

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT: G_MINIER

8/92

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

PROJET DE FIN D'ETUDES

THEME

VALORISATION DU CALCAIRE
D'ADRAR-OU-FARNOU
POUR SON UTILISATION
DANS L'ALIMENTATION DU BETAIL

Proposé par:

E N O F

Etudié par:

FERDJOUKH
Karim

Dirigé par:

M. BOURAHLA

PROMOTION
1992

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT: G_MINIER

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

PROJET DE FIN D'ETUDES

THEME

VALORISATION DU CALCAIRE
D'ADRAR-OU-FARNOU
POUR SON UTILISATION
DANS L'ALIMENTATION DU BETAIL

Proposé par:

E N O F

Etudié par:

FERDJOUKH
Karim

Dirigé par:

M. BOURAHLA

PROMOTION
1992

REMERCIEMENT

Ce travail a été effectué sous la direction de Monsieur M_BOURAHLA, qu'il me soit permis de le remercier pour l'avoir mené à terme.

Je tiens à remercier Monsieur ABDELWAHAB de l'EREM pour sa collaboration et sa sympathie.

Mes remerciements vont aussi à tous les enseignants qui ont contribué à ma formation, ainsi que tous les étudiants du département G_MINIER.

A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail, je présente ma gratitude et ma sympathie.

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
المكتبة — BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

I. GENERALITES SUR LES CARBONATES DE CALCIUM.....	2
I.1. LES GRANULATS (CALCAIRES).....	2
I.2. LE MARBRE.....	5
I.3. EXIGENCES ET BESOINS DU MARCHE EN CARBONATE DE CALCIUM.....	6
II. GISEMENT D'ADRAR OU FARNOU DE BEJAIA.....	8
II.1. INTRODUCTION.....	8
II.2. GEOLOGIE DU GISEMENT.....	9
II.3. CARACTERISTIQUES PHYSICO-MECANIQUE DU GISEMENT.....	13
II.4. LA METHODE D'EXPLOITATION A CIEL OUVERT DU GISEMENT.....	15
II.4.1. ABATTAGE.....	16
II.4.2. CHARGEMENT.....	20
II.4.3. TRANSPORT.....	20
II.4.4. MOYENS MATERIELS UTILISES.....	21
II.5. PREPARATION MECANIQUE DU MINERAL.....	23
II.6. ORGANISATION ET REGIME DE TRAVAIL DE L'UNITE.....	27
III. APTITUDE DE LA TRANCHE GRANULOMETRIQUE 0/3 MM A SON UTILISATION POUR L'ALIMENTATION DU BETAIL.....	28
III.1. L'APPORT ALIMENTAIRE DES CARBONATES DE CALCIUM POUR LE VOLAILLE.....	28
III.2. PRESENTATION DE L'ALIMENT DE BETAIL UTILISE PAR L'ONAB EN ALGERIE.....	30
III.3. EXIGENCES DE L'ONAB QUALITE ET QUANTITE DE CARBONATE DE CALCIUM.....	32

III.4. ANALYSE GRANULOMETRIQUE ET CHIMIQUE DU CALCAIRE D'ADRAR OU FARNOU.....	33
III.4.1. ANALYSE GRANULOMETRIQUE.....	33
III.4.2. ANALYSE CHIMIQUE.....	33
III.4.3. INTERPRETATION DES RESULTATS D'ANALYSES.....	37
III.5. ENRICHISSEMENT DU CALCAIRE D'ADRAR OU FARNOU PAR LE LAVAGE.....	38
III.5.1. RESULTATS D'ANALYSE CHIMIQUE DU CALCAIRE APRES LAVAGE ET LEUR INTERPRETATION.....	41
III.6. LES OPERATIONS DE TRAITEMENT DE VALORISATION RECOMMANDEES POUR LA TRANCHE GRANULOMETRIQUE 0/3 MM.....	42
III.6.1. LE BROYAGE.....	42
III.6.2. LE LAVAGE.....	43
III.6.3. LE SECHAGE.....	43
III.6.4. L'ENSACHAGE DU PRODUIT.....	45
III.7. ETUDE ECONOMIQUE PRELIMINAIRE DE VARIANTES PERMETTANT D'ACCEDER A LA COMMERCIALISATION DU CALCAIRE 0/3 MM.....	46
III.7.1. VARIANTE 1.....	46
III.7.2.1. ETUDE ECONOMIQUE PRELIMINAIRE.....	46
III.7.2. VARIANTE 2.....	51
III.7.2.1. POSSIBILITES D'EMPLOI DES SABLES ISSUS DE ROCHES CALCAIRES DANS LE BETON.....	51
III.7.2.2. ETUDE ECONOMIQUE PRELIMINAIRE.....	54
III.9. COMPARAISON DES RESULTATS DE L'ETUDE ECONOMIQUE PRELIMINAIRE DES DEUX VARIANTE.....	59
CONCLUSION GENERALE.....	62

- INTRODUCTION GENERALE -

L'aviculture en Algérie avec une consommation annuelle de plus de 20 millions de poulets , et l'importation de poules reproductrices ainsi que l'élevage de poulets pondeuses exige une industrie de fabrication d'aliment de bétail performant qui utilise plus de 100 000 t/an de carbonate de calcium incorporés dans l'aliment sans forme de perte .

Pour satisfaire la demande de la région de BEJAIA en aliment de bétail, l'ONAB à construit une usine à EL KSEUR à 16Km de la ville de BEJAIA.

L'approvisionnement en carbonate de calcium est assuré par l'unité ENAMarbre de SKIKDA .

Dans le but de valoriser les produits de la carrière d'ADRAR ou FARNOU de BEJAIA , nous nous sommes penchés sur l'étude de la qualité de l'agregat et son aptitude à constituer un aliment par la volaille .

I - GENERALITES SUR LES CARBONATES DE CALCIUM :

En Algérie, l'extraction des carbonates de calcium se fait à partir de carrières de granulats (calcaires) et surtout à partir des carrières de marbres, destinés à la production de poudres et de poussières pour l'alimentation de Bétail; vue l'aptitude de leurs propriétés physico-mécanique et chimiques (dureté, couleur impureté)

I - 1 - Les granulats (calcaires) :

A/ Définition :

Un granulats est un ensemble de grains minéraux de dimensions comprises entre 0 et 80mm, destinés à la confection des matières des bétons, des couches de fondation de base et de roulement des chaussées et des voies ferrées, et les poudres de calcaire pour l'industrie alimentaire, de peintureetc

Un granulats est désigné par la plus petite dimension d du grain et sa plus grande dimension D sous la forme d/D .

Sont appelés :

- fines les dimensions $\leq 0,080\text{mm}$.
- Dables les dimensions $d < 1\text{mm}$, $0,80\text{mm} < D \leq 6,3\text{mm}$
- gravillon des dimensions : $d \geq 1\text{mm}$, $D \leq 31,5\text{mm}$
- Cailloux les dimensions : $d \geq 20\text{mm}$, $D \leq 80\text{mm}$
- graviers les dimensions : $6,3\text{mm} < D \leq 80\text{mm}$.

B/ Origine géologique des granulats :

Les granulats peuvent être :

- naturels : lorsqu'ils n'ont subi aucune opération de transformation autre que mécanique : Concassage, criblage, lavage.
- artificiels : dans les autres cas.

I - Les granulats naturels :

Les granulats naturels peuvent être issus soit de roches massives exploitées en carrières, soit de roches meubles provenant de sablières et des gravières.

I - 1 - Les roches massives :

I - 1 - 1 - Les roches magmatiques

Les roches magmatiques, caractérisées par une structure massive, viennent des profondeurs de l'écorce terrestre, les textures des roches sont le résultat du type de refroidissement du magma (lent ou rapide).

La composition minéralogique permet de classer les roches en famille :

- des granites
- des diorites
- des gabbros

Ils sont en general très abrasives .

1 - 1 - 2 - Les roches sédimentaires :

Les roches sédimentaires ont pris naissance à la surface de la terre en general dans l'eau, elles sont d'origine détritique, chimique ou organique (cas du gisement de calcaire d'ADRAR ou-FARNOU de BEJAIA).

nous distinguons :

- La famille des roches carbonatées : calcaire , dolomie calcaire dolomique ,
- la famille des roches silicatées : grés , quartzite , silex .

La résistance de ces roches et fonction de la porosité .

1 - 1 - 3 Les roches métamorphiques .:

La transformation des roches éruptives ou sédimentaires sous l'action de la température et de la pression au fur et à mesure de leur enfoncement en profondeur, conduit aux roches métamorphiques .

Nous distinguons :

- La famille des roches métamorphiques schisteuses : schistes, gneiss, ardoise...
- la famille des roches métamorphiques massives : calcaire cristallin , gneiss , quartzite .

1 - 2 - Les roches meubles :

Les matériaux meubles utilisés pour la construction sont des roches sédimentaires détritiques , non consolidées , elles se présentent dans les alluvions des rivières où sur les plages .

Nous distinguons : - alluvion calcaire

- alluvion silicates ou siliceuse
- alluvion silico - calcaire .

2 - Les granulats artificiels :

Entrent dans cette catégorie tous les matériaux qui ont subi un traitement thermique où sont des résidus de l'industrie .

2 - 1 - Les Argiles expansées et les schistes expansés :

Ces granulats s'obtiennent par chauffage aux environs de 1400°C et dans certaines conditions, de schistes riches en matières organiques de schistes bitumineux ou d'argile, ce qui conduit à la formation de granules à forte porosité .

2 - 2 - Les laitiers :

Le laitier est un sous-produit de l'industrie sidérurgique on y trouve à la sortie de haut fourneau toutes les parties minérales contenues dans le minerai et les ajouts sauf le fer .

C) Utilisation des granulats

La part essentielle de l'utilisation et consommation des granulats réside dans :

le secteur de l'habitat qui représente en Algérie 43% du total de la consommation

Les travaux publics et l'hydraulique qui représentent 41% du total de la consommation, y inclus les routes par 30%, en Algérie les consommations annuelles sont de l'ordre de 25 millions de m³ soit 1 m³/habitant, (source CNAT) .

Nous donnons ci-dessous à titre comparatif les consommations de certain pays (source UNPG).

ALLEMAGNE	6,7 t/Habitant	410 millions t/an
FRANCE	6,8 t/ht	378 Mt/an
ITALIE	5 t/ht	285 Mt/an
BELGIQUE	3,9 t/ht	38 Mt/an
USA	7,5 t/ht	1792 Mt/an
GRANDE BRETAGNE	5,2 t/ht	291 Mt/an
FILANDE	10,1 t/ht	50 Mt/an
SUEDE	10,7 t/ht	90 Mt/an
AUTRICHE	11,2 t/hy	85 Mt/an
DANEMARK	9 t/ht	46 Mt/an
HONGRIE	3,8 t/ht	40 Mt/an

Ces volumes importants sont à apprecier avec les exigences particulieres de chaque utilisateur : (4) .

I.2 - LE MARBRE :

A - Définition et origine géologique du marbre :

Un calcaire chimiquement pur recristallise en marbre blanc entièrement cristallin. En général la présence d'impuretés confère à la roche un aspect particulier : l'argile donne naissance à ces lits micacés ou serpentineux, la magnésie des calcaire qui donne à la roche une coloration verte, et si elle est très abondante, on a une serpentine : le mot désignant alors la roche elle-même et pas seulement le minéral (le terme serpentinite serait préférable).

B - Utilisation du marbre :

En Algérie à l'heure actuelle les carbonates de calcium pour les besoins alimentaires (en particulier l'aviculture) sont fournis par les poudres de marbre à partir des unités de "FILFILA" (ENAMARBRE), "KRISTEL" et "EL-KHROUB" (ENG) ENAMARBRE produits et commercialise une large gamme de produit qu'on peut classer en deux catégories :

1 - produits semi-finis tels que :

* moellons * granulés * poudres * poussières.

2 - Produits finis tels que :

* Marbre naturel.

* Marbre reconstitués.

* Granites reconstitués.

* Bimbloterie.

* Breton stone.

Les différents clients consommateurs sont : Les EPE du Batiments, les constructeurs privés, l'ONAB pour les poussières et poudres de marbre.

La consommation à l'échelle régionale en sous produits de marbre se répartie de la façon suivante pour l'année 1985 [ENOF].

	EST t/an	Centre t/an	Ouest t/an	Total t/an
Consommation	153.278	119.626	114.452	367.356
Taux %	36,2 %	32,5 %	31,1 %	100 %
POUDRES	17.800	36.800	21.800	76.400
Poussières et granulés	115.478	82.826	92.652	290.956

La consommation nationale en sous produit de Marbre évolue d'environ de 500 à 600.000 t/an à partir de 1985 [source ENOF]

I - 3 Exigences et besoins du marché en carbonates de calcium :

a) Aliment de bétail : selon les normes de l'ONAB Ca Co₃ > 90%
Fc₂O₃ < 1,5%

Eléments toxiques (AD, Pb, Cd, Se...)

Métaux lourdes : 10 ppm

Besoins : 100.000 t/an

b) Carreaux granito :

Exigences : couleur blanche, finesse : 0/100 µ

Besoins : estimés à 20.000 t/an pour l'Est Algérien.

c) Industrie du verre :

Exigences : Co Co₃ > 98 %

Fc₂O₃ < 0,04 %

Finesse : Verre plat : 80 µ / 800 µ

Verre creux : 100 µ / 2 mm (dont 50 % < 900 µ)

Besoins actuels : 8000 à 10.000 t/an.

Futurs : 25.000 à 35.000 t/an (ENG)

Les besoins actuels de l'ENAVA (Oran) sont satisfaits par broyage de calcaire de très-mauvaise qualité de la région (ENG).

A l'unité de Jijel : par broyage du sable 0/3 mm de l'unité ENG d'El-Khroub (ENG).

ENAVA a envisagé l'importation de carbonate de calcium. Les besoins du secteur privé sont satisfaits par l'importation, soit environ 2.000 t (ENG).

d) Industrie des peintures :

Exigences : $\text{Ca Co}_3 > 98 \%$
Grande blancheur
Finesse 93 % < 10 μ et 97 % < 20 μ
Besoins actuels : 40.000 t/an
futurs : 60.000 t/an (ENG)

e) Industrie du plastique et caoutchouc :

Exigences $\text{Ca Co}_3 > 98 \%$ grande blancheur
Fe < 100 mg / Kg
Cu < 15 mg / Kg
Mn < 250 mg / Kg

Finesse : 99,5 % < 43 μ

Besoins : 7.000 à 10.000 t/an (ENG)

f) Industrie de la céramique :

Exigences : $\text{CaCo}_3 > 98 \%$
Finesse : 100 % < 63 m
Besoins : estimés à 1.000 tonnes (ENG).

II. GISEMENT D'ADRAR OU FARNOU DE BEJAIA :

II.1. INTRODUCTION :

Situation géographique.

Le gisement d'Adrar ou Farnou est situé à 6 Km au nord ouest de la ville de Bejaia et à 1 Km à l'Est de la RN 24. Du point de vue morphologique, ce chantier est situé dans les limites de la chaîne montagneuse d'Adrar ou Farnou qui est allongée le long de la côte (fig.1) avec des versants sud et Nord à pente douce inférieure à 8% plus près de la mer le versant Nord devient abrupt (hauteur 200 m).

Les altitudes du chantier varient de 220 à 360 m. Sur la surface du gisement on observe de rares broussailles. Le climat de la région est caractérisé par un hiver pluvieux et un été sec et chaud.

Le chantier est éloigné du système fluvial, il existe seulement de petits ravins sans eau en été avec des versants doux.

Le gisement satisfait certaines exigences :

- Le calcaire ne renferme pas d'inclusion de roches dures abrasives.
- La pente du relief ne dépasse pas 8 %.
- Les réserves de calcaires sont situées dans les différents niveaux de 40 à 80 m au maximum 100 m.
- Le gisement est situé à 200 m de la piste d'accès et des habitations, et près de l'autoroute et à proximité de la ligne de haute tension.

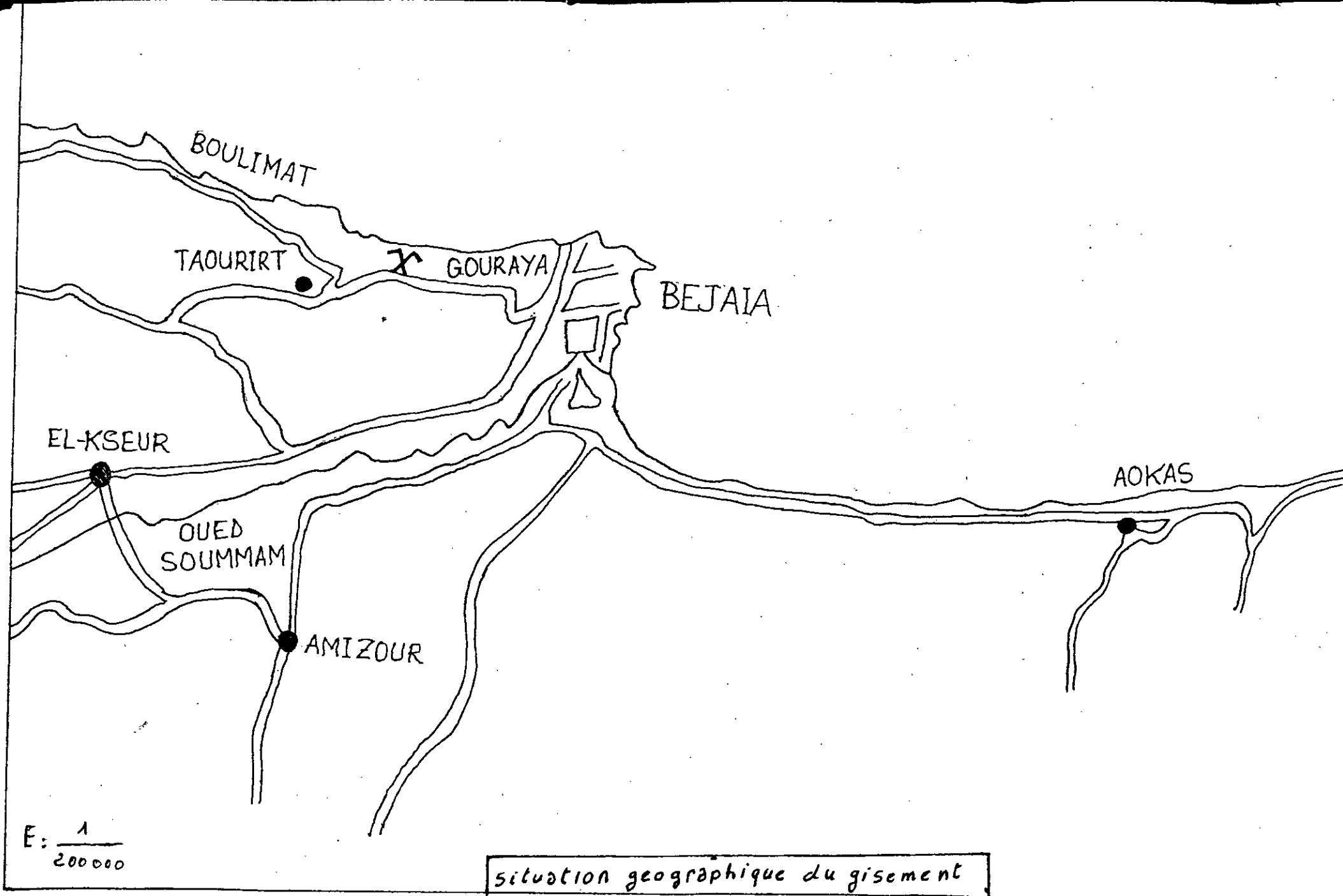


Fig 1 : X Gisement d'ADRAR-OUFARNOU

II.2. GEOLOGIE DU GISEMENT :

Le chantier est représenté par un synclinal de direction subméridionale. Le flanc Nord-Nord-Est du synclinal possède un angle de $15^\circ / 35^\circ$, le flanc Sud-Ouest à un angle de $10^\circ / 25^\circ$.

La partie Nord-Est est formée de terrains d'âge jurassiques, ce flanc Nord-Est est accidenté par de petit plis on y remarque des déformations cassantes par lesquelles les terrains jurassiques sont en contact avec des terrains supérieures. Ce gisement date du lias inférieur. Les terrains sont formés par des calcaires gris, gris clairs, rosâtres, compactes massifs à petits et gros cristaux dolomitisés (fig.2). L'assise calcaire se débite en 3 dalles séparées par des zones de failles et la dolomite s'échappe en assés cassants (fig.3). Cette assise est traversée par des filonnets fins de calcite. Il est à noter la présence des phénomènes karstiques sur toute la surface.

Petrographie :

Suivant l'étude pétrographique on distingue 3 variétés de calcaires.

1. CALCAIRES ORGANOGÈNES MICROCRISTALLINS :

- Texture massive.

- La pâte microcristalline de la roche est régulièrement saturée en restes organiques entièrement remplacés par des calcaires finement cristallisés.

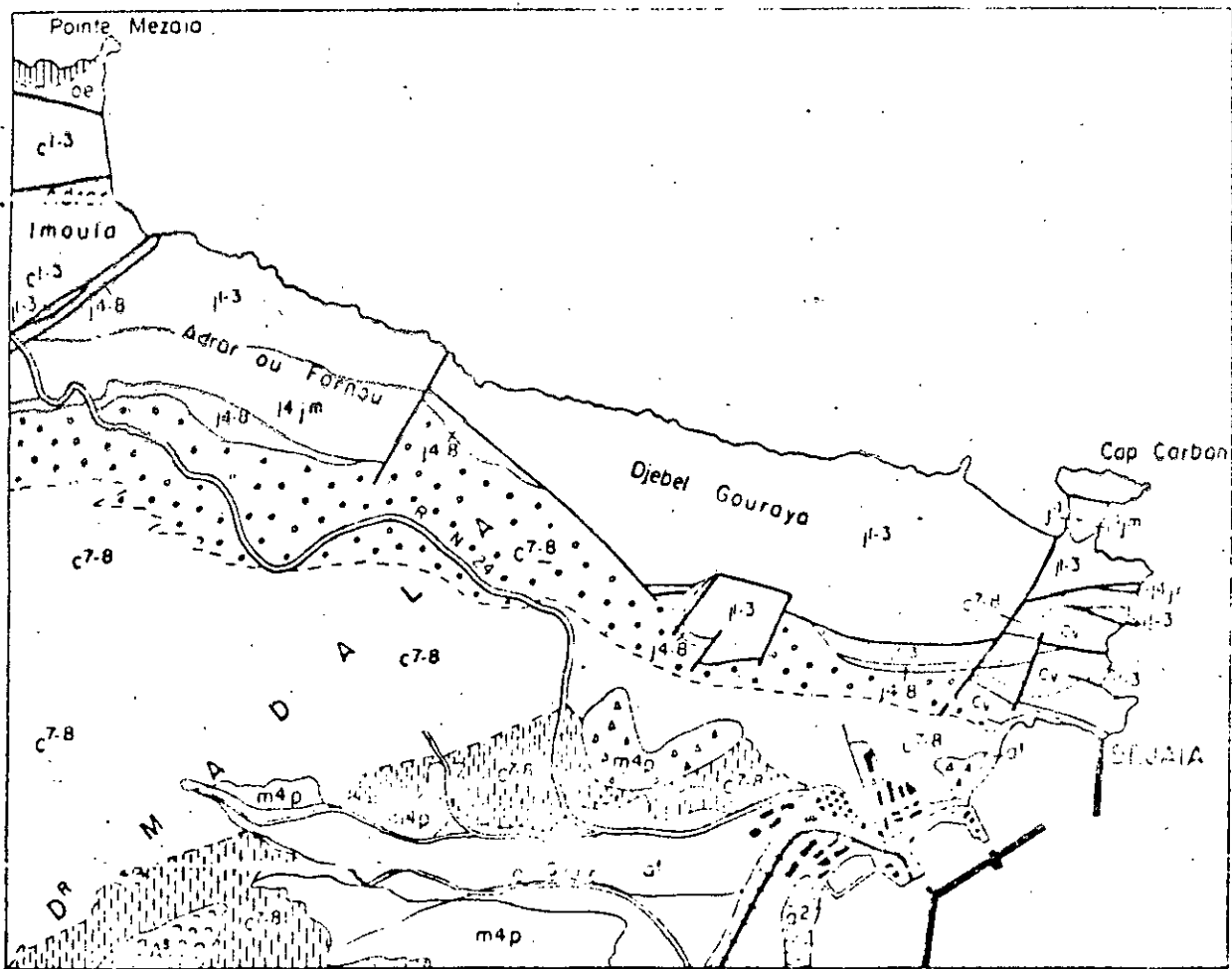
2. CALCAIRES DETRITIQUE :

Constitués par des fragments de microorganismes à environ 30 % du volume total noyé dans un calcaire finement cristallin.

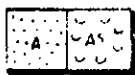
3. PSEUDO-BRECHES CARBONATES :

- Texture pseudo-bréchiques.

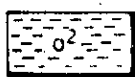
- 50 à 90 % du volume constitué par une pâte pélitomorphe.



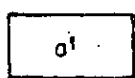
QUATERNAIRE



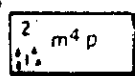
A. Ebbulis A³ Sulfurations.



Alluvions marécageuses

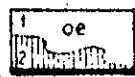


Alluvions anciennes. (Niveau inférieur)



MIO-PLIOCENE

1. Breches. 2. Argiles bleues.



NUMMULITIQUE SUPERIEUR

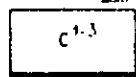
1. Flysch. 2. Breches et conglomérats.



CRETACE SUPERIEUR

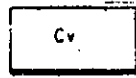
1. Flysch.
2. Marnes et marno-calcaires
3. Conglomérats.

A. P. ARTEN



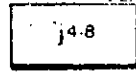
Flysch

NEOGENE



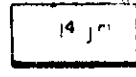
Schistes et conglomérats

CRASSIQUE SUPERIEUR



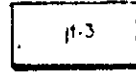
Calcaires et marno-calcaires

BOURSIER Dogger



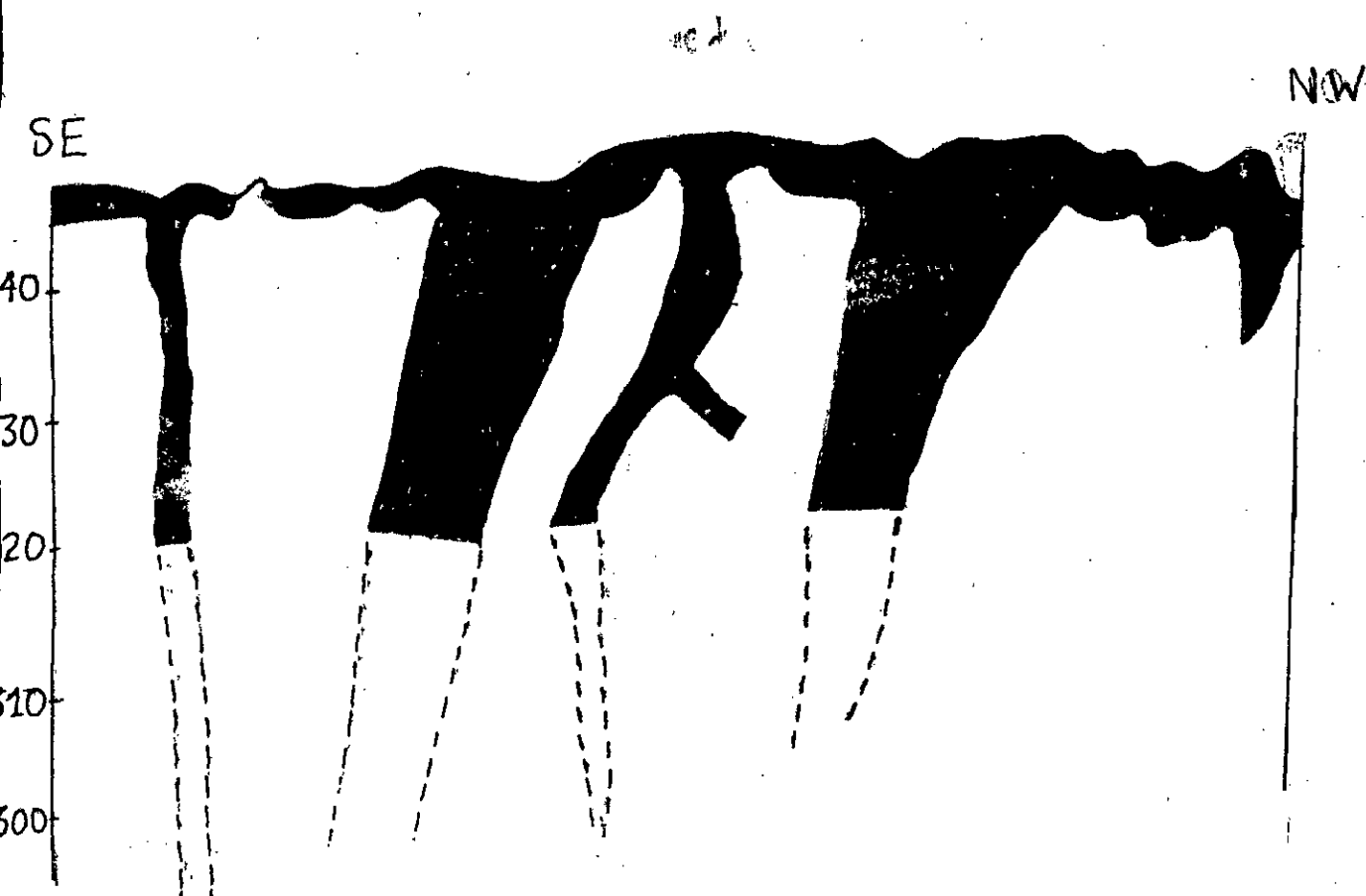
Marnes et marno-calcaires

SUPERIEUR et MOYEN

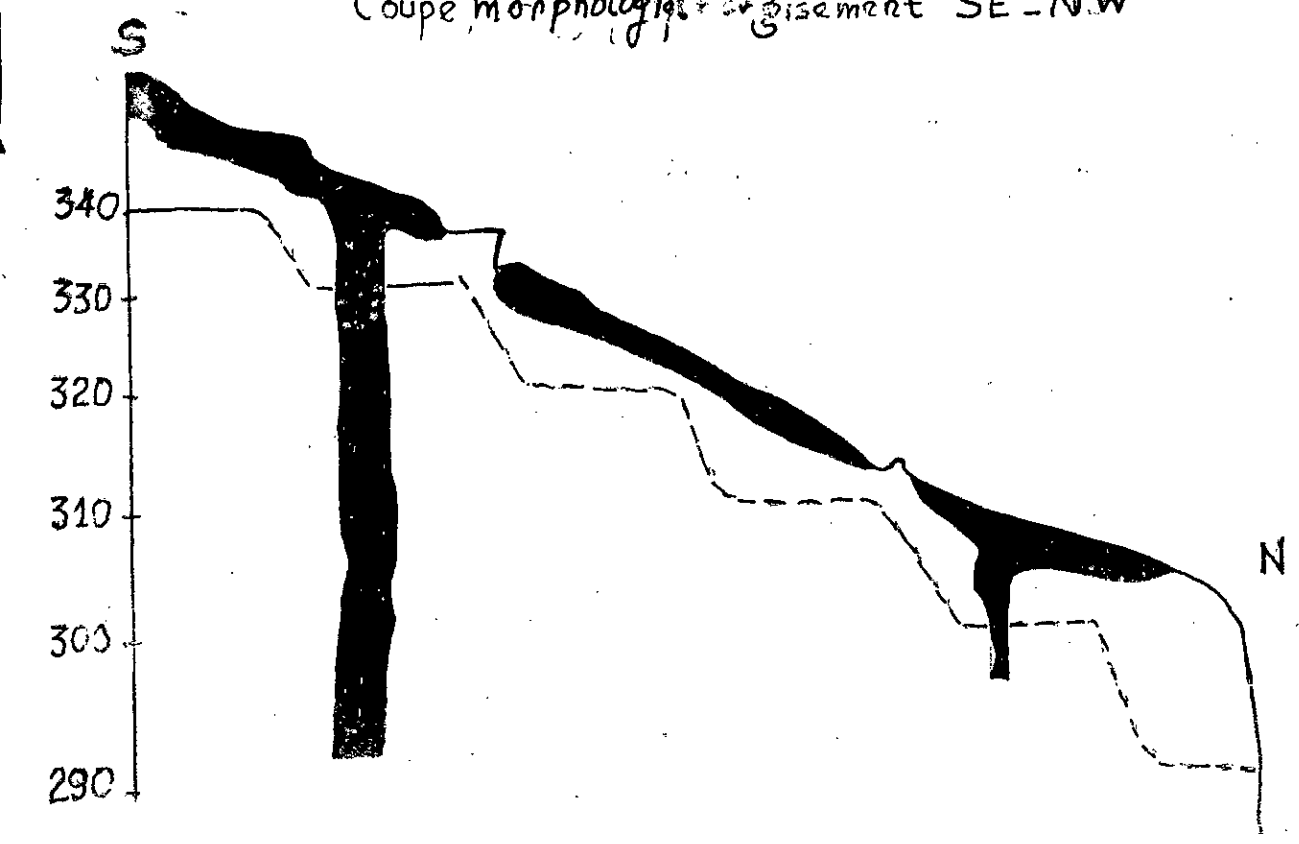


Calcaires et dolomies

fig 2: coupe geologique du gisement d'ADRAROU-FARNOU.



Coupe morphologique et gisement SE-NW



Coupe S-N

E; $\frac{1}{500}$

□ Calcaires
 ■ Argile

Fig 3: coupes morphologique du gisement

Etats des réserves du gisements : (1)

Les réserves du gisement de catégorie C1 définies sont de l'ordre de 27.400.000 tonnes, elles pourront garantir une production annuelle de 500.000 tonnes, avec une extraction d'agrégats de la masse sootue de 65% pendant 30 ans.

II.3. CARACTERISTIQUES PHYSICO-MECANIKUES DU GISEMENT : (1)

- Dureté : la dureté de la roche calcaire varie entre 6 et 8 (échelle de Mohs).

- Résistance à la compression :

à l'état sec elle est de 207 à 1564 Kg /cm².

à l'état humide elle est de 230 à 1225 Kg/cm²

- Poids volumique : varie entre 2,408 et 2,720 t/m³ en moyenne dans le gisement 2,45 t/m³.

- Porosité moyenne : 1,58 %

- Valeur moyenne de la fissurité : 10 %

REMARQUES :

- Les valeurs de la résistance à la compression à l'état sec du calcaire montrent qu'il se rapporte aux roches convenables pour la production d'agrégat de haute qualité.

- Aucune variation n'a été observé en ce qui concerne les propriétés physico-mécaniques que ce soit en direction ou en profondeur.

- Les trois types de calcaire sont les mêmes et ne se différencient pas l'un de l'autre d'après leurs propriétés physico-mécaniques, ce qui confirme l'homogénéité du gisement.

- Les calcaires du gisement ont une composition chimique et des propriétés physico-mécaniques uniformes, ce qui donne l'homogénéité du gisement.

- Il est caractérisé par des fissures de deux types.

a) parallèle à la stratification.

b) perpendiculaire, rempli par des filonnets de calcite de puissance de l'ordre d'1 cm.

- La puissance moyenne du gisement est de 65 m.

- Il est recouvert d'une couche limon sableuse, friable de puissance moyenne de 1,4 m.

- Hydrogéologie du gisement :

Dans les sondages de profondeur on a noté l'absence de nappes souterraines on observe néanmoins sur la surface du gisement la présence de 5 ravins desséchés ce sont des cours d'eaux alimentés seulement pendant la période des pluies.

II.4 - LA METHODE D'EXPLOITATION A CIEL OUVERT DE LA CARRIERE D'ADRAR DU FARNOU

L'exploitation à ciel ouvert consiste à enlever les stériles de recouvrement du gisement à partir du jour. L'ensemble des ouvrages s'appelle carrière, en général une carrière à l'allure d'un cratère dont le profil est en gradins.

Notre carrière est à flanc de côteau, avec un très faible recouvrement superficiel, dont le gisement est à fleur du sol, l'enlèvement des stériles de recouvrement à mince épaisseur est destiné à dégager la substance à exploiter.

La méthode choisie est celle d'exploitation avec transport des déblais et du calcaire par camion. Toutes les couches stériles qui recouvrent la roche utile à exploiter sont enlevées, permettant ainsi un accès facile au calcaire en creusant un vaste cratère à la surface du gisement.

Les déblais sont placés dans des espaces situés en dehors de la carrière (terrils extérieurs). On a été efforcé d'utiliser le relief favorable de la carrière, qui est en flanc de côteau, ce qui fait dans notre cas la mise à terril est très simplifiée.

Les déblais sont déchargés sur le bord supérieur du terril et roulés vers le bas du talus par le Bulldozer, dans un cas, ou lorsque les camions déversent les déblais sur toute la surface du terril, le bulldozer fait l'applanissement de la surface.

L'accès au gisement est en boucle puisque la circulation des camions est croisée sur le gradin, ce dernier n'exige pas de manœuvres compliquées.

Principaux avantages de la Méthode :

- Plus grandes possibilités de la mécanisation des travaux.
- Meilleures conditions de sécurité de travail et d'hygiène.
- Mobilité et manoeuvrabilité des engins facilitées.
- Dépenses d'exploitation optimum.
- Simplicité d'organisation du travail caractérisant fort bien cette méthode.

Principaux inconvénients de la Méthode :

- Dépenses très élevées d'entretien et de réparation des camions et Bulldozers;
- Distance de transport économiquement rationnelle est faible et ne dépasse pas 4 / 6 Km.
- Effets des conditions climatiques.

Rapport de découverte :

C'est un paramètre essentiel d'une exploitation à ciel ouvert : on l'appelle aussi coefficient de recouvrement qui montre la quantité de stérile en m³ à déplacer pour extraire 1 m³ de substance utile.

$$K = \frac{S}{M} : \left[\frac{\text{m}^3}{\text{m}^3} \right]$$

La couche de stérile est tellement mince que le rapport de découverte est négligeable.

Les volumes de stérile de recouvrement ont été déplacés pendant les travaux préparatoires de l'ouverture de la carrière, le rapport de découverte calculé est appelé rapport courant.

- Opérations principales de l'exploitation à ciel ouvert :

On distingue en découverte les opérations suivantes :

- Abattage :
- Chargement
- Transport, transfert et mise à terril.

II.4.1 - ABATTAGE :

Dans notre cas, la roche est plus ou moins dure ($f = 6 / 8$) on utilise deux modes d'abattage :

- l'abattage primaire et secondaire :

a) Abattage primaire :

L'Abattage primaire a pour but la préparation des roches à l'extraction. La qualité de cette dernière pré-détermine en grande partie le rendement des engins miniers la sécurité du travail, et d'une manière générale l'efficacité des travaux à ciel ouvert.

Dans la plupart des cas, la préparation des roches à l'extraction renferme la destruction du massif des roches jusqu'à l'obtention des morceaux de dimensions nécessaires et admissibles pour le travail efficace de tous les complexes d'extraction et de transport.

Dans les carrières actuelles (dans notre cas aussi) on applique largement la méthode de la préparation des roches par les travaux de forage et de tir qui est plus universelle.

Les travaux de forage dans la carrière d'ADRAR ou FARNOU sont exécutés à l'aide d'un unique crawlair, on fait des trous de mine profond de 12 m en général, dans le cas où l'abattage n'est pas efficace, on a recours à des trous inclinés profonds de 6 m au pied du gradin pour accéder à un front de taille voulu. Le diamètre du trou est de 89 mm.

Le CRAWLAIR : est une sondeuse rotative avec un outil à tricône "taillant".

En fonction du coefficient de dureté et l'état actuel de l'engin la sondeuse peut donner le rendement de foration de 120 m/coste.

b) Abattage secondaire :

On a souvent recours à l'abattage secondaire dans le but d'éliminer les roches "hors gabarit" dont les dimensions sont inadmissibles : issues de l'abattage primaire.

Ces travaux sont réalisés à l'aide des marteaux perforateurs. Ce mode d'abattage est destiné à mettre en oeuvre la foration des trous de mine dans les blocs abattus lors du premier abattage : on fore de 1 / 5 trous en fonction de la dimension du bloc, de profondeur < 75 cm.

Le forage d'un trou de mine en utilisant le marteau perforateur pneumatique se réalise dans un temps de 5 mn pour un trou d'une longueur de 50 cm.

On calcule la ligne de moindre résistance W par la formule $W = (35 / 40)d$.

Chargement des trous de mine par l'explosif :

La charge des trous de mine est constituée par des cartouches ou par des explosifs en vrac "poudre". On fait descendre les cartouches dans les trous par leur propre poids "chute libre" en cas de trous verticaux, et à l'aide d'un bourroir, dans le cas des trous inclinés.

A la première cartouche est attaché un cordeau détonnant souple aboutissant à l'orifice du trou, ainsi tous les trous sont liés l'un à l'autre. La probabilité de rater le tir est très faible, mais elle existe.

Le bourrage est fait à la pelle et avec des terres dont on élimine les gros morceaux.

Les cordeaux des trous sont reliés à un cordeau maître et l'allumage est amorcée à l'aide d'une mèche et d'un détonateur. On tire simultanément deux rangées parallèles de trous (fig 4)

Consommation d'explosifs et accessoires pour l'année 1990

(Consommation par m³ abattu (massif)) [1]

Anfomil : 0,311 Kg/m³ avec 06 % de débitage

Marmanite : 0,046 Kg/m³ avec 10% de débitage

Ce qui donne une consommation :

- de 79000 Kg/an d'anfomil.
- de 12000 Kg/an de Marmanite.
- Cordeau détonnant : 30.000 m
- Mèche lente : 400 m
- Détonateur ordinaire : 300 pièces
- Relais détonants : 200 pièces

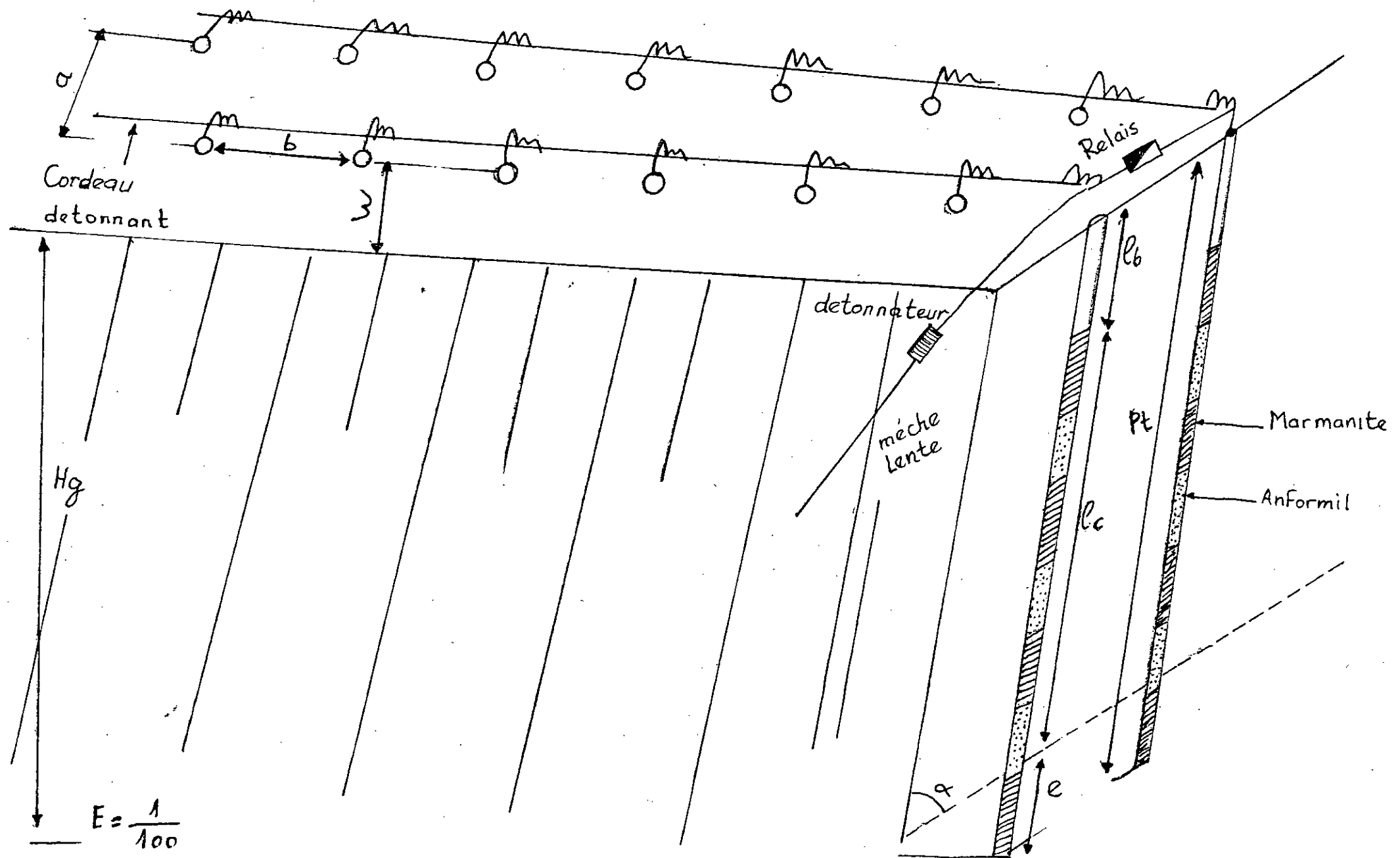


Fig 4 : Schema de chargement des trous de mine

II.4.2 - Chargement :

Les engins de chargement des roches précédemment apportées à l'aide d'explosifs sont énumérés dans le tableau suivant :

ENGINS	CAPACITE DU GODET	ANNEE
POCLAIN HX 300	2 m3	1976
PELLE MECANIQUE PNEUMATIQUE KOMATSU	3 m3	1983
PELLE MECANIQUE A CHENILLE KOMATSU	2 m3	1983

Le temps réel de chargement d'un camion : tch = 4 mn le chargement du minéral ou du stérile est assuré par 3 pelles mécaniques dont 2 travaillent simultanément (1)

II.4.3. TRANSPORT :

Le transport du minéral vers la station de concassage et des stériles vers la zone de formation des terrils est assuré par 4 camions dont 3 travaillent simultanément. Le transport devient de plus en plus difficile et risque de rater les prévisions de production de l'unité, vu l'état des camions PERLINIVETUS.E. En plus le démantèlement est de plus en plus important avec l'éloignement de la carrière par rapport à la station de concassage et des terrils (1), on utilise pour le transport des camions de type :

ENGIN	CAPACITE (TONNES)	ANNEE	NOMBRE
KOMATSU	20	1984	01
PERLINI	20	1976	03

Tableau de chargement des trous de mine

Désignation	Unité	quantité pour 1 rangée	quantité pour 2 rangées
marmante	Kg	6,24	4,16
anfomil	Kg	28	28
rendement par trou	m^3/m^3	90	90
consommation spécifique	$gr\ m^3/m$	380,4	357,3
cordeau (12g)	m	15	15
mèche	m	1	1
longueur de bourrage	m	3,2	3,8

Tableau des paramètres de foration appliqués.

parametres	unité	symbole	valeurs
diametre du trou	mm	\varnothing_{tr}	89
profondeur du trou	m	P_{tr}	12
ligne de moindre resistance	m	W	3.11
distance entre 2 rangées	m	a	3
distance entre 2 trous	m	b	3
excés de trou	m	e	2
angle de foration	degrés	α	$75 \div 80$
rendement par m ³ foré	m ³ /m ³	-	11,5

II.4.4. MOYENS MATERIELS UTILISES DANS L'EXPLOITATION :

- 01 Chariot "GRAWLAIR"
- 02 marteaux Perforateurs
- 02 Chargeuse - 1 pneumatique
- 1 à chenille.
- 01 Bulldozer
- 04 Camions - 03 type T20 PERLINI
- 01 type T20 KOMATSU
- 02 Compresseurs

II.5. PREPARATION MECANIQUE DU MINERAL :

Le minerai est concassé puis classé en différentes classes granulométriques correspondant à différents utilisations (fig.5)

La capacité de la station est de 175 t/h.

La dimension maximale admissible est de 0.9 m les différentes classes obtenues sont : 0/3, 3/8, 8/15, 15/25, 25/40, 40/70. Les catégories 25/40 et 0/40 sont produites sur commande (fig.6).

- Programme d'exploitation 1990.

. Carrière (1).

DESIGNATIONS	TV (TONNES)	MINERAL (TONNES)
OBJECTIF	429.000	383.500

. Station (1)

DESIGNATIONS	0/3	3/8	8/15	15/25	0/40	TOTAL
OBJECTIF (t)	40.300	53.300	104.000	101.400	52.000	351.000

- Alimentation en énergie électrique de la carrière et de la station de concassage :

La carrière est alimentée par une ligne de haute tension 30 KV de fréquence 50 Hz., un transformateur de l'unité abaisse cette tension à 380 V.

Les moteurs de la station de concassage (1er cat. crie) sont alimentés par une tension de 380 V. pour la 2ème catégorie on utilise du 220 V.

Caractéristiques des moteurs utilisés dans la station de concassage (1).

MACHINES	PUISSANCE KW	NOMBRE
ALIMENTATEUR	15	.
CONCASSEUR A MACHOIRE MSN 1070	90	1
CONCASSEUR GYRATOIRE BY 4895	110	1
CONCASSEUR TERTIAIRE CAH 500	40	2
CRIBLE 1 CV 4600	30	1
CRIBLE 2 VK 614	30	1

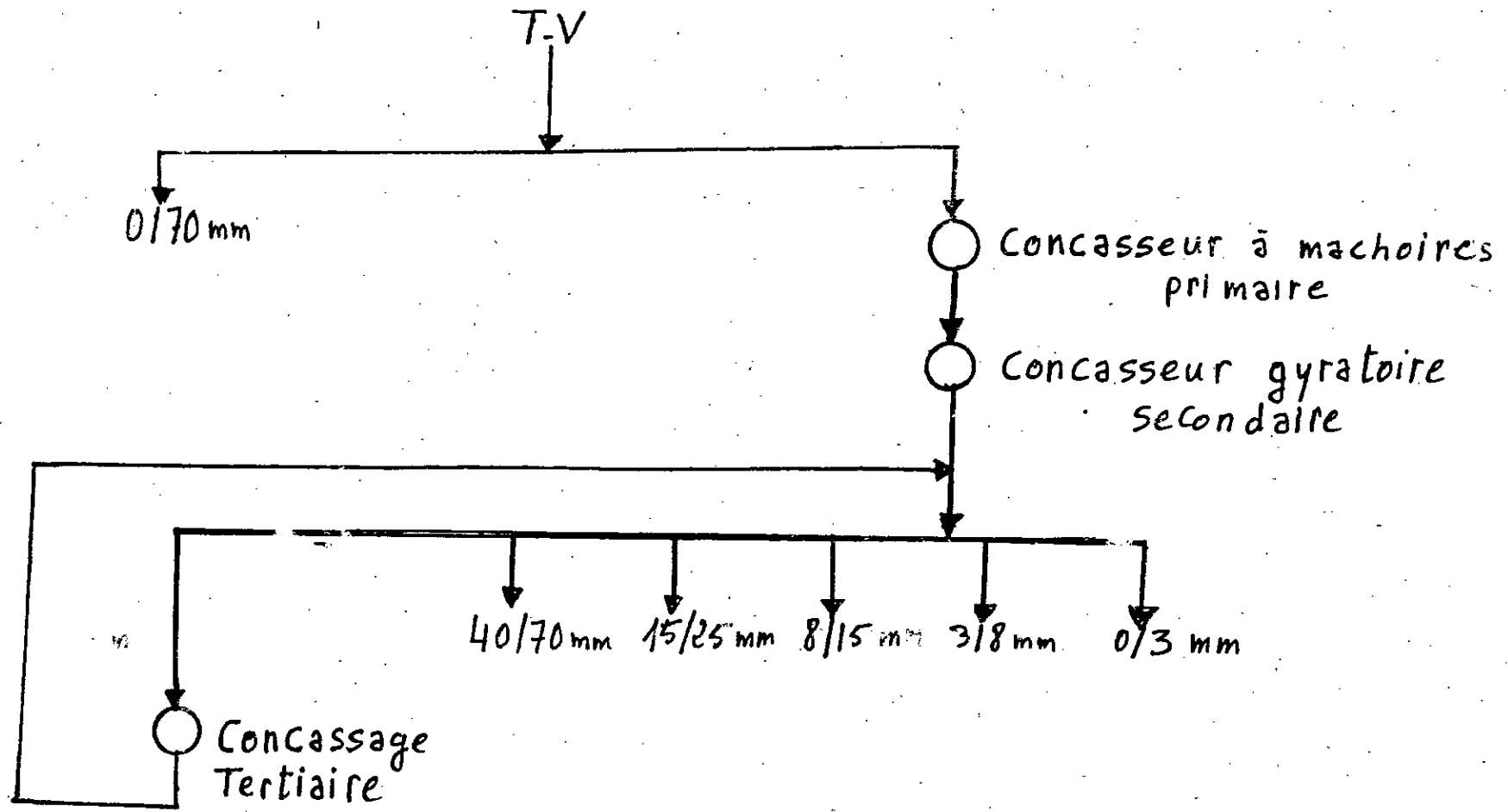
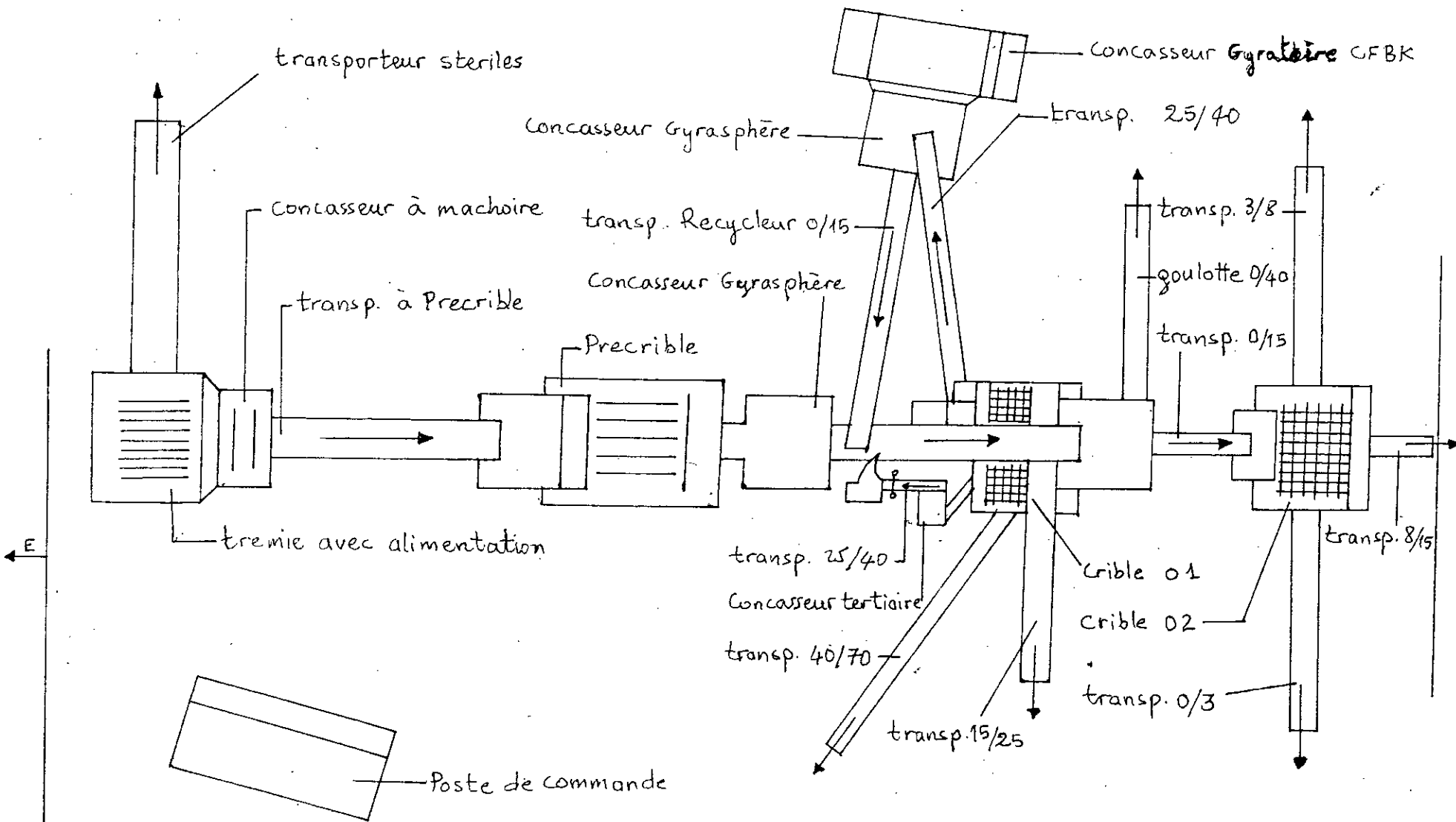


fig 6 : schema lineaire de la station de preparation mecanique



	transfo
--	---------

Fig: 5. Schéma de la station de concassage de la carrière.

II.6. ORGANISATION ET REGIME DE TRAVAIL DE L'UNITE :

L'Unité ENDF D'ADRAR ou FARNOU, se répartie en :

- Une administration
- Carrière
- Station de concassage.

L'Unité a travaillé durant 232 jours en 1990, en 2 postes de 7 heures chacun.

Les effectifs de la carrière sont :

1° POSTE :

- 01 Surveillant carrière
- 01 conducteur de Chariot "CRAWLAIR"
- 01 Aide conducteur de chariot
- 02 foreurs.
- 01 conducteur d'engin de chargement
- 01 conducteur de Bull.
- 04 chauffeurs de camion.

2° POSTE :

- 01 conducteur de chariot "CRAWLAIR"
- 01 Aide conducteur de Chariot
- 01 Conducteur d'engin de chargement
- 03 chauffeurs de camion
- 01 surveillant carrière.

III. Aptitude de la tranche granulométrique 0/3 mm à son utilisation pour l'alimentation du Bétail.

III.1. L'APPORT ALIMENTAIRE DES CARBONATES DE CALCIUM POUR LE VOLAILLE

L'apport alimentaire en calcium joue un rôle fondamental, il doit être maîtrisé d'un triple point de vue : quantité, forme et chronologie.

- QUANTITE DE CALCIUM :

La production quotidienne d'un veuf se traduit par l'exportation de 2,3 g de calcium environ, si l'utilisation digestive moyenne est proche de 50 % la poule doit ingérer 4,6 g de calcium/jour.

Dans les conditions normales la teneur en calcium d'un aliment destiné des poules productrices d'œufs doit toujours être égale ou supérieure à 3,6 %, elle peut atteindre 4 % (fin de ponte) et même 4,1 % si l'ingéré journalier d'aliment est très limité (100 / 105) g.

- FORME D'APPORT DE CALCIUM :

Le calcium est introduit dans la ration alimentaire sous forme de phosphate bicalcique ajouté ou phosphate tricalcique, sous forme de viande finement broyée et surtout sous forme de carbonate de calcium.

Le carbonate de calcium utilisé doit avoir une solubilité totale en milieu faiblement acide (PH = 3 / 4) ce qui n'est pas toujours le cas (marbres en granules particulièrement durs) une granulométrie appropriée pour permettre aux poules de le reconnaître parmi les autres constituants de la ration et de satisfaire leur appétit spécifique avant et au début de la formation de la coquille.

- CHRONOLOGIE DE L'APPORT CALCIQUE :

Dans les conditions nouvelles d'éclairage (14 heures continus/jour), la formation de la coquille débute en moyenne au moment de l'extinction de la lumière, c'est donc dans l'après midi que la poule doit pouvoir ingérer de fortes quantités de calcium.

- LES IMPURETES INDESIRABLES :

Les éléments macifs et contaminants qui sont à éliminer des carbonates de calcium si leur présence dépasse les teneurs prosrites sont les suivants :

- L'arsenic, le plomb, cadmium, Vanadium, chrome et fluor au delà de 0,01 % sont toxiques.
- Le madesium au delà de 0,4 % entraîné une chute de production.
- Il convient de limiter strictement l'apport en chlore à (0,10 / 0,12) % du régime alimentaire.
- Les métaux lourds sont limités à 10 ppm.
- Le lithium à la dose de 300 ppm inhibe en 24 heures toute formation de coquille.
- Le Fe_2O_3 est limité à 1,5 % par l'ONAB.
- Le phosphore doit être limité à un niveau de (0,25 / 0,30) %.

III - 2 - Présentation de l'aliment de bétail utilisé en Algérie .

L'Algérie utilise 100 000/an de carbonate de calcium pour la fabrication des aliments de bétail .

Les carbonates de calcium sont incorporés dans l'aliment sous forme de poudre : puis mélangés avec d'autres produits alimentaires vitaminés au sein des unités ONAB .

Les produits utilisés dans l'aliment de bétail destinés à la volaille sont :

1 Le Maïs et les criblures de blé : représentent plus de 50% des produits incorporés dans l'aliment de bétail .

2 Les tourteaux : les tourteaux qui entrent en moyenne pour plus de 20% dans la composition des aliments complets , sont les résidus de graines oléagineuses obtenues après leur trituration en vue d'extraire l'huile qu'elles contiennent la caractéristique essentielle des tourteaux est de fournir une quantité importante de protéines (de 150 à 450 grammes de matières azotées digestibles par kilo).

3 Les farines animales :

3 - 1 Caractéristiques nutritionnelles des farines animales :

Les farines animales sont des aliments riches en matières azotées de haute valeur biologique , leur incorporation à de faible taux (entre 2 et 10%) dans des aliments complets pour la volaille et pratiquement nécessaire pour équilibrer les apports en acides aminés essentiels .

3 - 2 Les farines de viande et de sang :

Elles sont actuellement pratiquement inutilisées par l'industrie des aliments complets pour la volaille qui leur préfère les farines de poissons .

3 - 3 Les farines de poissons :

Ce sont les seules farines animales actuellement utilisées par l'industrie des aliments en Algérie .

L'industrie des aliments utilise entre 300 et 400 tonnes de farine de poisson à recours pour une part non négligeable de ce tonnage à l'importation .

4 - Les minéraux : La farine de carbonate de calcium est incorporée dans l'aliment avec différentes proportions (voir chapitre III paragraphe III -1), associée aux oxydes de Magnésium de fer, de sodium ,de Manganèse , d'Aluminium.....à des proportions bien déterminées .

Importance relative des produits nutritifs incorporés dans l'aliment de bétail (Source ONAB) .

Produits nutritifs	% Dans la production du produit.
Maïs	38,6
Criblures de blé	26
Issues de meunerie (industrie de blé)	20
Tourteau de soja	5,4
Farines de poissons	5,6
Super concentrés (Issues de différents cereales)	3,7
Farine de luzerne	0,3
Carbonate de calcium .	0,4

Pour l'aliment utilisé dans l'alimentation de la poule pondeuse la formule moyenne qui retient le mieux celles généralement utilisées dans les usines de fabrication d'aliments de bétail en Algérie est la suivante (Source ONAB) .

Produits alimentaires	% dans l'aliment du produit
Mais	30%
Criblures de blé	30%
Tourteau de soja	10%
Issues de meunerie	16%
Farines de Luzerne	2%
Super concentrés	2%
Carbonate de calcium	3%
Farines de poissons	7%

III.3 - EXIGENCES DE L'ONAB :

Qualité et quantité de carbonate de calcium.

Les carbonate de calcium destinés à l'Alimentation du bétail doivent répondre aux exigences de l'ONAB du point de vue :

- teneur en CaCO_3
- Teneur en éléments contaminants et nocifs.
- Granulométrie.

Les normes exigées par l'ONAB sont disposées dans le tableau ci-dessous.

ELEMENTS	TENEUR
CaCO_3	Tmin = 90 % Produit HQ Tmin = 96 %
Fe_2O_3	Tmax = 1.5 % Produit HQ Tmax = 10 %
Métaux lourds	< 10 ppm
Mg	< 0,4 %
Li	< 300 ppm
P	(0,25 / 0,30) %
AD, Pb, V, F, Cr	< 0,01 %

Tmin : Teneur minimum

Tmax : Teneur maximum

HQ : haute qualité.

- Granulométrie = des poudres de - 100 μ sont considérées comme un produit fini. de préférence il faut éviter les fines de - 20 μ en proportion importante + 10 %

III - 4. Analyse granulométrique et chimique du calcaire 0/3 mm d'ADRAR ou FARNOU.

III.4.1. Analyse granulométrique :

Un prélèvement d'un échantillon de 10 Kgs a été effectué au niveau de la station de concassage d'une granulométrie de 0/3 mm représentatif du gisement car ce dernier est homogène (voir chapitre II).

Un tamisage au laboratoire a donné le résultat suivant :

70 % de + 100 μ

30 % de - 100 μ

- On prend une pesée de 1 Kg de la tranche granulométrique - 100 μ ; le résultat du tamisage de cette tranche en trois classes est donné par le tableau I.

III.4.2. ANALYSE CHIMIQUE :

Dans le but de valoriser le calcaire, on a effectué des analyses chimiques sur plusieurs échantillons de différentes granulométries pour déterminer la tranche granulométrique répondant aux exigences de l'ONAB et celle éventuellement trop sollicitées.

Les échantillons analysés comporte les granulométries suivantes :

* + 100 μ broyé à - 100 μ

* - 100 μ + 74 μ

* - 74 μ + 50 μ

* - 50 μ + 20 μ

Pour effectuer ces analyses on a choisi la méthode d'analyse colorimétrique.

Tableau I

Analyse granulométrique du calcaire 0-3 mm broyé à
 -100 μ (1KG) et d'1KG de +100 μ

-100 μ (1KG)			
CLASSE μ	POIDS g		RENDEMENT POIDS %
-100+74	808.3		80.83
-74+50	176.1		17.61
-50+20	6.7		0.67

+100 μ broyé à -20 μ (1KG)			
POIDS g			RENDEMENT POIDS %
73.0			7.3

LA METHODE COLORIMETRIQUE D'ANALYSE CHIMIQUE :

Il n'est pas rare dans la pratique d'analyse de rencontrer des cas où les dosages doivent porter sur des quantités extrêmement faibles de corps "traces" qui se présentent comme des impuretés, contenues dans certains matériaux, le dosage de plomb, d'arsenic, de chrome dans un carbonate de calcium destiné à la volaille est un exemple.

La détermination de quantités aussi faibles d'éléments en recourant aux méthodes habituelles de la gravimétrie ou de la volumétrie, est pratiquement impossible. En effet, pour que leur concentration dans la solution se présente avec une valeur perceptible, les recherches doivent porter sur des prises d'essai très importantes de la substance étudiée dans ce cas là il faut opérer avec les méthodes spéciales d'analyse une de celles-ci est la colorimétrie.

Au cours des dosages colorimétriques la quantité de l'élément (ou de l'ion) à doser est déterminée d'après l'intensité de la coloration de la solution que à la présence de quelque composé colore de cet élément, plus l'intensité est vive plus la concentration en élément de la solution est élevée, et inversement, les concentrations de l'élément envisagées sont aussi égales par conséquent si on rend (en recourant à la dilution) la coloration de la solution étudiée (soumise à l'épreuve) semblable à celle de la solution appelée étalon qui renferme l'élément à doser avec une concentration exactement connue, les concentrations des deux solutions se trouveront par là en égalité. Puisque la proportion dans laquelle une des solutions a dû être diluée est connue, en se basant sur la concentration déjà déterminée de la solution étalon.

Il sera aisé de calculer la concentration cherchée de la solution à étudier (3).

Ainsi habituellement les dosages colorimétriques reviennent à une telle égalisation des colorations de la solution étalon et de celle à étudier. Les résultats de cette analyse sont donnés par le tableau II.

Résultats d'analyses chimiques de calcaire répartie en 2 grandes classes + 100 μ broyé à -100 μ et - 100 μ + 20 μ .

Classe μ éléments %	+ 100 μ broyé à -100 μ	- 100 + 74	- 74 + 50	- 50 + 20
CaCO ₃	90,32	93,44	92,73	95,01
CaO	50,62	52,37	51,97	53,25
MgO	0,25	0,25	0,63	0,50
SiO ₂	3,30	1,86	1,50	1,10
SO ₃ ⁻⁻	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
PAF	40,77	42,00	41,94	41,41
FeO	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Fe ₂ O ₃	1,28	1,44	1,28	1,28
TiO ₂	0,10	0,07	0,07	0,07
Na ₂ O	0,06	< 0,05	< 0,05	< 0,05
P ₂ O ₃	3,36	1,76	1,76	1,76
K ₂ O	0,20	0,08	0,08	0,10
P ₂ O ₅	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
MnO	0,10	0,21	0,16	0,25
Pb	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01

III.4.3. INTERPRETATION DES RESULTATS D'ANALYSES :

En se basant sur les normes exigées par l'ONAB, on peut déduire que les 3 tranches granulométriques (-100 + 74) μ , (-74 + 50) μ et (-50 + 20) μ sont aptes à être utilisées dans l'aliment de détail, mais ce genre de carbonate de calcium n'est pas de très haute qualité puisque:

- La teneur maximum en CaCO_3 est de 95,01 %
- La teneur en SiO_2 est un peu élevée (1,86 %)
- Ainsi que la teneur en Fe_2CO_3 (1,44 %) et Al_2O_3 (1,76 %)

Du point de vue impuretés le calcaire est acceptable car leurs présence est sous forme de traces, avec l'absence de chlore, chrome, fluore, Vanadium...

La teneur d'arsenic est inférieure au seuil de détection de la méthode colorimétrique (< 0,001 %)

Les échantillons + 100 μ broyés à - 100 μ ne peuvent être retenus pour avoir subi un broyage qui augmente le prix de revient du carbonate de calcium sans donner de bon résultats puisque la teneur en CaCO_3 (90,32 %) est faible (mais acceptable) par rapport aux autres tranches granulométriques, et la teneur très élevée en SiO_2 (3,30%) et Al_2O_3 (3,36%).

Dans le but d'enrichir le calcaire (-100 + 20 μ pour obtenir un produit de haute qualité, on a opté alors pour un lavage qui est habituellement utilisé dans les unités de fabrication de carbonate de calcium destiné à l'alimentation du détail.

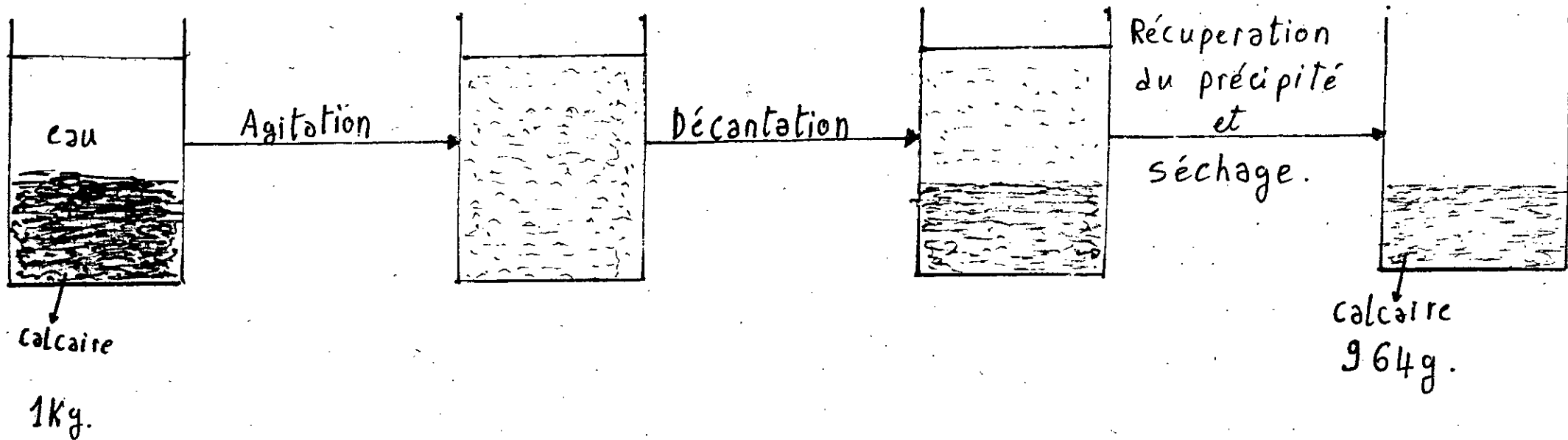
III.5. ENRICHISSEMENT DU CALCAIRE D'ADRAR OU FARNOU PAR LE LAVAGE :

Le lavage a pour but d'éliminer les impuretés et augmenter la teneur en CaCO_3 pour atteindre un produit de carbonate de calcium commercialisable de haute qualité. Pour cela un échantillon de $(- 100 + 20)\mu$ ou 1 Kg a été pris, au laboratoire, puis verser dans un grand bœcher, dans lequel on a versé une quantité d'eau d'environ 1/2 litre, on a laissé la pulpe se décanter pendant 1/2 heure, puis on a déversé la solution pour maintenir le précipité dans le bœcher. Cette opération a été exécuté 3 fois jusqu'à obtenir un précipité de couleur rose clair à blanche.

Le produit a subi un séchage à l'air libre, puis il a été pesé, le résultat final a donné 3,6 g de perte de calcaire soit un rendement en poids de 96,4 % du procédé de lavage.

On résume le procédé de lavage à l'échelle laboratoire par le schéma de la fig. 7 avec le bilan matière du procédé.

L'échantillon a été analysé par la méthode colorimétrique au laboratoire de l'EREM dont les résultats sont présentés par le tableau III.



pertes en calcaire par le Lavage = 3,6g pour un échantillon d'1Kg.
 Rendement poids du procédé de Lavage = 96,4%.

Fig 7: schéma de l'opération de Lavage du calcaire au Laboratoire.

Tableau III

Résultats d'analyses chimiques du calcaire d'une granulométrie (-100+20) μ après LAVAGE.

* ELEMENTS	* % DE L'ELEMENT DANS LE CALCAIRE LAVE	*
* CaCo3	97.65	*
* CaO	54.73	*
* Fe2O3	0.20	*
* Al2O3	0.15	*
* SiO2	0.44	*
* MgO	0.27	*
* MnO	0.04	*
* P2O5	<0.01	*
* TiO2	<0.05	*
* Na2O	0.02	*
* K2O	<0.01	*
* Pb	<0.01	*
* PAF	42.00	*

III.5.1. RESULTATS D'ANALYSE CHIMIQUE DU CALCAIRE APRES LAVAGE ET LEUR INTERPRETATION :

D'après les résultats d'analyse chimique donnés au tableau II, on peut choisir la granulométrie (-100 + 20) μ comme échantillon à enrichir pour obtenir un produit de carbonate de calcium commercialisable, puisque l'étude chimique a montré que les échantillons de granulométrie (-100 + 74) μ , (-74 + 50) μ , (-50 + 20) μ , peuvent être enrichis puis commercialiser comme carbonate de calcium destiné à l'alimentation de la volaille.

Les échantillons (-100 + 20) μ ont subi un lavage puis soumis à l'analyse par la méthode colorimétrique dont les résultats sont résumés dans le tableau III.

Le CaCO_3 a enregistré une nette augmentation en teneur par suite du procédé de lavage des échantillons elle passe à 97.65 %

La teneur en Fe_2O_3 a diminué jusqu'à 0,20 %

La teneur en Al_2O_3 a diminué jusqu'à 0,15 %

La teneur en SiO_2 a diminué pour atteindre 0,44 %

De ces résultats positifs on peut déduire que le procédé de lavage est efficace et peut être utilisé pour obtenir un carbonate de calcium apte à être utilisé dans l'aliment de bétail en particulier pour la volaille. Pour cela on propose un schéma technologique le plus approprié pour l'unité dans le but de valoriser le calcaire 0/3 mm, pour cela on est appelé à définir chaque opération de traitement du minerai 0/3 mm.

III.6. LES OPERATIONS DE TRAITEMENT DE VALORISATION RECOMMANDEES POUR LA TRANCHE GRANULOMETRIQUE 0/3 mm

III.6.1. LE BROUAGE :

C'est l'opération qui permet la réduction du minerai de l'état granuleux à l'état de poudre (< 1 mm) par exemple il y a broyage lors qu'on effectue sur un matériau une opération qui permet d'amener la taille de ses grains de 3 mm à - 100 µ.

C'est ainsi que de nombreuses industries utilisent la technique de broyage ; en cimenteries, il s'agit seulement de développer la surface spécifique de la matière pour faciliter les réactions physico-chimique dans l'industrie alimentaire il s'agit de réduire en poudre les produits, dans la préparation des minerais il s'agit de libérer les minéraux.

CLASSIFICATION DES BROUEURS :

Suivant les forces qu'ils mettent en jeu les broyeurs peuvent être classés en plusieurs catégories :

- 1 - Broyeur agissant par choc ;
- 2 - Broyeur agissant par percussions ;
- 3 - Broyeur agissant par écrasements lent ;
- 4 - Broyeur agissant par écrasements rapide ;

Ce sont les appareils les plus utilisés, constitués par un tambour tournant qui renferme les éléments broyant, leurs construction est robuste et leur débit est élevé, ils conviennent bien aux minerais durs et abrasifs ils peuvent fonctionner à sec ou en humide on distingue principalement :

- Les broyeurs à boulets.
- Les broyeurs à barres.

Constitué d'un cylindre dont la longueur peut atteindre 3 fois le diamètre, ils sont analogues avec la seule différence que les corps broyant sont soit des boulets soit des barres.

III.6.2. LE LAVAGE :

Le procédé de lavage du minéral dans notre cas est indispensable pour obtenir un produit de qualité utilisable dans l'aliment de bétail ; on propose pour cela d'utiliser une "Roue laveuse" de type "R206" constituée d'une goulotte de "L.S." et d'un chassis "SKID", avec un débit en sable de 16 à 25 t/h et un débit en eau de 50 m³/h récupérable à 50 % par l'installation d'une station de traitement des eaux et de recyclage. L'eau de lavage est assurée soit par la canalisation qui alimente la carrière ou par un projet de creusement d'un puits à proximité de la station de traitement d'eau.

Ce procédé est actuellement utilisé à la carrière de KEDARA pour le traitement du sable.

III.6.3. LE SECHAGE ET REFROIDISSEMENT A LIT FLUIDISE :

Le séchage des fines 0/3 mm est réalisé dans un sècheur fluo solide utilisant le principe de la fluidisation.

Après séchage les fines de calcaires sont refroidies dans un refroidisseur FLUO solide utilisant le même principe du lit fluidisé.

La fluidisation est obtenue en maintenant en suspension des particules solides dans un courant gazeux ascendant lorsque la vitesse du courant gazeux est bien choisie, compte tenu de la masse volumique, de la granulométrie, et de la forme des solides, il se forme entre les gaz et les solides une masse turbulente appelée "lit fluidisé" qui à de nombreux égards, se comporte comme un liquide en ébullition. Le mélange intime des gaz et des solides assure des vitesses de transfert de chaleur élevées qui rendent les opérations thermiques, et en particulier le séchage, très efficaces avec une température de 90°C le sable humide est introduit dans le sècheur où il est fluidisé et séché par des gaz chauds obtenus en brûlant le combustible dans un générateur de gaz chauds, les plus grosses particules sont déclarées à la partie inférieure du lit fluidisé, alors que les fines sont emportées par les gaz et captées dans un multicyclone.

La classification du produit est assurée à la sortie du sècheur par des classificateurs selon les granulométries désirées.

Après séchage le produit est admis dans le refroidisseur où il est fluidisé par de l'air ambiant le concertement contient des serpentines à circulation d'eau émergées dans le lit fluidisé qui assurent l'essentiel des friques nécessaires au refroidissement.

*** Performances du FLUO solids :**

- Capacité de production : 26.8 t/h de produit humide de 6 à 7 % d'humidité.
- Humidité à la sortie 0.1 à 0.3 %
- Température du sable : sortie sèche 90°C
- Température du sable : sortie refroidisseurs 35°C
- Puissance totale installée 70 KW

*** Avantages du FLUOSOLIDS :**

- Rendement élevé : en raison du transfert thermique instantané, les gaz sortent à la même température que le produit sèche, le système fonctionnant sans ventilateur, l'humidité des gaz peut être élevée, d'où des besoins d'air et de combustibles moindres.
- Economie des frais d'investissement : la capacité unitaire étant élevée, le faible encombrement réduit les frais de construction.

Les installations extérieures sont classiques :

- Contrôle précis du produit : grâce aux conditions uniformes du lit fluide et du contrôle complet.
- Entretien : moins d'entretien car il n'y a pas de parties en mouvement en contact avec des gaz chauds chargés de poussières.
- Classification des fines selon la granulométrie voulue le sachoïr peut effectuer en même temps une classification précise d'où deux opérateurs en une seule unité.
- Ce système est actuellement très utilisé, en Algérie il est utilisé à la carrière de Djebel Onk pour le traitement du phosphate.

III.6.4. L'ENSACHAGE DU PRODUIT :

La mise en sacs en papier de 50 kg du produit de CaCO_3 est assurée par une ensacheuse peseuse, dont les performances sont les suivantes :

- Alimentation par gravité à deux débits :
- Contrôle des pesées sur l'appareil lui-même :
- Serre-sac pneumatique sur b. uche Anoise
- Cadence maximale : 400 sacs/H
- Possibilité de fonctionnement entièrement manuel en cas de panne d'air comprimé, par accroche sac mécanique.

III.7. Etude économique préliminaire de variantes permettant d'accéder à la Commercialisation du calcaire 0/3 mm

III.7.1. VARIANTE 1 :

Le schéma technologique de la variante 1 est présenté par la fig. 6, il comprend :

- Un classificateur pneumatique qui sépare le calcaire 0/3 mm en deux classe granulométrique - 100 μ et + 100 μ avec un débit de 26 t/h.
- Un broyeur à barres dont le débit en calcaire est de 26 t/h, travaillant à sec.
- Une roue laveuse de type "R 206" avec un débit de 25 t/h en calcaire de granulométrie - 100 μ
- Un FLUID-SOLIDS pour séchage du produit avec un débit en calcaire de 26,5 t/h.
- Enfin une ensacheuse pesée, pour la mise en sacs de papier de 50 Kg du produit carbonate de calcium de (- 100 + 20) μ , la tranche granulométrique - 20 μ peut être utilisé dans le béton comme sable.

III.7.1.1. ETUDE ECONOMIQUE PRELIMINAIRE :

Le prix de revient réel du minerai est donné par la carrière et il est de 62 DA/t

Dans le but de déterminer le prix de revient prévisionnel du schéma technologique de la variante 1 qui porte sur le produit 0/3 mm, une évaluation des coûts d'investissements a été faite, en tenant compte des équipements complémentaires de chaque opération de traitement du calcaire 0/3 mm.

1 - CAPACITE DE PRODUCTION :

- L'alimentation en 0/3 mm est de 40.300 t/an.
- Les pertes dans le procédé de broyage sont estimées à 4 t/an.
- A la sortie du broyeur on a 40.296 t/an de fines - 100 μ .
- Les pertes dans le procédé de lavage sont estimées à 5% pour la granulométrie - 100 μ , donc à la sortie de la roue laveuse on a une production de carbonate de calcium de 38.281,2 t/an, sachant qu'au laboratoire les pertes du procédé de lavage étaient de 3,6 % on a pris 5 % dans le cas industriel du traitement du minerai (- 100) μ .
- Les pertes dans le procédé de séchage pour la granulométrie - 100 μ sont estimées par le constructeur DORR-OLIVIER à 3 %, donc à la sortie du Fluo-solids on a une production de 37.132,7 t/an.
- Au laboratoire le broyage a donné 7,3 % de calcaire. -20 μ . à l'échelle industrielle on considère que le classificateur donne seulement 5% au maximum, puisque le broyage à l'échelle industrielle avec un débit de 26 t/h à un rendement en fines de - 20 μ plus faible qu'au laboratoire en utilisant une pulvérisette d'un débit de 300 g/h.
- Donc à la fin du processus de la variante 1 on a une production de 35.276,0 t/an de carbonate de calcium destinés à l'alimentation du détail.
- L'unité a travaillé durant l'année 1990 à 232 jours /an.
- Le nombre de poste proposé pour la fabrication de carbonate de calcium est de 1 poste de 8 heures.
- La production est alors : $35.276 / 232 \times 8 = 19.00$ t/h.
- On a une production de 380 sacs/h de carbonate de calcium (1 sac = 50 Kgs.)

2 - Estimation des investissements : Equipements :

- Classificateur pneumatique	:	100.000 DA
- Broveur plus frais d'installation	:	1.000.000 DA
- Unité de traitement des eaux	:	80.000 DA
- Roue laveuse plus frais d'installation	:	685.000 DA
- Fluo-Solids plus frais d'installation	:	800.000 DA
- Ensacheuse peseuse	:	512.000 DA
- Total des investissements	:	3.177.000 DA

Total des investissement par tonne de production : It

$$It = \frac{3.177.000}{35.276} = 90,06 \text{ DA/t}$$

$$It = 90,06 \text{ DA/t}$$

3 - LES FRAIS D'AMORTISSEMENT :

Il est indispensable de mettre en réserve chaque année les somme nécessaires au renouvellement du matériel et des installations, compte-tenu de l'installation de matériel robuste et de grande résistance, la durée d'amortissement prévue est de 8 ans soit pour un investissement de 3.177.000 DA une annuité d'amortissement de 397.125 DA/an.

Soit un amortissement par tonne de production de :

$$At = \frac{397.125}{35.276} = 11,25 \text{ DA/t}$$

$$At = 11,25 \text{ DA/t}$$

4 - LES SALAIRES :

On propose d'utiliser 10 ouvriers, 2 pour chaque opération de traitement du schéma technologique de la variante 1 avec un salaire de 10.000 DA/mois pour chaque ouvrier.

Les frais de salaire : $F_s = 1.200.000$ DA/an.

Les frais de salaire par tonne de production : F_{st} .

$$F_{st} = \frac{1.200.000}{35.276} = 34,01 \text{ DA/t}$$

$$F_{st} = 34,01 \text{ DA/t.}$$

5 - LES CONSOMMABLES :

- Électricité : le coût estimatif de l'énergie électrique consommée serait de l'ordre de 2 DA/t, valeur tirée d'une étude analogique (8)

- Eaux : l'utilisation de l'eau est indispensable pour le procédé de lavage, avec l'unité de traitement d'eau cela nous permet de récupérer 50 % de la consommation en eau, on estime la consommation d'eau à 3 DA/t, valeur tirée à une analyse analogique à l'unité de KEDARA.

- Frais d'ensachage du produit dans des sacs de papier de 50 kg : l'ensachage est réalisé au rythme de 380 sacs/h, donc la consommation annuelle en sacs est de 705.280 sacs/an.

- Soit : 705.280 DA/an pour 1 DA le sac de 50 Kg en papier, donc un taux de 20 DA /t.

6 - Frais divers : Entretien, lubrifiant,....

On peut estimé ces frais à 1 DA/t.

Le prix de revient du carbonate de calcium produit par la chaîne technologique de la variante 1 est :

$$PR = 62 + 1 + F_{st} + 2 + 3 + At + 1 + 20.$$

$PR = 223,32 \text{ DA/t}$

CaCO₃ (-100+20)μ
Teneur = 93,32%

0,3 mm 40300 t/an

CLASSIFICATION

+100μ

-100μ

BROYAGE

-100μ

-100μ

CaCO₃ (-100+20)μ
Teneur = 97,65%

LAVAGE

SECHAGE

(-100+20)μ

ENSACHAGE

SABL

Production = 1856,6 t/an

CARBONATE DE CALCIUM

Teneur en CaCO₃ du produit = 97,65%
Production = 35276 t/an

Fig 8 : schema technologique de la Variante 1

III.7.2. VARIANTE 2 :

III.7.2.1. Possibilités d'emploi des sables issus de roches calcaires dans le béton :

Une étude a été réalisée au laboratoire central de Ponts et chaussées de FRANCE pour déterminer les normes exigées pour l'utilisation du sable issu de Roches calcaires dans les bétons. Le résumé de cette étude concernant les normes exigées sont présentées par le tableau V (10).

Le concassage des roches calcaires dans la carrière d'ADRAR ou FARNOU donne un produit d'une granulométrie de 0/3 mm, qui est actuellement inexploité dans l'industrie du béton, il était donc intéressant d'examiner l'aptitude des sables 0/3 mm et surtout des fines - 3 mm + 0.1 mm de la carrière pour leur utilisation dans le béton.

Le tableau IV présente un résumé des études physico-mécaniques et chimiques qui ont été effectuées sur des échantillons de calcaire de la carrière.

La comparaison des résultats des deux tableaux IV et V, c'est-à-dire la comparaison du sable de la carrière d'ADRAR ou FARNOU et celui retenu comme témoin par le laboratoire Français, montre que le seul point négatif est la teneur en argile du calcaire d'ADRAR ou FARNOU qu'il faut éliminer par le procédé de lavage déjà envisagé pour le traitement du sable 0/3 mm.

Tableau IV

Propriétés physico-mécanique du calcaire
d'ADRAR ou-FARNOU [1]

Resistance à la Compression	$(207 \div 1584) \text{ Kg/cm}^2$
Porosité moyenne	1,58 %
Taux moyen des argiles	$> 10 \%$
dureté	$f = 6 \div 8$

Tableau V

Propriétés physico-mécanique du calcaire témoin
utilisé comme sable dans le béton par le laboratoire
des ponts et chaussées de FRANCE [10].

Resistance à la Compression	$(100 \div 1240) \text{ kg/cm}^2$
Porosité	$(0,5 \div 30) \%$
Taux moyen des argiles	$\leq 1,0 \%$
dureté	$f \geq 5$

III.7.2.2. - ETUDE ECONOMIQUE PRELIMINAIRE :

On propose dans cette variante d'éliminer le procédé de brouyage qui a une grande influence sur le prix de revient total du carbonate de calcium, surtout que le sable - 3 mm + 0,1 mm s'avère utilisable dans l'industrie du béton, puisqu'il va subir un lavage qui élimine les argiles présent dans le calcaire.

La chaîne technologique de cette variante est donnée par la fig. 9, elle comprend :

- Une roue laveuse ;
- Un sécheur Fluo-Solids.
- Une ensacheuse peseuse pour le carbonate de calcium.

Le classificateur du Fluo-solids donne 3 tranches granulométriques :

- (- 3 + 0,1) mm sable pour béton ;
- (-100 + 20) μ Carbonate de calcium : destiné à l'industrie de l'aliment de détail après ensachage dans des sacs de 50 Kgs.
- -20 μ on peut aussi utiliser cette granulométrie dans l'industrie du béton.

1 - CAPACITE DE PRODUCTION :

- L'alimentation en 0/3 mm est de 40300 t/an.
- Les pertes dans le procédé de lavage sont estimées à 5 % donc à la sortie de la roue laveuse on a une production de 38285 t/an.
- Les pertes dans le procédé de séchage sont estimées à 3 % au maximum, cette valeur peut être diminuée puisque la granulométrie du calcaire est relativement élevée (0/3 mm) par rapport à la variante 1 qui était de - 100 μ .
- La production du procédé de séchage est alors de l'ordre de 37136,4 t/an.
- Le calcaire 0/3 mm est constitué de :
 - . 70 % de + 100 μ

. 30 % de - 100 μ dont 0,89 % de - 20 μ donc la production de sable pour béton sera de : 26.325,99 t/an.

La production de carbonate de calcium pour l'alimentation du bétail sera de : 10.810,41 t/an

- La production annuels :

. Sable : 26.325,99 t/an.

. Carbonate de calcium : 10810,41 t/an.

2 - ESTIMATION DES INVESTISSEMENTS :

- Roue laveuse plus frais d'installation	:	585.000 DA
- Unité de traitement des eaux	:	80.000 DA
- Fluo-Solids plus frais d'installation	:	800.000 DA
- Ensacheuse peseuse	:	512.000 DA
TOTAL DES INVESTISSEMENTS.....	:	2.077.000 DA

Total des investissements par tonne de minerai : It.

$$It = \frac{2.077.000}{37.136,4} = 55,92 \text{ DA/t}$$

$$It = \underline{55,92 \text{ DA/t}}$$

3 - LES FRAIS D'AMORTISSEMENT :

La durée d'amortissement est de 8 ans, pour un investissement de 2.077.000 DA.

Donc l'amortissement annuel est de : 259.625 DA/an

Soit un amortissement par tonne de production de $At = \frac{259.625}{37.136,4} = 7 \text{ DA/t}$

$$At = \underline{7 \text{ DA/t}}$$

4 - LES CONSOMMABLES :

- Électricité : comme dans la variante 1 on prend 2 DA/t.

- Eau : même chiffre que celui de la variante 1 3 DA/t.

5 - LES SALAIRES :

On propose d'utiliser 8 ouvriers avec un salaire de 10.000 DA/mois.

Les frais de salaire : $F_s = 960.000$ DA/an

Les frais de salaire par tonne de minerai: F_{st}

$$F_{st} = \frac{960.000}{37136.4} = 25.85 \text{ DA/t}$$

$$F_{st} = 25.85 \text{ DA/t}$$

6 - Les frais d'ensachage du produit - 100 μ destinés à l'alimentation du bétail.

L'ensachage du produit (- 100 + 20) μ dans des sacs de 50 Kg est réalisé pour 216.209 sacs/an soit : 216.209 DA/an.

Donc une consommation par tonne de minerai de 20 DA/t pour le carbonate de calcium.

Le sable étant produit en vrac.

7 - Frais divers : Entretien, lubrifiant, ... 1 DA/t

Le prix de revient prévisionnel du carbonate de calcium est :

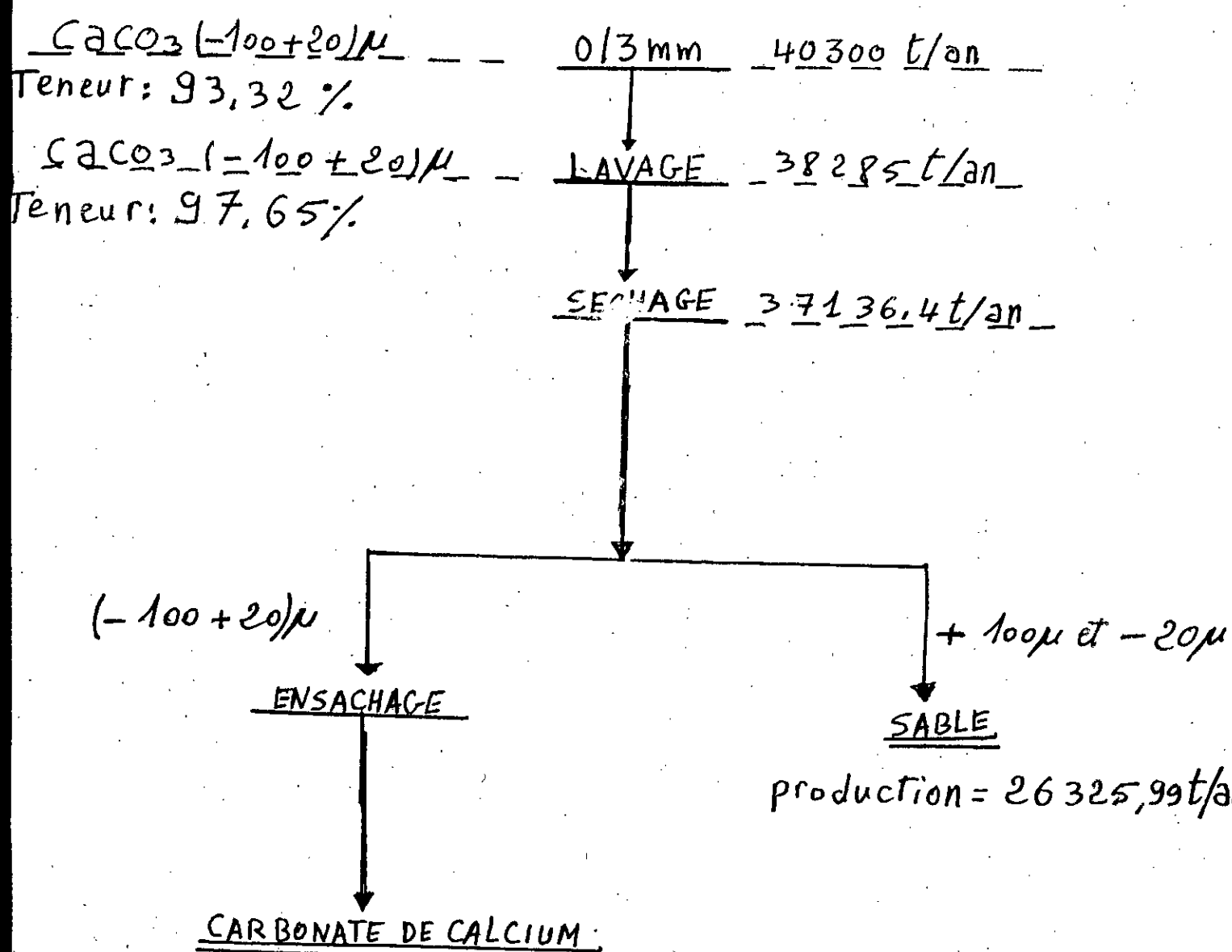
$$PR_c = 62 + I_t + F_{st} + 2 + 3 + A_t + 1 + 20$$

$$PR_c = 176,77 \text{ DA/t}$$

Le prix de revient prévisionnel du sable est :

$$PR_s = 62 + I_t + F_{st} + 2 + 3 + A_t + 1$$

$$PR_s = 156,77 \text{ DA/t}$$



Teneur en CaCO_3 du produit = 97,65%
 Production = 10810,41 t/an.

fig 2: schema technologique de la Variante 2.

III.8. COMPARAISON DES RESULTATS DE L'ETUDE ECONOMIQUE PRELIMINAIRE DES DEUX VARIANTES :

Le carbonate de calcium est actuellement commercialisé à 550 DA/t. La production de la carrière d'ADRAR ou FARNOU peut assurer l'alimentation de l'unité DNAB d'EL-KSEUR située à 16 kms de la ville de Béjaïa.

Tandis que le prix de vente du calcaire comme granulats est de 160 DA/t.

Le prix de vente du sable pour béton est de 200 DA/t. La variante 1 proposée donne un produit fini d'un prix de revient de 223,32 DA/t.

Si la carrière met en vente ce produit à 500 DA/t dans le but de la concurrence commerciale, elle peut réaliser un bénéfice annuel de :

$$\text{Bénéfice annuel brut} = (PV - PR) \cdot Q$$

PV : Prix de vente DA/t

PR : Prix de revient DA/t

Q : Production annuelle : tonne (t)

$$\text{Bénéfice annuel brut} = (500 - 223,32) \cdot 35276$$

$$\text{Bénéfice annuel brut} = 9.760.163,7 \text{ DA/an.}$$

La variante 2 proposée donne la production :

- de sable de 26325,99 t/an destiné à l'industrie du béton avec un prix de revient de 156,77 DA/t.

- de carbonate de calcium de 10810,41 t/an destiné à l'alimentation du bétail, avec un prix de revient de 176,77 DA/t.

Le sable obtenu étant de haute qualité pour le béton, peut être vendu à un prix de vente $PVs = 200 \text{ DA/t}$ dans ce cas la production du sable réalise un :

$$\text{Bénéfice annuel brut} = (PVs - PRs) Qs.$$

PVs : Prix de vente du sable DA/t

PRs : Prix de revient du sable DA/t

Qs : Production du sable par an : tonne (t)

$$\text{Le bénéfice annuel brut pour le sable} = 1.138.072,5 \text{ DA/an}$$

Le carbonate de calcium obtenu par la variante 2 peut être vendu à un prix de vente $PVc = 500 \text{ DA/t}$.

$$\text{Bénéfice annuel brut du carbonate de calcium est } (PVc - PRc) Qc.$$

PVc = Prix de vente de CaCO_3 DA/t

PRc = Prix de revient du CaCO_3 DA/t.

Qc = Production annuelle de CaCO_3 : tonne (t).

$$\text{Bénéfice annuel brut} = (500 - 176,77) 10.810,41$$

$$\text{Bénéfice annuel brut} = 3.494.248,8 \text{ DA/an.}$$

Le bénéfice brut total réalisé par la variante 2 est :

$$= 4.632.321,3 \text{ DA/an.}$$

En guise de conclusion à cette étude économique des deux variantes, on remarque que la variante 1 réalise un bénéfice annuel brut de plus de 9,5 millions de dinars par an, tandis que la variante 2 réalise un bénéfice annuel brut de plus de 4,5 millions de dinars. De ces résultats on propose d'utiliser la variante 1, qui nous permet en plus de réaliser un bénéfice annuel brut de 9,5 millions de dinars pour la carrière, de commercialiser les fines 0/3 mm qui sont actuellement considérées comme stérile puisque le calcaire 0/3 mm n'est pas utilisable dans le béton à cause de la teneur en araille très élevée (+ 10 %) considérée comme impuretés à éliminer.

Tableau de Comparaison des résultats de l'étude économique préliminaire des deux variantes:

	VARIANTE 1	VARIANTE 2
Frais d'investissement:	90,06 DA/t	55,92 DA/t
Frais d'amortissement:	11,25 DA/t	7,00 DA/t
Frais des salaires	34,01 DA/t	25,75 DA/t
Frais des consommables	25,00 DA/t	25,00 DA/t
Frais divers	1,00 DA/t	1,00 DA/t
Production de CaCO_3	35276,00 t/an	10810,41 t/an
Prix de revient prévisionnel du CaCO_3	223,32 DA/t	176,77 DA/t
Production de sable	1856,60 t/an	26325,99 t/an
Prix de revient prévisionnel du sable	203,32 DA/t	156,77 DA/t
Bénéfice annuel brut	9760163,70 DA/an	4632321,30 DA/an

CONCLUSION GENERALE

Dans le but de valoriser et de commercialiser le calcaire de granulométrie 0/3 mm dont la production annuelle est de 40.300 t/an, actuellement considéré comme stérile au sein de la carrière d'ADRAR OU FARNOU de Béjaia à cause de la présence d'argile qui pénalise le calcaire pour son utilisation comme sable dans le béton, on s'est proposé d'étudier alors, Les possibilités de valoriser cette tranche granulométrique.

Une variante dont le schéma technologique comprend un broyage - un lavage - un séchage - et un ensachage du produit fini a répondu aux exigences normatives du carbonate de calcium destiné à l'alimentation du bétail.

L'approvisionnement de l'unité ONAB d'El-Kseur située à 16 Kms au sud de la ville de Béjaia en carbonate de calcium peut donc être assuré par l'unité d'ADRAR ou FARNOU de Béjaia, et même fournir son produit aux éleveurs et utilisateurs de la région proche.

Les estimations des coûts relatifs à une faisabilité préliminaire laisse espérer une rentabilité annuelle positive de 9.76 millions de dinars.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) Rapport d'aide mémoire de la carrière d'ADRAR ou FARNOU de Béjaïa
1990
- (2) Chimie analytique quantitative tome I et Tome II
G - CHARLOT
MASSON ET CIE PARIS 1974
- (3) Reproduction des volailles et production d'oeufs
BERNARD - SAUVEUR
INRA PARIS 1988
- (4) Séminaire : qualité des granulats
SAYAH ALGER 1992
- (5) Dictionnaire de géologie
R.FOUCAULT ET J.RADULT
MASSON PARIS 2eme EDITION 1984
- (6) Exploitation des carrières
V. KOVALENKO
OPD ALGER 1986
- (7) Cours d'exploitation des carrières
M.AELID BACHAR
ENP ALGER 1990
- (8) Granulats
J-ARQUIE ET C-TOURNEQUE
PRESSE DE L'ENPC ALGER 1990
- (9) Cours d'économie minière
AIT-YAHYSEN
ENP - ALGER 1991 - 1992
- (10) Industrie minière - Mine et carrières.
Revue de la société de l'industrie minière Février 1988.
- (11) Les roches.
ANDRE CAILLEUX
Presses Universitaires de FRANCE PARIS 1965.
- (12) Cours de mineralurgie:
ZIBOUCHE
ENP ALGER 1990.

