'exploitation est sélective.

2-3-1 Eléments du système d'exploitation : [4]

Les paramètres du système d'exploitation sont d'après Chibka, la hauteur du gradin, la largeur de la plate-forme de travail ainsi que la longueur et le sens de déplacement du front de taille, ces paramètres sont choisis en fonction de la nature du gisement et de la mécanisation envisagée.

a) la hauteur du gradin :

Elle est généralement choisie en fonction de paramètres de travail des engins d'excavation, de l'organisation des travaux d'abattage et du chargement, de la sécurité des travaux, etc...

Comme le gypse est une matière assez tendre et généralement friable et en tenant compte et de la production de la carrière, il sera préférable d'exploiter le gisement de Mohammadia par des gradins hauts de 10 m avec une inclinaison de 70° (l'angle d'inclinaison des gradins varie généralement entre 60° et 80° [4]).

b) la largeur de la plate-forme de travail :

Cette largeur est commandée par les dimensions des engins de chargement du transport ainsi que par la technique d'abattage utilisée, lorsque l'abattage se fait par des explosifs, la largeur minimale de la plate-forme est donnée par la formule suivante :

$$L_p = Z + T + C + X + A \quad (12)$$

où

L_p : largeur de la plate-forme en m,

Z : largeur du prisme éventuel d'éboulement,

$$Z = H (\text{Cotg } \gamma - \text{Cotg } \alpha) \quad (13)$$

H : hauteur du gradin, $H = 10$ m,

α : angle du talus du gradin en exploitation, $\alpha = 70^\circ$,

γ : angle du talus du gradin en liquidation, $\gamma = 50^\circ$,

cette valeur varie généralement entre 35° et 60° , [4]

on trouve, $Z = 4,76$ m

T : largeur de la voie de transport : pour une circulation à double sens, on peut l'admettre à $T = 10$ m,

X : largeur du tas des roches abattues en dehors de l'enle-

vure : cette valeur dépend de la hauteur du gradin, des paramètres de tir et des propriétés physico-mécaniques des roches. Elle est précisée généralement par des essais sur site. Elle peut être appréciée par la relation suivante :

$$X = 3,5 H F^{\frac{1}{4}} (q/H)^{\frac{1}{3}} (0,65 + 0,35 \cos \theta) \quad (14)$$

H : hauteur du gradin, $H = 10$ m

F : indice de classification des roches selon leur difficulté à l'exploitation, $F = 5$ pour le gypse, [11]

q : consommation spécifique de l'explosif utilisé, $q = 0,4$ Kg/m³ (voir chapitre II)

θ : angle formé par la direction du talus du gradin et la direction de la rangée des trous, $\theta = 90^\circ$

on trouve, $X = 11,75$ m

C : distance entre l'arrête inférieure du tas abattue et la voie de transport, $C = 0,2 H = 2$ m

A : largeur de l'enlevure, cette valeur varie généralement entre 3 et 15 m [4], elle est précisée lors du calcul des paramètres du plan de tir. $A = 3,27$ m (chap. II, 2-3-3)

la largeur de la plate-forme de travail est :

$$L_p = 31,78 \text{ m}$$

c) longueur du bloc en exploitation : [4]

Suivant la longueur, un gradin peut être divisé en bloc que l'on exploite par des moyens d'abattage et de chargement indépendants. La longueur du bloc varie généralement entre 200 et 400 m lors de l'utilisation du transport par wagons et locomotives; pour le transport par camion, cette valeur est de 100 à 250 m. Pour le cas du gisement

de Mohammadia, la longueur du bloc est déterminée pour la production hebdomadaire (voir chap. II, 2-3-3).

d) sens de déplacement du front de taille :

Le front de taille peut se déplacer parallèlement, en éventail ou radialement. Dans le premier cas, la progression se fait avec une même vitesse pour tous les points du front, ce mode de déplacement est pratiqué pour les gisements d'étendue considérable. Lors du déplacement du front en éventail, la vitesse de la progression des différents points varie de zéro jusqu'à un maximum à l'extrémité du gradin, ce déplacement est commode pour les excavateurs à chaîne à godets avec transport par wagons et locomotives; quant au déplacement du front radialement, il est caractérisé par la variation de l'étendue du front de travail à chaque gradin durant toute la période de l'exploitation [4].

Etant donné le relief montagneux du gisement de Mohammadia et son exploitation prévue du haut vers le bas, le front de taille pourra être disposé parallèlement au gisement des couches, son déplacement sera donc transversal à cette direction; compte tenu du pendage des couches, plusieurs gradins peuvent être disposés de façon à ne pas amener l'un d'eux à terme avant les autres ce qui éviterait le problème de glissement des talus suivant le contact des couches. Il est à préciser que la stabilité des gradins est renforcée par la disposition du front d'abattage perpendiculairement au pendage des couches.

2-3-2 Capacité et régime de fonctionnement de la carrière :

a) régime de fonctionnement de la carrière :

En tenant compte de la production de la carrière, on peut définir son régime de fonctionnement comme suit :

- nombre de jours ouvrables par an : 250 j,
- nombre de jours ouvrables par semaine : 5 j,
- nombre de postes par jour : 1 p,
- nombre d'heures par poste : 8 h.

b) production journalière de la carrière :

La production journalière prédetermine le choix de la mécanisation à utiliser, on peut la déterminer par la relation suivante :

$$P_j = P_a / n_j$$

où

P_a : production annuelle de la carrière, $P_a = 210\ 000$ t/an

n_j : nombre de jours ouvrables par an , $n_j = 250$ j

On trouve, $P_j = 840$ t/j, ce qui correspond à une production de 4200 t/semaine.

En considérant la masse volumique du gypse, la production journalière en volume sera : $V_j = 376,68$ m³/j, soit 1883,4 m³/semaine.

2-3-3 Le processus d'exploitation :

a) l'abattage :

L'ammeublement de la matière utile du gisement de Mohammadia est prévu par explosif avec utilisation d'engins de foration. L'opération d'abattage s'articule en trois (03) points :

- forage des trous de mine,
- chargement des trous,

- tir.

Cette opération peut être réalisée en utilisant les explosifs "Anfomil" (mélange de nitrate d'ammonium avec 5 à 6 % de mazout) et les sondeuses du type Ingersoll-Rand CM.351 (diamètre 90 mm). Le choix de la sondeuse et du type de l'explosif s'est fait sur la base de ce qui est actuellement utilisé au complexe plâtrier de Fleurus pour l'exploitation du gypse de Checheria (Oran) [5].

Détermination des paramètres du plan de tir :

a.1 paramètres de l'explosif : [5]

- Densité de l'explosif : $\Delta = 0,95 \text{ Kg/ dm}^3$
- Consommation spécifique : $q = 0,40 \text{ Kg/ m}^3$

a.2 paramètres du trou :

- Diamètre : $D=90 \text{ mm}$ (diamètre de la sondeuse)
- Capacité spécifique du trou (p) : [6]

$$p = 785 D^2 \Delta \quad (12)$$

$$p = 6,04 \text{ Kg/m}$$

- inclinaison du trou :

Afin d'assurer une stabilité meilleure des gradins, on propose de réaliser des trous inclinés à 70° , ceci permettra d'obtenir un front d'abattage possédant la même inclinaison.

- longueur du trou (L):

$$L = H/(\text{Sin } \alpha) + L_s \quad (13)$$

où H : hauteur du gradin , $H = 10 \text{ m}$

α : inclinaison du trou, $\alpha = 70^\circ$

L_s : longueur de sous forage , $L_s = K \cdot D \quad (14)$

K est un coefficient tenant compte des propriétés

des roches et de l'inclinaison du trou $K = 10$ à 15 [6]

on prend $K = 12$,

$$L = 11,72 \text{ m}$$

a.3 ligne de moindre résistance (W) :

$$W = \frac{(0,5 p^2 + 4 m q p H L)^{1/3} - 0,75 p}{2 m q H} \quad (15)$$

$$p = 6,04 \text{ Kg/m (formule 12)}$$

$$q = 0,40 \text{ Kg/m}^3$$

$$H = 10 \text{ m}$$

m : coefficient de rapprochement des trous,

$$m = 0,5/(D)^{1/3} = 1,10 \quad (16)$$

$$L = 11,72 \text{ m (formule 13)}$$

$$W = 3,27 \text{ m}$$

a.4 distance entre les trous (a) :

$$a = m \cdot W$$

$$m = 1,10 \text{ (formule 16)}$$

$$W = 3,27 \text{ (formule 15)}$$

$$a = 3,59 \text{ m}$$

a.5 quantité de charge d'un trou (Q) :

$$Q = q \cdot W \cdot H \cdot a \quad (17)$$

$$Q = 55,59 \text{ Kg}$$

a.6 longueur de la charge d'un trou (l_c) :

$$l_c = Q/p \quad (18)$$

$$l_c = 9,20 \text{ m}$$

a.7 longueur du bourrage (l_b) :

$$l_b = L - l_c \quad (19)$$

$$l_b = 2,52 \text{ m}$$

a.8 volume abattu par un trou (V_t) :

$$V_t = W.H.a \quad (20)$$

$$V_t = 117,39 \text{ m}^3$$

a.9 nombre de trous nécessaires pour une production d'une semaine (n_t) :

$$n_t = V_m/V_t = n.V_j/V_t \quad (21)$$

n : nombre de jours ouvrables par semaine = 5,

V_j : production journalière = 377,00 m³/j,

V_t : volume abattu par un trou = 117,39 m³

$$n_t = 16,05 \approx 17 \text{ trous/semaine.}$$

a.10 longueur du bloc abattu pour une semaine (L_b) :

$$L_b = n_t.a \quad (22)$$

$$L_b = 61,03 \text{ m}$$

b) le chargement : [6]

Le chargement de la matière abattue est généralement réalisé de nos jours par des chargeuses sur pneus ou sur chenilles, ces dernières tendent à remplacer les excavateurs en raison des avantages multiples qu'elles offrent. Parmi ces avantages on peut citer :

- grande capacité du godet par rapport à la masse de la chargeuse,
- grande vitesse de déplacement sur chantier,
- grande manoeuvrabilité permettant de faire le chargement dans des conditions gênées ou défavorables,
- le rendement de la chargeuse ne dépend pas de la hauteur

du gradin,

- possibilité de desservir par une seule chargeuse plusieurs chantiers distants de 6 Km l'un de l'autre,
- frais d'exploitation réduits par rapport à l'excavateur.

En tenant compte des conditions du gisement de Mohammadia (relief, production, etc...), il est rationnel d'utiliser une chargeuse sur pneus pour assurer l'opération de chargement.

b.1 choix de la chargeuse :

Le choix de la chargeuse peut se faire en connaissant le volume de son godet, ce dernier peut être déterminé si l'on considère que le rendement journalier (R_c) de la chargeuse est égal à la production journalière de la carrière (P_j).

$$3600 E K_r T_p K_u$$

$$P_j = R_c = \frac{\text{-----}}{t_c \cdot K_f} \quad (23)$$

$$t_c \cdot K_f$$

P_j : production journalière de la carrière (stériles y compris) la production journalière de gypse est de $376,68 \text{ m}^3/\text{j}$, comme la chargeuse va aussi être utilisée pour le chargement des stérils qui représentent une part pour chaque 5,8 parts de gypse (coefficient de découverte = $1/5,8$), on doit considérer une production journalière $P_j = 442 \text{ m}^3/\text{j}$,

R_c : rendement de la chargeuse,

E : volume du godet de la chargeuse,

K_r : coefficient de remplissage du godet, ($K_r = 0,9 \div 1$), $K_r = 0,95$

K_u : coefficient d'utilisation de la chargeuse par poste, ($K_u = 0,75 \div 0,85$), $K_u = 0,80$

T_p : temps d'un poste en heures, $T_p = 8$ heures,

t_c : temps d'un cycle de la chargeuse,

$$t_c = t_r + t_{ch} + t_d + t_v \quad (24)$$

t_r : temps de remplissage du godet = $(10 + 15)s$,

t_{ch} : temps de parcours vers le lieu de déchargement = $15 s$,

t_d : durée de déchargement du godet = $(7 + 15 s)$,

t_v : durée de parcours vers le lieu de chargement = $15 s$,

On peut estimer le temps de cycle de la chargeuse à environ
1 mn.

K_f : coefficient de foisonnement des roches = 1,20

Le volume du godet de la chargeuse à utiliser peut être calculé par:

$$E = \frac{R_c \cdot t_c \cdot K_f}{3600 \cdot K_r \cdot K_u \cdot T_p} \quad (25)$$

On trouve $E = 1,45 m^3$,

Suivant ce résultat, on propose d'utiliser la chargeuse du type
Komatsu W70-3, dont les caractéristiques techniques sont les
suivantes : [7]

- capacité du godet à ras : $1,5 m^3$,
- poids en ordre de marche : 9430 Kg,
- portée de déversement : 1015 mm,
- hauteur de déversement : 2775 mm,

Le rendement de la chargeuse proposée est $R_c = 456 m^3/j$, ce rendement
peut satisfaire la capacité de production de la carrière ($420 m^3/j$).
donc une seule chargeuse suffira pour desservir les camions.

c) le transport :

Le transport de la matière utile ainsi que les stériles respec-
tivement vers les stocks de gypse et les terriles sera assuré par

l'emploi de camions. Le choix de ces derniers se fait en fonction d'un certain nombre de paramètres tels que la production de la carrière, le relief, l'état des routes, la chargeuse utilisée, etc...

c.1 choix et type de camions à utiliser : [8]

Afin d'assurer un rendement optimal des engins miniers utilisés pour le transport et le chargement, on utilise la relation liant la capacité de la chargeuse (E) et le volume de la benne du camion (Vb) et la distance de transport (L).

$$Vb = 3,63 E - 4,38 L - 0,039 E^2 + 0,545 L^2 + 0,67 E.L + 9,39 \quad (26)$$

où

L : distance en Km entre le lieu de chargement et de déchargement, on prend une valeur maximale de 2,5 Km,

E : capacité du godet = 1,5 m³,

on trouve Vb = 8,83 m³

On propose d'utiliser le camion du type Komatsu HD180-4 dont les caractéristiques techniques sont les suivantes : [7]

- volume de la benne : 10,7 m³,*
- poids net : 16790 Kg,*
- charge utile max : 18000 Kg,*
- hauteur : 3300 mm,*
- longueur : 7295 mm,*
- largeur : 3000 mm,*
- rayon de braquage : 9000 mm,*

c.2 calcul du nombre de camions nécessaires :

Avant d'évaluer le nombre de camions nécessaires pour assurer la production de la carrière, on doit calculer le nombre de cycles

possibles d'un camions (τ) et le nombre de cycles nécessaires pour la journée:

- nombre de cycle possibles d'un camion :

$$\tau = \frac{60 T_p K_u}{T_c} \quad (27)$$

T_p : temps d'un poste , $T_p = 8 \text{ h}$

K_u : coefficient d'utilisation du camion, $K_u = 0,9$

T_c : temps d'un cycle du camion, $T_c = 23 \text{ mn}$

$$\tau = 18,78 \text{ cycles}$$

- nombre de cycles nécessaires pour la journée (R) :

$$R = \frac{V_j \cdot K_i}{Q_a} \quad (28)$$

V_j : production journalière de la carrière, $V_j = 442 \text{ m}^3/\text{j}$

K_i : coefficient d'irrégularité du transport, $K_i = 1,25$

Q_a : capacité du camion: $Q_a = V_b/K_f = 8,91 \text{ m}^3$ (29)

$$R = 62 \text{ cycles}$$

Le nombre de camions nécessaires est donné par :

$$N_c = R/\tau \quad (30)$$

$$N_c = 3,30$$

Le nombre de camions total, en tenant compte du coefficient de réserve, est donné par :

$$N_t = N_c/k \quad (31)$$

k : coefficient de réserve des camions ($k = 0,7 \div 0,8$)

on prend $k = 0,7$

$$N_t = 5 \text{ camions}$$

d) Le bulldozer:

Le bulldozer est un engin de terrassement utilisé lors de l'exploitation des carrières pour les travaux d'ouverture, de découverte et d'extraction du minerai; en plus, il est largement utilisé pour le nettoyage du toit du gîte, le nivellement des gradins le stockage du minerai (formation des terriles), construction des routes, etc...

Dans le cas du gisement de Mohammadia, le bulldozer jouera le rôle le plus important pour les travaux d'ouverture étant donné que les conditions du gisement sont favorables pour son utilisation. Parmi ces conditions, on peut citer :

- les roches sont tendres à moyennement dures,
- faible recouvrement de la matière utile.

Durant l'exploitation du gisement le bulldozer pourra être utilisé pour les travaux de découverte externe, pour le rippage des intercalations stériles ainsi que pour l'ouverture des niveaux d'exploitation et la mise à terriles.

Pour réaliser les travaux d'ouverture du gisement, on peut utiliser le bulldozer de type Caterpillar D-8K dont les caractéristiques techniques sont les suivantes : [6]

- puissance : 300 cv,
- longueur de la lame : 4,0 m,
- hauteur de la lame : 1,5 m,
- masse totale : 31,7 t.

Le rendement du bulldozer sera déterminé plus loin et cela après avoir défini les caractéristiques des pistes et des tranchées nécessaires à l'ouverture du gisement.

III OUVERTURE DU GISEMENT DE

MOHAMMADIA :

3-1 Généralités : [4]

On appelle ouverture d'un gisement l'ensemble des travaux miniers qui permettent aux engins de transport et de chargement d'accéder au minerai .

L'ouverture des carrières se fait généralement par tranchées et plus rarement par des ouvrages souterrains

La tranchée est une excavation à ciel ouvert dont la longueur est grande par rapport à la largeur et la profondeur et dont la section est trapézoïdale. Les tranchées peuvent être pentées, horizontales ou les deux à la fois (combinées) et sont classées selon leur fonction en :

- tranchées principales qui donnent accès au gisement,
- tranchées de découpage qui préparent le champ de la carrière à l'exploitation, autrement dit, ces tranchées permettent de réaliser un front initial des travaux d'exploitation,
- tranchées spéciales destinées à la recherche, l'exhaure, au drainage, etc...

Les tranchées principales sont inclinées de 2 à 4 % lorsqu'elles sont destinées au transport par locomotives et wagons, cette pente varie de 5 à 15 % pour le transport par camions et de 25 à 33 % lors de l'emploi de convoyeurs, quant aux tranchées de découpage, elles sont pratiquement horizontales.

3-1-1 Modes d'ouverture : [4]

on classe les modes d'ouverture suivant le type d'ouvrages donnant l'accès au gisement, leur disposition par rapport au champ minier, leur nombre et leur destination. Les principaux modes d'ouverture sont les suivants:

a) Ouverture par tranchées isolées :

Les tranchées isolées peuvent être intérieures ou extérieures, dans les deux cas, on creuse des tranchées indépendantes pour chaque niveau d'exploitation, ceci permet le transport indépendant pour chaque gradin. Ce mode dont l'inconvénient est son grand volume des travaux est utilisé pour les gisements en plateau, les gisements de faible profondeur ainsi que ceux à flanc de coteaux

b) ouverture par tranchées communes :

Ce mode d'ouverture consiste à accéder au gisement par un système unique de tranchées dépendantes. Chaque tranchée accédant au gradin inférieur est creusée à l'intérieur de la tranchée desservant le gradin supérieur. Les tranchées communes extérieures sont utilisées pour l'exploitation des gisements horizontaux et peu inclinés tandis que les tranchées intérieures sont réalisées pour les gisements profonds de n'importe quelle forme et de pendage quelconque.

c) Ouverture par tranchées de groupe :

Parfois une tranchée commune assure la liaison entre les gradins de stériles et la surface tandis qu'une autre tranchée dessert le gradin au minerai; on dit dans ce cas que l'ouverture est faite par tranchées de groupe.

d) Ouverture par tranchées doublées :

La particularité de ce mode réside dans le transport : les engins de transport chargés et ceux à vide de chaque gradin empruntent des

tranchées indépendantes. Ce mode est utilisé pour les carrières peu profondes de rendements élevés.

e) Ouverture sans tranchées :

Ce mode d'ouverture est pratiqué lorsque l'exploitation se fait sans transport. Les terrains stériles sont déplacés et remis en place en arrière là où la couche a déjà été enlevée. Le minerai abattu peut être chargé par excavateur sur des engins de transfert, déplacé par monte-charge à cable ou par convoyeur .

f) Ouverture par ouvrages souterrains :

La communication entre les niveaux de travail et la surface peut être assurée par des ouvrages souterrains tels que les tunnels, les galeries au jour, les puits, etc... Ce mode est généralement réalisé pour les gisements profonds où le creusement de tranchées coûte très cher.

g) Ouverture combinée :

C'est la combinaison de deux ou plusieurs modes

L'ouverture du gisement de Mohammadia pourra être réalisée par tranchées isolées. Les niveaux d'exploitation dont le premier est situé à la cote 160 m seront réalisés tous les dix mètres d'altitude et seront reliés à une piste principale commune qui servira au transport du gypse et des stériles vers l'ouest du gisement.

3-2 Ouverture du gisement :

Le plan d'ouverture du gisement de Mohammadia a été réalisé sur la base du plan topographique et de calcul des réserves fourni par l'U.R.E.G (voir plan 1). L'ouverture comprend la réalisation d'une

piste d'accès principale ainsi qu'une plate-forme de travail au niveau 160 m qui représente une préparation de ce niveau à l'exploitation (voir plan 3)

3-2-1 La piste principale d'accès :

Cette piste a été planifiée (voir plan 3) en tenant compte des conditions naturelles du gisement et qui principalement sont :

- Les infrastructures de la région : elles sont entièrement situées à l'ouest du gisement. On peut citer, entre autres, la route nationale n° 4, la voie ferrée, les possibilités d'alimentation en énergie et en eau, etc... (voir chap. I). Ces infrastructures sont reliées au gisement par une piste existante (voir plan 1) que nous avons considéré en fait comme un point de départ de la piste d'accès que nous proposons de réaliser,

- Le relief : le relief du gisement est accidenté, il accuse des pentes moyennes variant de 20 % sur le flanc sud sud-ouest du gisement à 50 % aux abords de l'oued Sidi-salem et ses affluents qui entourent le gisement du côté nord, est et ouest,

- La production et la durée de vie de la carrière,

- Les caractéristiques techniques des engins de transport.

a) Itinéraire de la piste :

La direction générale de la piste d'accès est Est-Ouest, son point de départ (piste existante) à l'ouest est situé au niveau 92 m, la piste descend vers l'oued Sidi-salem et le traverse en un endroit où sa profondeur maximale est de 7,5 m, ceci nous a conduit à proposer la construction d'un pont pour permettre l'accès au gisement (on notera un élargissement de la piste au niveau du pont avec un rayon de courbure de 30 m). La piste remonte ensuite à partir du niveau 84m

pour atteindre le niveau 160 m (voir plan 3). La majeure partie de la piste est à flanc de coteau (voir annexe 5) avec des rayons de courbures dans les virages supérieurs à 30 m, ce qui satisfait largement les exigences des camions (rayon de braquage = 9 m).

b) Largeur de la piste :

D'après Kovalenko, la largeur de la piste de transport pour une circulation à double voies peut être calculée par la formule suivante :

$$L = 2 (a + c) + x \quad (32)$$

L : largeur de la voie de transport,

a : largeur de la benne du camion = 3 m,

c : largeur de la bande de sécurité, elle peut être évaluée par la formule :

$$c = 0,05 + 0,005 v \quad (33)$$

v : vitesse moyenne de déplacement des camions = 25 Km/h

on trouve, $c = 0,62$ m

x : distance entre les bennes des camions, $x = 2 c = 1,24$ m

La largeur de la piste calculée est $L = 8,48$ m.

Comme nous envisageons d'aménager la piste avec une rigole de 0,5 m de largeur, on a considéré la largeur de la piste $L = 9$ m.

c) Pente de la piste :

Les pistes des carrières sont généralement réalisées avec des pentes moyennes de 8 à 12 % et peuvent atteindre dans certains cas 15 % [4]. Pour le cas de notre piste, nous avons adopté une valeur maximale de la pente à 10 % (voir annexe 4), cette pente est pratiquement surmontable par les camions, surtout si nous prenons en

considération que ces derniers vont circuler à vide en montée et à charge en descente (exploitation du haut vers le bas).

d) Aménagements de la piste : [6]

Etant donnée la durée de vie de la carrière qui est supérieure à 50 ans, la piste d'accès doit être aménagée, pour permettre l'évacuation des eaux de ruissellement, d'une rigole latérale de 0,5 m de largeur et 0,6 m de profondeur. Cette rigole doit être disposée vers le flanc de la colline (voir annexe 5); en outre, la piste doit avoir une pente transversale de 2 % et un revêtement en gravier de 0,2 m d'épaisseur

Ces aménagements permettront d'améliorer le rendement des camions et d'en limiter la détérioration.

e) longueur de la piste :

La piste d'accès possède une longueur totale de 908,5 m (voir annexe 4) à partir du point de départ A jusqu'au point B au niveau 160 (voir plan 3). La longueur de la piste existante vers l'Ouest du point A n'a pas été évaluée vu que le plan topographique (voir plan 1) ne permettait pas de localiser exactement les endroits où on pourrait réaliser les terriles et les stocks de gypse, néanmoins, nous avons considéré pour nos calculs antérieurs une distance maximale de 2,5 Km pour la piste d'accès (voir chapitre II).

f) Evaluation des volumes des travaux envisagés pour la piste :

L'évaluation des travaux a été réalisée en fonction des altitudes de la piste pour des tranches de 10m et cela d'après la coupe longitudinale de la piste (voir annexe 4). Le calcul des volumes s'est fait d'après la relation suivante :

$$V = L.l.e \quad ($$

V : volume du remblai ou du déblai,

L : largeur de la piste = 9 m,

l : longueur du remblai ou du déblai,

e : épaisseur moyenne du remblai ou du déblai, cette valeur varie selon les endroits entre 0,5 et 2 m (voir annexe 5)

Les remblais représentent un volume de 1327,5 m³ tandis que les déblais totalisent un volume de 3861 m³. Les tableaux 6 et 7 résume respectivement les volumes des déblais et remblais entre les niveaux 80 m et 160 m par tranches de 10 m.

Tableau 6. Evaluation des déblais

niveau (m)	largeur (m)	longueur (m)	épaisseur (m)	volume (m ³)
80 - 90	9	102	1	918
90 - 100	9	0	0	0
100 - 110	9	0	0	0
110 - 120	9	95	1,5	1282,5
120 - 130	9	8	0,5	36
130 - 140	9	83	1	747
140 - 150	9	75	1,5	877,5
150 - 160	9	0	0	0
Total				3861 m ³

Tableau 7. Evaluation des remblais

niveau (m)	largeur (m)	longueur (m)	épaisseur (m)	volume (m ³)
80 - 90	9	0	0	0
90 - 100	9	0	0	0
100 - 110	9	34	0,5	153
110 - 120	9	0	0	0
120 - 130	9	87	1,5	1174,5
130 - 140	9	0	0	0
140 - 150	9	0	0	0
150 - 160	9	0	0	0

Total 1327,5 m³

3-2-2 La plate-forme de travail :

La plate-forme de travail que nous avons proposé (voir plan 3) est disposée perpendiculairement au pendage des couches et cela afin de réaliser le front d'abattage dans cette direction, l'avance-ment général du front d'exploitation étant parallèle au pendage. Cette plate-forme creusée au niveau 160 m est limitée vers le sud par le talus de liquidation du front d'exploitation qui accuse un angle de 55° et vers l'Ouest par le front d'abattage avec un angle de 70°, ce dernier possède une hauteur variable de 0 à 14 m.

La plate-forme possède une longueur moyenne de 75 m, une largeur de 45 m et une surface évaluée au planimètre de 3346,68 m². En considérant une valeur moyenne de 7 m pour la hauteur, on a évalué les réserves contenues dans la surface de la plate-forme à 22796 m³ soit un volume suffisant pour satisfaire 4 mois de la production de la

carrière pour un volume des stériles de 630 m³. On peut donc considérer la réalisation de cette plate-forme à la fois comme une ouverture du niveau 160 m et comme un début de l'exploitation, vu qu'elle sera réalisée dans la matière utile et qu'elle pourra constituer un stock de sécurité pour la production. De la même manière nous avons évalué les réserves du niveau 160 m à 167692 m³ de gypse et un volume de la couverture de 1830 m³. La durée d'exploitation de ce niveau est de 1,78 années.

3-2-3 Construction de la piste d'accès :

a) Rendement du bulldozer :

Le bulldozer pourra être utilisé pour la construction de piste d'accès vu que cette dernière possède des travaux de déblaiement dont la hauteur n'excède pas 2 m. Le rendement par poste du bulldozer D-8K peut être estimé par la formule suivante: [6]

$$R_b = \frac{3600 V_r \cdot T_p \cdot K_u}{t_c} \quad (32)'$$

V_r : volume du prisme de raclage déplacé pendant un cycle : [5]

$$V_r = \frac{l \cdot h^2 \cdot \text{Cotg } \alpha}{2 K_f} (1 - 0,006 l') \quad (33)'$$

l : longueur de la lame du bulldozer = 4 m

h : hauteur de la lame du bulldozer = 1,5 m

α : angle du talus naturel des roches, cet angle estimé d'après le plan topographique, varie entre 10 et 30°, on prend $\alpha = 30^\circ$

K_f : coefficient de foisonnement des roches = 1,2

l' : distance de refoulement des roches, on a pris une distance

moyenne de 50 m

$$Vr = 4,54 \text{ m}^3 / \text{cycle}$$

T_p : temps d'un poste = 8 h

K_u : coefficient d'utilisation du bulldozer = 0,8

t_c : temps d'un cycle du bulldozer : [11]

$$t_c = T_m + 2 l_1 / V_m \quad (34)$$

T_m : temps de manoeuvre du bulldozer, il comprend le temps de changement de vitesse (10 s) et la durée d'abaissement de la lame (10 s), $T_m = 20 \text{ s}$

V_m : vitesse moyenne de déplacement du bulldozer, (0,8 ÷ 1 m/s)

$$V_m = 0,9 \text{ m/s}$$

$$t_c = 131,13 \text{ s}$$

Le rendement du bulldozer est : $R_b = 797,69 \text{ m}^3$

b) Durée de réalisation de l'ouverture :

$$N_p = V_d / R_b \quad (35)$$

V_d : volume des déblais = 3861 m^3

R_b : rendement du bulldozer = 797,69 m^3

$$N_p = 4,84 \approx 5 \text{ postes}$$

Si l'on considère que le bulldozer travaille pendant un poste par jour, la réalisation de la piste se fera en 5 jours, ceci en excluant les remblais totalisant un volume de 1327,5 m^3 et qui seront réalisés par les déblais, en outre la piste existante doit subir un élargissement de 3 à 4 sur une distance de 1 à 1,5 Km. Etant donné que le plan topographique ne permet pas d'évaluer la distance exacte de cette piste, on ne peut pas donner le volume exacte des travaux nécessaires pour la piste d'accès.

Quant à la plate-forme de travail, elle pourra être creusée par bulldozer dans un premier temps (lorsqu'la hauteur du recouvrement le permet) et ensuite on utilisera les explosifs à partir d'une hauteur de 3 à 4 m

La durée de réalisation de la plate-forme peut être estimée à 4 mois étant donné qu'elle renferme un volume de matière utile garantissant la production pour cette période. En fait, on peut estimer approximativement la durée des travaux d'ouverture à six mois.

IV CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS :

Le gisement de gypse de Mohammadia peut être classé, par rapport aux autres gisements d'Algérie, comme un gisement d'importance moyenne d'après ses réserves (11 151 666 t). Sa localisation et sa structure géologique sont favorables pour son exploitation, en plus, les réserves de matière utile avec une teneur en gypse supérieure à 90 % et un taux de recouvrement acceptable (1/5,8), sont suffisantes pour réaliser l'exploitation envisagée, à savoir, l'alimentation en gypse de trois cimenteries (Saïda, Zahana, Beni-saf) pour une durée de 50 ans à raison de 210 000 t/an.

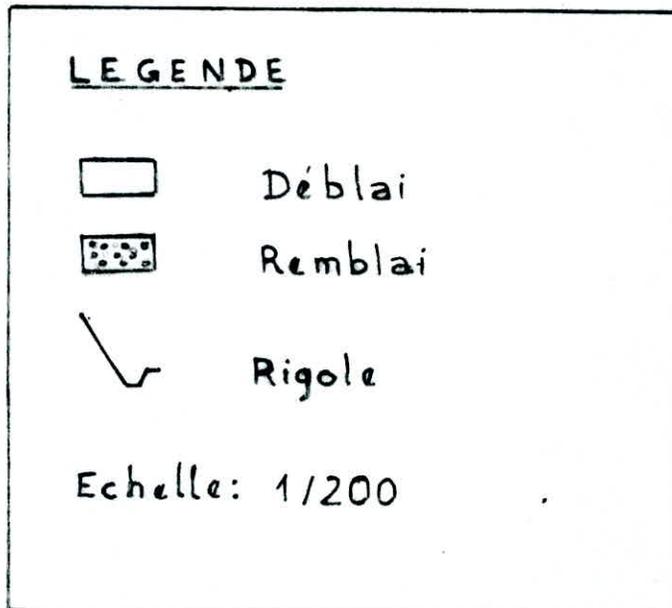
Nous avons proposé, pour le projet d'ouverture de ce gisement, de réaliser une piste principale d'accès suivie d'une plate-forme de travail (tranchée de découpage) au niveau 160 m, le reste des niveaux sera de même disposé tous les 10 m jusqu'au niveau 60 m (profondeur limite de la carrière). Leur ouverture étant réalisée par des tranchées de découpage isolées et reliées à la piste d'accès.

Le volume des travaux d'ouverture a été estimé à 3861 m³ de déblais, 1327 m³ de remblais et 22796 m³ pour la plate-forme du niveau 160 m, en plus, on doit prévoir un élargissement de 3 à 4 m du taçon de piste situé à l'ouest du gisement (voir plan 3). Pour pouvoir évaluer le volume des travaux, nous conseillons d'élargir le plan topographique (plan 1) vers l'ouest du gisement, ceci permettra de localiser les endroits où l'on pourrait réaliser les stocks de gypse et les terriles de stériles et de définir leur disposition exacte par rapport aux infrastructures (route, chemin de fer, etc...).

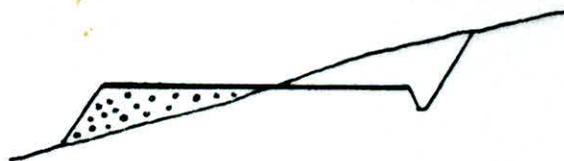
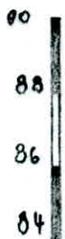
En comparaison avec la durée de vie de la carrière qui dépasse 50 ans, le volume des travaux d'ouverture peut être considéré comme acceptable vu que l'investissement le plus important sera la réalisation d'un pont sur l'oued Sidi-salem, cependant, la rentabilité de l'exploitation n'est pas évidente à priori surtout si l'on tient compte des distances de transport jusqu'aux cimenteries de Saida, Zahana et Beni-saf ainsi que de la sélectivité de l'exploitation. C'est pourquoi nous recommandons de réaliser une étude technico-économique qui permettra de juger de la rentabilité de l'exploitation planifiée actuellement et de la comparer avec l'éventuelle installation d'une plâtrière dans la région.

ANNEXE 5

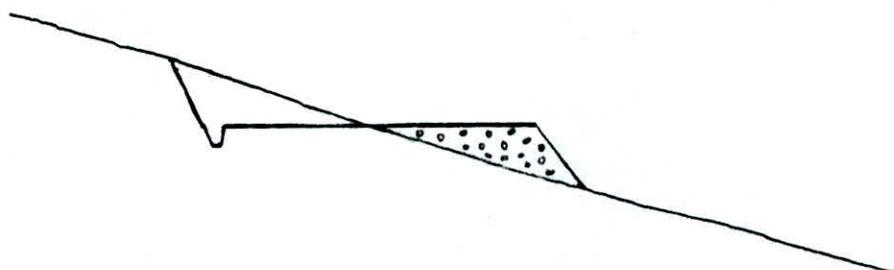
COUPES TRANSVERSALES DE LA PISTE



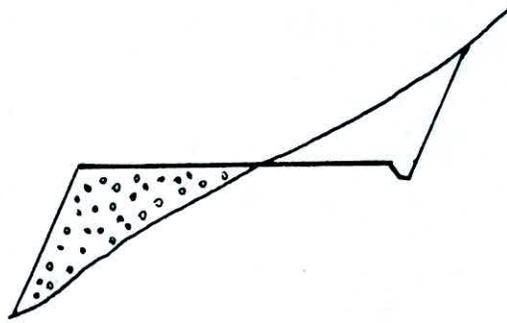
COUPE A-A'



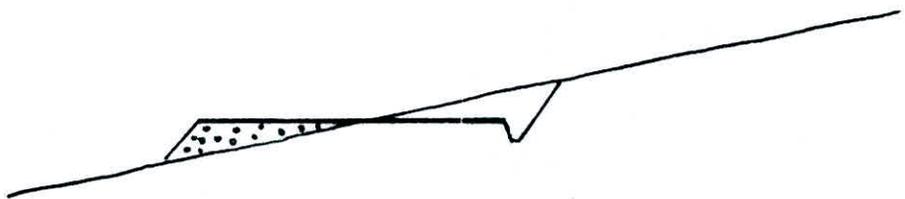
COUPE B-B'



COUPE C-C'



COUPE D-D'



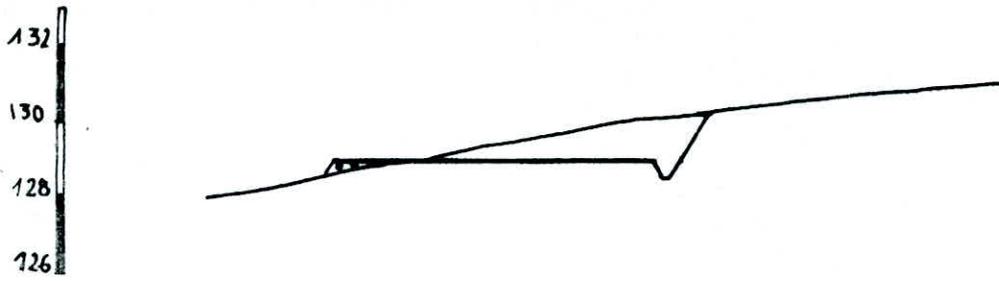
COUPE E-E'



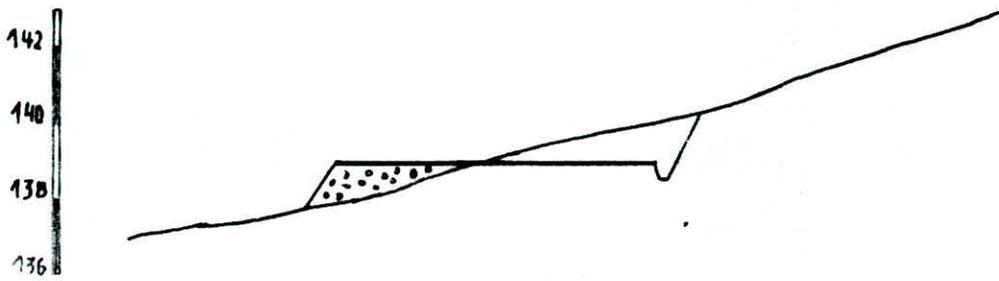
COUPE F-F'



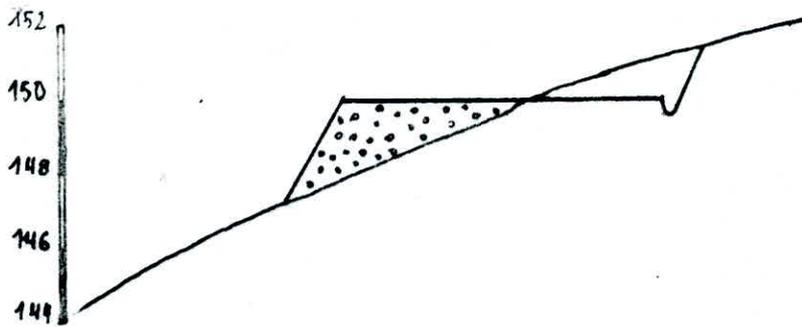
COUPE G-G'



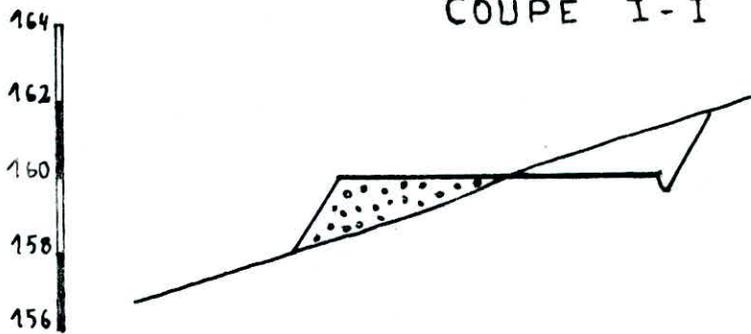
COUPE H-H'



COUPE J-J'



COUPE I-I'



BIBLIOGRAPHIE

- [1] : Y.Kokov, Rapport géologique final de recherche détaillée du gisement de gypse de Mohammadia, E.N.D.M.C (U.R.E.G), 1986
- [2] : M.Abdoulaye, Détermination du coefficient de découverte des gisements de minéraux utiles dans les conditions du gisement de gypse de Médea, E.N.P 1989
- [3] : M.A. Bachar, Projet des travaux d'arpentage dans la carrière de de Sary Tchekyo pour les travaux miniers , 1978
- [4] : Chibka, Exploitation des gisements métallifères, O.P.U , 1980 .
- [5] : K.Sapondjan , Projet d'exploitation du gisement de gypse de Checheria , U.R.E.G , 1985.
- [6] : Kovalenko , Exploitation des carrières , O.P.U , 1986.
- [7] : Guide de l'acheteur Komatsu
- [8] : T. Makhloufi, Influence de la mécanisation sur le prix de revient du calcaire de Meftah , E.N.P , 1989.
- [9] : G. Philliponnat, Fondations et ouvrages en terre, Ed. Eyrolles 1974
- [10]: C.Jaeger, Rock mechanics and engennering, Cambridge university press , 1979
- [11]: F.Belaidi, Projet de la technologie de la mécanisation complexe des travaux miniers dans la carrière de l'Ouenza, E.N.P, 1988.

PG 001/90
Annexe (A)

الهيئة العامة للغابات
البيروت - لبنان
مركز البحوث والدراسات

الهيئة العامة للغابات
البيروت - لبنان
مركز البحوث والدراسات

الهيئة العامة للغابات
البيروت - لبنان
مركز البحوث والدراسات

الهيئة العامة للغابات
البيروت - لبنان
مركز البحوث والدراسات

الهيئة العامة للغابات
البيروت - لبنان
مركز البحوث والدراسات

الهيئة العامة للغابات
البيروت - لبنان
مركز البحوث والدراسات

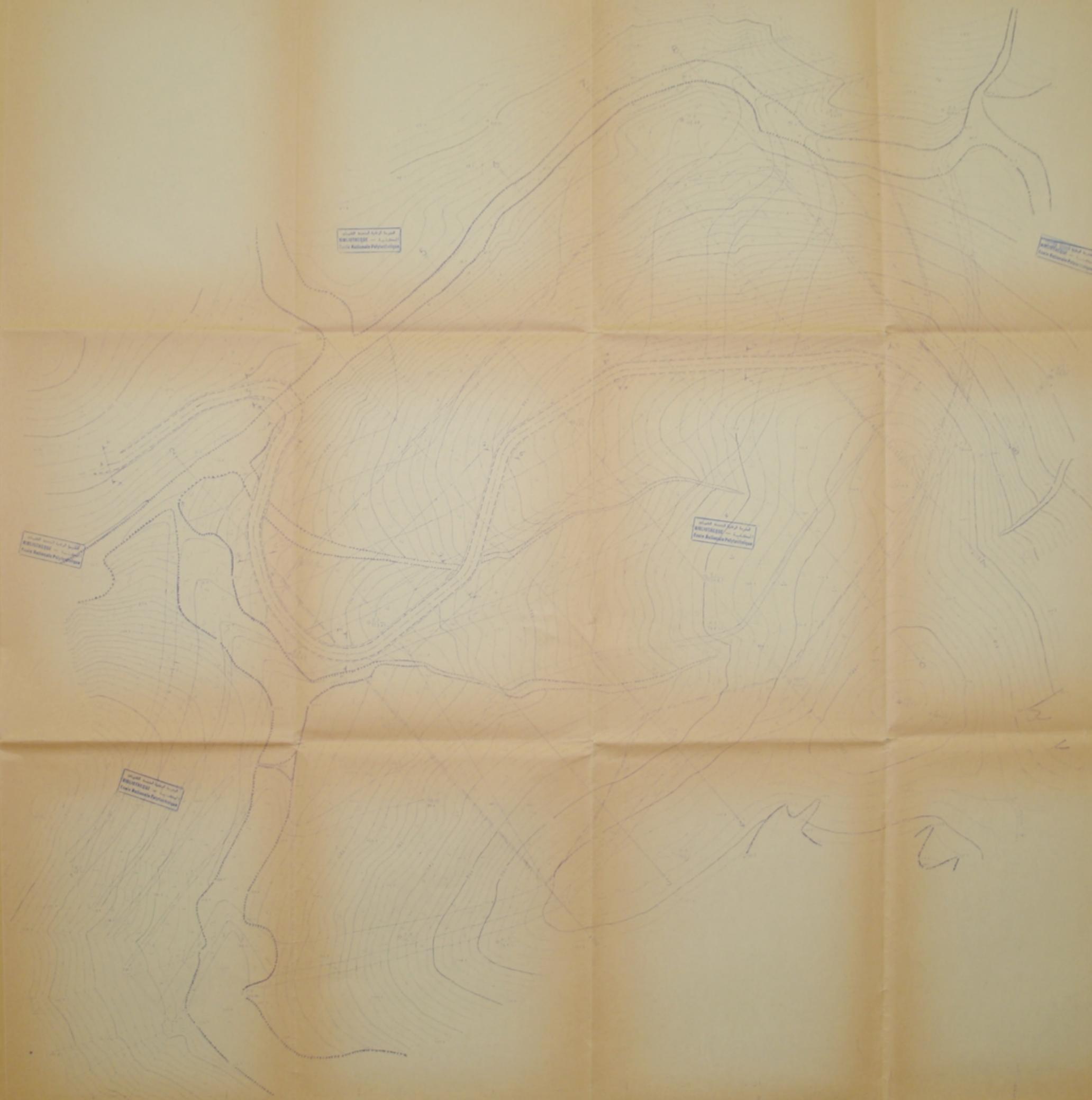
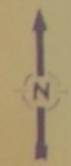
الهيئة العامة للغابات
البيروت - لبنان
مركز البحوث والدراسات

GYPSE
MOHAMMADA

PLAN TOPOGRAPHIQUE
CALCUL DES RESERVES

ECHANTILLONNAGE

NO	DATE	HEURE	TEMPERATURE	MOISTURE	RESERVE



LEGÈNDE

- 1. Zone d'exploitation minière
- 2. Zone d'exploitation agricole
- 3. Zone d'habitat
- 4. Route
- 5. Rivière
- 6. Vallée
- 7. Vallon
- 8. Vallée à sec
- 9. Vallée à sec temporaire
- 10. Vallée à sec permanente
- 11. Vallée à sec temporaire et vallée à sec permanente
- 12. Vallée à sec permanente
- 13. Vallée à sec permanente et vallée à sec temporaire
- 14. Vallée à sec permanente et vallée à sec permanente
- 15. Vallée à sec permanente et vallée à sec permanente
- 16. Vallée à sec permanente et vallée à sec permanente
- 17. Vallée à sec permanente et vallée à sec permanente
- 18. Vallée à sec permanente et vallée à sec permanente
- 19. Vallée à sec permanente et vallée à sec permanente
- 20. Vallée à sec permanente et vallée à sec permanente

ENP DEPARTEMENT DES MINES

PLAN D'OUVERTURE DU
GISEMENT DE GYPSE
DE MOHAMMADIA

1	2	3	4
1.1	1.2	1.3	1.4

