

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de
La Recherche Scientifique



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
Ecole Nationale Polytechnique

**Ecole Nationale Supérieure Polytechnique
Département de Génie Minier**

Mémoire de projet de fin d'études d'ingénieur

Thème :

**Essais d'amélioration de l'indice de blancheur du minerai de
carbonate de calcium du gisement
d'EL-Khroub**

Présenté par :

Thaibaoui

Khalil

Dirigé par :

Mr. OULD HAMOU Malek

Promotion : juin 2009

Remerciements

Ce travail a été possible grâce à la collaboration de l'Entreprise Nationale des Granulats (ENG) et à l'aide accordée mes promoteurs .

Je tiens particulièrement à remercier :

- Mon promoteur Mr Malek OULD HAMOU , pour son suivi et ses conseils .
- Mr Abdel-Hafid SAADA .
- Tous ceux qui ont contribué à ma formation, à savoir les enseignants du département Génie Minier.
- La direction et le personnel de l'Entreprise Nationale des Granulats (ENG) :
 - Mr. le P.D.G : Mohamed Sayah
 - Mr BENCHAOUI,directeur de l'unité de carbonate de calcium à EL-Khroub
- Le président et les membres du jury , qui ont accepté de juger ce travail.

Dédicaces

❖ A mes très chers parents,

❖ A mon frère et ma sœur,

❖ A tous mes ami(e)s ,

Je dédie ce travail.

Khalil Thaibaoui

ملخص:

في أطار هذا المشروع لجانا إلى تحسين نوعية فحمات الكلسيوم وذلك برفع درجة بياضه .
ولهذا الغرض استخدمنا:
التحليل الفيزيائي و هذا بمزج فحمات الكلسيوم مع لكلس القادمة من وحدة خاصة.
النتائج المحصل عليها فيما يخص تطوير البياض كانت حسنة, بينما ثابت المنتج لم يكن مستقر.

كلمات المفتاح: فحمات الكلسيوم, درجة البياض, المتغيرين و , التحليل الفيزيائي

Résumé:

Dans le cadre de ce projet, nous avons essayé à la demande de l' ENG, d'améliorer la qualité de l'indice de blancheur du carbonate de calcium.

Nous avons utilisé :

- Le traitement physique (homogénéisation), en mélangeant les carbonates de l'unité elle-même avec les calcaires provenant d'un site privé, tout en manipulant les facteurs a et b de l'espace couleur.

Au vu des résultats obtenus, l'amélioration de la blancheur était satisfaisante , mais pour la constance du produit , elle n'est pas fixe et nous donne des variances de blancheur.

Les mots clés : Carbonate de Calcium, indice de blancheur, facteurs a et b, traitement physique.

Summary:

In the framework of this project ,we have tried at the ENG request ,to improve the quality of the whiteness index of the calcium carbonate. We have used the physical treatment (homogenization) by mixing the carbonates of the unit itself, with the limestones coming from a private site, and by handling the a and b factors of the color gap.

Based on the obtained results, we can consider that the improvement of the whiteness was satisfactory, but concerning the constancy of the product we had a non fixed one which, therefore gives us some whiteness differences.

Key- words: calcium carbonate, whiteness index , a and b factors , physical treatment

TABLE DES MATIERES

| | |
|---|----|
| Introduction Générale | 1 |
| PARTIE I : PARTIE THEORIQUE | |
| CHAPITRE I : GENERALITES SUR LE CARBONATE DE CALCIUM | |
| I .Carbonate de Calcium..... | 2 |
| 1.Définition..... | 2 |
| 2.Etat naturel..... | 3 |
| 3.Spécificités du Carbonate de Calcium..... | 3 |
| II .Contexte géologique..... | 5 |
| III .Propriétés et Utilisation..... | 7 |
| 1.Propriétés | 7 |
| 2.Utilisation..... | 8 |
| 2.1.Fabrication du papier..... | 9 |
| 2.2.Utilisation dans les plastiques et les caoutchoucs..... | 10 |
| 2.3.Utilisation dans les peintures..... | 12 |
| 2.4.Utilisation dans les mastics, les enduits et les adhésifs..... | 13 |
| 2.5.Utilisation dans les pharmacies et les cosmétiques | 14 |
| IV .Production de Calcaire..... | 15 |
| CHAPITRE II : IMPORTANCE DU CARBONATE DE CALCIUM POUR | |
| L'ENTREPRISE (ENG) | |
| I .Place et importance du carbonate de calcium pour l'entreprise ENG..... | 16 |
| II .Problématique | 17 |
| III .Procédé de production actuelle | 18 |
| IV .Caractéristiques des équipements utilisés | 20 |
| V .Les produits..... | 23 |
| VI. Identification du minerai du gisement d'El-Khroub..... | 26 |
| 1.Caractéristiques Physiques et physico- mécaniques..... | 26 |
| 2.Caractéristiques pétrographiques | 26 |
| 3.Les réserves en carbonate de calcium..... | 26 |
| 4.Analyse minéralogique..... | 27 |
| 5.Analyse chimique du tout- venant..... | 27 |

| | |
|--|-----------|
| 6. Analyse granulométrique..... | 28 |
| 7. Analyse granulochimique..... | 31 |
| VI .Géologie du gisement..... | 32 |
| 1. Situation géographique..... | 32 |
| 2. Aperçu géologique..... | 33 |
| 3. Géomorphologie..... | 33 |
| 4. Hydrographie..... | 34 |
| 5. Genèse..... | 34 |
| 6. Cadre litho-stratigraphique..... | 34 |
| 7. Tectonique..... | 35 |
| VII .Service Commercial..... | 38 |
| PARTIE II : PARTIE PRATIQUE | |
| CHAPITRE III : INDICE DE BLANCHEUR | |
| I .Définition et mesure de la blancheur..... | 39 |
| II .Les paramètres influents sur la blancheur..... | 40 |
| III .Systèmes de couleur..... | 41 |
| 1. Système de couleur XYZ..... | 43 |
| 2. système de couleur Y x y..... | 43 |
| 3. Système de couleur L*a*b..... | 45 |
| 4.1. Système de couleur L*C*H..... | 47 |
| 4.2. mesure d'écart de couleur..... | 48 |
| 5. Système de couleur hunter L ab..... | 49 |
| CHAPITRE IV : AMELIORATION DE LA BLANCHEUR PAR TITRAGE PHYSIQUE | |
| I .Manipulation des facteurs a et b de l'espace couleur L*a*b en mélangeant différents calcaires | |
| 1. Introduction..... | 51 |
| 2. Procédure de mélange des calcaires..... | 51 |
| II .Echantillonnage..... | 54 |
| III .Interprétation des résultats..... | 62 |
| CONCLUSION GENERALE..... | 63 |
| ANNEXES | |
| Annexe1 : ALCAL UF5..... | 64 |
| Annexe2 : ALCAL F15..... | 65 |

| | |
|--|-----------|
| Annexe3 : ALCAL F20..... | 66 |
| Annexe 4 : ALCAL F50..... | 67 |
| Annexe5 : ALCAL F30..... | 68 |
| Annexe6 : ALCAL150..... | 69 |
| Annexe7 : ALCAL200..... | 70 |
| Annexe8 : ALCAL SC03..... | 71 |
| Annexe9 : ALCAL G082..... | 72 |
| Annexe10 : 3/5..... | 73 |
| Annexe11 : ALCAL 3/5..... | 74 |
| Annexe12 :les colorimètres CR-400, Cr-410..... | 75 |
| Annexe13 : Composition du système | 76 |
| Annexe14 :Caractéristiques techniques..... | 77 |
| BIBLIOGRAPHIE..... | 78 |

LISTE DES FIGURES

CHAPITRE II :

| | |
|--|----|
| Figure II.1 : Procédure simplifiée de tamisage à sec..... | 29 |
| Figure II.2 : Schémas de répartition du minerai pour essais et analyses..... | 30 |
| Figure II.3 :Caractéristique granulométrique du minerai de carbonate de calcium..... | 31 |
| Figure II.4 : Plan de situation du gisement d'El-khroub..... | 32 |
| Figure II.5 :Aperçu sur l'unité d'El-Khroub..... | 33 |
| Figure II.6 :Carte géologique de la région d'El-Khroub..... | 36 |
| Figure II.7 :Carte litho structurale du gisement d'El-Khroub..... | 37 |
| Figure II.8 :Evolution des ventes en Carbonate de Calcium..... | 38 |

CHAPITRE III :

| | |
|---|----|
| Figure III.1 :Diagramme de chromaticité x, y de la CIE..... | 44 |
| Figure III.2 :Système de couleur L*C*H..... | 47 |
| Figure III.3 :Mesure d'écart de couleur..... | 48 |

CHAPITRE IV :

| | |
|--|----|
| Figure IV.1 : Atelier de traitement..... | 53 |
|--|----|

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE I :

| | |
|---|----|
| Tableau I.1 :Spécifications du carbonate de calcium recherchées pour la fabrication du papier | 10 |
| Tableau I.2 : Spécifications du carbonate de calcium recherchées pour les mastics..... | 11 |
| Tableau I.3 : Spécifications du carbonate de calcium recherchées pour les PVC..... | 11 |
| Tableau I.4 : Spécifications du carbonate de calcium recherchées pour les peintures..... | 12 |
| Tableau I.5 : Spécifications du carbonate de calcium recherchées pour les peintures haut de gamme.. | 13 |

CHAPITRE II :

| | |
|--|----|
| Tableau II.1 :Importance du carbonate de calcium pour l'entreprise..... | 16 |
| Tableau II.2 :Dégradation de la blancheur des produits commercialisés au fil des années..... | 17 |
| Tableau II.3 :résultats des analyses chimiques..... | 27 |
| Tableau II.4 :résultats de l'analyse granulométrique..... | 28 |

CHAPITRE IV :

| | |
|---|----|
| Tableau IV.1 :résultats des facteurs Y L a* b* | 55 |
| Tableau IV.2 : résultats des facteurs Y L a* b* | 56 |
| Tableau IV.3 : résultats des facteurs Y L a* b* | 57 |
| Tableau IV.4 : résultats des facteurs Y L a* b* | 58 |
| Tableau IV.5 : résultats des facteurs Y L a* b* | 59 |
| Tableau IV.6 : résultats des facteurs Y L a* b* | 60 |
| Tableau IV.7 : résultats des facteurs Y L a* b* | 61 |

Introduction Générale

L'industrie du carbonate de calcium s'avère être importante, si nous considérons la multitude de domaines d'utilisation, en tant que matière première. A titre d'exemples, citons : les industries de papier, de peinture, de céramique, du béton, des plastiquesetc. ; cette matière est caractérisée par une couleur particulière, due à sa blancheur,

Cette caractéristique confère une bonne qualité aux produits, provenant de l'industrie de la peinture, de la verrerie et de la céramique, car nécessitant une forte blancheur.

La blancheur du carbonate de calcium est influencée par des éléments, tels que les oxydes de fer, les argiles et le mica.

A l'heure actuelle, la production de cette matière se base souvent sur l'emploi des procédés mécaniques, impliquant des stades de concassage, de broyage et de classification du minerai.

L'étude menée au niveau de l'Entreprise Nationale des Granulats (ENG) concerne le traitement physique, en mélangeant les carbonates de l'unité elle-même avec les calcaires provenant d'un site privé, afin d'améliorer le degré de blancheur, tout en gardant sa consistance en manipulant les facteurs **a** et **b** de l'espace couleur.

I. Carbonate du calcium

I. 1/Définition

Le Calcium est un élément chimique métallique blanc argenté mou, de symbole Ca et de numéro atomique 20. C'est un métal alcalino-terreux. Le calcium fut isolé en 1808 par sir Humphry Davy.

| | | |
|-------------------------|--------------|----------------------|
| Numéro atomique | | |
| 20 | | |
| | Ca | Symbole de l'élément |
| | calcium | Nom de l'élément |
| | 40,08 | Masse atomique |
| [Ar]4s ² | | |
| Configuration | | |
| encyclopédie Encarta, © | | |

Le calcium est très abondant dans la croûte terrestre, mais on ne le trouve jamais à l'état libre dans la nature. Il apparaît sous la forme de nombreux composés fréquemment employés, le plus important étant le carbonate de calcium (CaCO₃).

- Nom chimique : carbonate de calcium.
- Formule : CaCO₃
- Poids Moléculaire : 100,09 g/mole
- Forme Cristalline : Calcite rhomboédrique
- Teneurs moyennes de l'écorce terrestre : 4% en Ca, 7% en CaCO₃

I - 2/Etat naturel

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

Calcaires particuliers : craie (90 à 98% de CaCO_3), castine (fondant utilisé en sidérurgie, métallurgie, verreries...), stalactites, stalagmites, marbre....

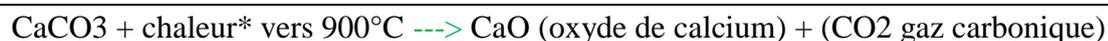
Les dépôts de calcaire abondent presque partout dans le monde.

Les roches calcaires représentent 20 % des roches sédimentaires. Le calcaire est extrait à ciel ouvert. Une partie extraite est employée comme granulats, entrant dans la composition des bétons, la structure des chaussées...

I- 3/ Spécificités du Carbonate de Calcium

Le Carbonate de Calcium se trouve sous forme de poudre fine, de couleur blanche, microcristalline, elle est inodore et insipide. Pratiquement insoluble dans l'eau (14mg/l à 25°C, 18mg/l à 75°C) et l'alcool. La présence de sel d'ammonium ou de dioxyde de Carbone augmente la solubilité dans l'eau et la présence d'hydroxyde alcalin la diminue.

- PH : 9 dans une solution diluée à 10%
- La dissociation du carbonate de calcium ou décarbonatation sous l'effet de la chaleur se pratique à environ 900°C



(* : Il faut environ 396 Kcal/kg de CaCO_3)

- Stabilité du produit: produit stable dans les conditions normales d'utilisation et de stockage.
- Réaction : elle est dangereuse avec l'acide concentré.
- Produits non toxiques.
- Produits non dangereux pour l'environnement.
- Condition de Stockage: Stocker à l'abri de l'humidité; assurer une bonne Ventilation du local.

• masse volumique absolue : $MVA = 2,7 \text{ (kg/m}^3 \text{)}$

• module de déformation : $E = 80000 \text{ MPa}$

II. Contexte Géologique

Les carbonates de calcium utilisés comme charge sont généralement obtenus par broyage de roches naturelles (par ordre de blancheur croissante : craies, calcaires et marbres).



Figure 1 : craies

calcaires

marbres

Les calcaires utilisés comme charge contiennent le plus souvent plus de 95% de CaCO_3 . Le minéral le plus répandu est la calcite (système rhomboédrique), l'aragonite (système orthorhombique) est plus rare. La dolomie est un carbonate double de calcium et magnésium.



Figure2 : la calcite

l'aragonite

La dolomie

Un certain nombre d'impuretés peuvent affecter les caractéristiques physiques ou chimiques de ces calcaires : le carbonate de magnésium (dans les calcaires dolomitiques), les argiles (calcaires marneux), le quartz (calcaires gréseux), la silice (cherts ou silex), les matières organiques (colorations brunes ou grises), les oxydes et sulfures.

Les calcaires et les craies sont des roches sédimentaires , déposées essentiellement en milieu marin ou lacustre. Parmi les roches contenant plus de 50% de CaCO_3 ,on distingue selon leur origine :

- les calcaires organiques , résultant de l'activité d'organismes vivants : calcaires construits ou récifaux et calcaires bioclastiques. La craie résulte, quant à elle, de l'amoncellement de micro-organismes à test calcaire, les coccolithes;
- les calcaires d'origine bio ou physico-chimique , formés par précipitation du carbonate de calcium en solution dans l'eau calcaires oolithiques et pisolithiques, concrétions de sources chaudes (tufs et travertins) ou de grottes (stalactites, stalagmites);
- les calcaires d'origine détritique , résultant de la cimentation de débris provenant de l'altération d'autres roches carbonatées. Les marbres proviennent du métamorphisme d'un calcaire. On constate souvent, lors de la recristallisation de la calcite, la migration plus ou moins poussée de certains des autres constituants minéralogiques du calcaire, pouvant localement donner des marbres plus purs que les calcaires d'origine.

Du carbonate de calcium très pur peut-être également obtenu par des procédés synthétiques. Il est connu sous le nom de Carbonate de Calcium Précipité (CCP).

III. Propriétés et Utilisation

III. 1/Propriétés

La dureté de la calcite est de 3 dans l'échelle de Mohs, centre 3,5 pour l'aragonite et de 3,5 à 4 pour la dolomie (cette dernière est donc trop abrasive pour certains usages comme la fabrication du papier).

Les caractéristiques des carbonates de calcium utilisés comme charges minérales dépendent essentiellement de l'utilisation visée :

- les charges, grossières (20 à 45µm) sont utilisées en raison de leur densité et de leur prix peu élevé (moquettes);
- les charges de granulométrie moyenne (10 à 20µm) contribuent à l'augmentation de la blancheur et à baisser les prix (mastics, adhésifs);
- les charges fines (3 à 10µm) et ultrafines (0.5 à 2µm) permettent d'améliorer les résistances techniques et électriques, la densité, la couleur et l'opacité, ou de résoudre certains problèmes de fabrication (papier, plastiques, peintures).

III. 2/Utilisation

Les charges carbonatées ont de très nombreuses applications industrielles. Elles apportent certaines propriétés au produit fini (blancheur par exemple) et permettent souvent d'en réduire le coût.

En France les utilisations des calcaires blancs pour charges se répartissent, en volume de la façon suivante:

- papier 28%
- verrerie-céramique 25%
- alimentation animale 25%
- plastiques 7%
- caoutchouc-colles -moquettes 7%
- peintures 7% et pharmacie, agro-alimentaire 1 %.

Aux USA, le marché de ces produits se répartit, en valeurs, de la façon suivante:

- plastiques 45%
- papier 20% ;
- peintures 15%
- adhésifs 10%
- moquettes 5% ;
- caoutchouc 5%.

III. 2/1.Fabrication du papier

Les charges minérales permettent d'améliorer l'imprimabilité du papier et de réduire son coût de fabrication. Le carbonate de calcium pulvérisé est utilisé, dans la masse du papier, pour remplir les interstices entre les fibres de cellulose.

Il est également utilisé pour le couchage du papier qui correspond au dépôt à la surface du papier d'un mélange de charges minérales, de latex et d'eau. Globalement, la proportion de minéraux dans le papier varie de 15 à 30% et peut atteindre 40% dans des papiers de luxe.

Les spécifications recherchées sont :

| | Charge | Couchage |
|-----------------------------|---------------|---------------------|
| blancheur(sur produit sec) | 85 à 96% | 1,5 à 3% |
| indice de jaune (jaunicité) | 1,5 à 4,5% | 1,5 à 3% |
| répartition granulométrique | 86% < 2µm | 90 à 95% < 1µm |
| | 1% < 10µm max | 0,7 µm moyenne |
| surface spécifique | | 10m ² /g |
| abrasivité | | 4mg |

III. 2 /2.Utilisation dans les plastiques et les caoutchoucs

La plupart des résines qui entrent dans la fabrication de ces produits ne sont pas utilisées pures, mais mélangées à d'autres matériaux pour fabriquer des "compounds".

On utilise des charges dans plus de 20 types de résines bien que seulement quatre d'entre elles (polypropylène, polyamides, polyesters thermoplastiques et chlorure de polyvinyle) représentent 90% du marché des charges minérales dans les plastiques. Le PVC et le caoutchouc constituent les principaux marchés pour le carbonate de calcium. Les PVC en contiennent fréquemment de 17 à 40% et jusqu'à 40 à 80 dans les dalles de sol en PVC. Les thermo-polyesters en contiennent 60 à 70%.

Le carbonate de calcium permet d'améliorer la finition de surface, de bien contrôler la fabrication du produit et d'augmenter sa résistance électrique. Afin d'améliorer le lien entre le plastique et sa charge, on utilise des carbonates traités le plus souvent à l'acide stéarique.

Les spécifications recherchées sont:

| | |
|-------------------------------|-------------------------|
| blancheur (sur produit sec) | 85 à 90% |
| répartition granulométrique | 99,5 μ m<44 μ m |
| | 10%<1 μ m max |
| | 5 à 7 μ m moyenne |
| prise d'huile | 14g/100g de poudre |
| prise de DOP (diotylphtalate) | 17g/100g de poudre |

Tableau I-1 : Spécifications du carbonate de calcium recherchées pour la Fabrication du papier

Mastics

| | |
|-------------------------------|-------------------------|
| blancheur (sur produit sec) | 85 à 95% |
| blancheur (sur produit + DOP) | 36 à 40 |
| indice de jaune (jaunicité) | 1,5 à 4,5 |
| répartition granulométrique | 97% < 25 µm |
| | 20 à 50% < 2 µm max |
| | 2 à 6 µm moyenne |
| prise d'huile | 14 à 18g/100g de poudre |
| prise de DOP (diotylphtalate) | 17 à 25g/100g de poudre |

Tableau I-2 : Spécifications du carbonate de calcium recherchées pour Les Mastics

PVC

| | |
|-------------------------------|-------------------------|
| blancheur (sur produit sec) | 93 à 96% |
| indice de jaune (jaunicité) | 1,5 à 4,5 |
| répartition granulométrique | 90% < 2 µm |
| | 0,7 µm moyenne |
| prise d'huile | 14 à 18g/100g de poudre |
| prise de DOP (diotylphtalate) | 17 à 25g/100g de poudre |

Tableau I-3 : Spécifications du carbonate de calcium recherchées pour Les PVC

III. 2/3.Utilisation dans les peintures

Le carbonate de calcium permet de réduire la proportion d'oxyde de titane nécessaire. Il entre, en moyenne pour 10 à 35% (exceptionnellement 50%) dans la composition des peintures à solvant et surtout des peintures à dispersion aqueuse.

Les qualités spécifiques des carbonates pour les peintures sont :

- leur faible pouvoir d'absorption d'huile, ce qui permet d'augmenter la proportion de charge
- la blancheur généralement élevée
- la facilité de dispersion des pigments apportée par la craie qui se mélange aisément au blanc de titane.

En revanche, ils présentent l'inconvénient d'être sensibles aux attaques chimiques. Les

spécifications recherchées sont:

| | |
|--------------------------------------|-------------------------|
| blancheur (sur produit sec) | 85 à 95% |
| blancheur (sur produit sec + D.O.P.) | 36 à 40% |
| indice de jaune (jaunicité) | 1,5 à 4,5 |
| répartition granulométrique | 97% < 25 µm |
| | 20 à 50% < 2 µm |
| | 2 à 6 µm |
| prise d'huile | 14 à 18g/100g de poudre |
| prise de D.O.P. | 17 à 25g/100g de poudre |

Tableau I -4 : Spécifications du carbonate de calcium recherchées pour les peintures

Pour les peintures haut de gamme, les carbonates de calcium utilisés subissent un traitement de surface à l'acide stéarique, qui leur confère les qualités suivantes:

| | |
|-----------------------------|---------------------------|
| blancheur (sur produit sec) | 93 à 96% |
| indice de jaune (jaunicité) | 1,5 à 4,5 |
| répartition granulométrique | 90% < 2 μm |
| | 0,7 μm moyenne |

Tableau I -5 : Spécifications du carbonate de calcium recherchées pour les peintures haut de gamme

III. 2/4. Utilisation dans les mastics, les enduits et les adhésifs

Les mastics sont composés de 85% de carbonates et de 15% d'huile de lin. Les carbonates utilisés ne sont généralement ni très blancs (craie broyée), ni très fins (15 à 20 μm).

Les enduits d'étanchéité concernés par ces utilisations sont des substances organiques suffisamment molles pour être appliquées à l'état liquide ou visqueux, et durcissant par la suite pour se coller de façon permanente au support. Un adhésif peut être défini comme une substance organique ou non, naturelle ou synthétique, qui permet de coller deux autres substances par un lien de surface.

Le carbonate de calcium est la charge la plus utilisée du fait de sa blancheur, des coûts et des performances (absorption d'huile, granulométrie,...).

III. .2/5.Utilisation dans la pharmacie et les cosmétiques

Dans la pharmacie, le carbonate de calcium, essentiellement du CCP, est utilisé comme excipient dans la fabrication des pilules et des cachets et comme agent actif pour la fabrication de cachets facilitant la digestion.

Dans les cosmétiques, le carbonate de calcium broyé et surtout le CCP sont essentiellement utilisés pour la fabrication des pâtes dentifrices. Les spécifications sont très strictes, des traitements spécifiques sont mis en œuvre et de nombreux contrôles effectués. Les contrôles figurant dans la monographie "Carbonate de Calcium" de la pharmacopée française Xème édition (janvier 1989) sont les suivants:

- Teneur en $\text{CaCO}_3 \geq 98,5\%$
- Insolubles dans l'acide acétique $\leq 0,20\%$
- Chlorures ≤ 330 ppm
- Sulfates $\leq 2\ 500$ ppm
- Arsenic ≤ 4 ppm
- Baryum ≤ 200 ppm
- Fer ≤ 200 ppm
- Magnésium et métaux alcalins $\leq 1,5\%$
- Métaux lourds ≤ 20 ppm
- Perte à $105^\circ\text{C} \leq 2,0\%$

IV. -PRODUCTION DE CALCAIRE

Les estimations sont de l'ordre de millions tonnes , 2250 pour le monde occidental hormis les USA avec 750 .C'est la 2eme industrie extractive, en tonnages, après celle du sable et des graviers.

Le Carbonate de calcium précipité CaCO_3 est également produit synthétiquement, en quantités nettement moins importantes, par précipitation de lait de chaux purifié à l'aide de CO_2 ou de carbonate de sodium naturel.

Dans ce dernier cas, de l'hydroxyde de sodium est également produit. En 1995, la production mondiale est estimée à 2,5 millions tonnes dont 1,3 millions tonnes aux Etats-Unis. Le produit obtenu, plus pur que le produit naturel, est principalement utilisé dans l'industrie papetière comme charge blanche des papiers. La société Minéral Technologies produit 80 % de la demande industrielle des Etats-Unis avec 36 usines implantées sur les sites des industries papetières.

Le carbonate de calcium précipité est concurrencé par le calcaire pur finement broyé dont la production mondiale est de 9 millions tonnes en 1995. Ses principales utilisations concernent, en Europe de l' Ouest, l'industrie papetière où les papiers contiennent jusqu'a 28 % de charge blanche. Au Japon, le principal marché est celui des matières plastiques.

I. -Place et importance du carbonate de calcium pour l'entreprise ENG

Depuis sa mise *en* exploitation, l' ENG fournit diverses industries consommatrices du carbonate de calcium à environ 2400 entreprises privées et publiques (d'après ENG) . La production projetée de initialement de 100 000 T /an ne cesse de progresser et est portée aujourd'hui à plus de 150 000 T/ an, l'entreprise ENG envisage de doubler sa production installée.

| Activités | Volume | Volume % | Chiffre d'affaires (Ca) % | (Ca) %Entreprise |
|---------------------|--------|----------|---------------------------|------------------|
| Verre | 1200 | 1,1 | 1,3 | 21,4 |
| carreau granito | 64500 | 60,3 | 26,8 | |
| Peinture & dérivés | 39400 | 7,3 | 65,3 | |
| Plastique | 1500 | 1,3 | 5,1 | |
| Autres applications | 300 | 0,3 | 1,5 | |
| Total | 106900 | 100 | 100 | |

Tableau II-1 : Importance du carbonate de calcium pour l'entreprise
 Il Représente à lui seul 21.4 % de son chiffre d'affaire

II. Problématique

Le problème qui se pose à l'unité de carbonate de calcium est l'irrégularité de la blancheur de ses produits. Comme le montre les rapports et statistiques d'exploitation.

Dans les conditions actuelles d'exploitation, il est quasiment hasardeux de parier en terme de qualité sur une quelconque blancheur.

Des rapports de laboratoire, on y relève des valeurs de blancheur en dents de scie fluctuant entre 81 et 87 % avec un maximum de 89 %.

A cause des fluctuations de la blancheur, l'unité s'est vue contrainte de rejeter toute une production de poudre (rapport de clôture Unité Carbonate) , suivi encore à maintes reprises de refus de tout-venant au niveau du poste primaire de concassage.

L'observation statistique au cours des années d'exploitation (tableau ci-dessous) a montré au fil des ans une dégradation continue de la blancheur des produits commercialisés, qualité première exigée par les industries de peintures et carreaux granito, clients potentiels qui ne demandent que du blanc et qui représentent 97% en volume de la production vendue et 92% du chiffre d'affaire de l'unité carbonate de calcium.

| ANNEE | Produit | | | |
|-------|---------|------|------|------|
| | UF5 | UF10 | F15 | F20 |
| 1999 | 92 % | 91 % | 90 % | - |
| 2000 | 89 % | 87 % | 86 % | 85 % |
| 2001 | 88 % | 88 % | 86 % | 84 % |
| 2002 | 88 % | 87 % | 86 % | 81 % |
| 2003 | 87 % | 86 % | 84 % | 84 % |

Tableau II2: Dégradation de la blancheur des produits commercialisés au fil des années d'exploitation

III. . Procédés de production actuelle

Les procédés actuels de traitement du carbonate de calcium à l'usine concernent uniquement un atelier de préparation mécanique, incluant des opérations de concassage, de broyage, et de classification. Le schéma technologique de production de la poudre de carbonate de calcium, se résume comme suit:

1- le tout-venant de la carrière contenant des blocs de dimensions inférieures à 1000 mm , passent par un pré-cribleur (scalper) où les fines de dimensions inférieures à 40 mm sont rejetées, alors que le refus alimente un concasseur à mâchoires à double effet. Le produit concassé a une granulométrie variant de 0 à 300 mm.

2- Ce produit est concassé dans un concasseur secondaire (à percussion) . le scalpage n'est pas toujours appliqué , car il dépend de la qualité du produit à concasser , le produit présente une granulométrie variant entre (0 - 50) mm.

3- le passage à travers un crible vibrant à deux grilles permet de classer le produit en trois catégories granulométriques:

- Entre (0 - 3) mm , sable adapté à l'alimentation du bétail ;
- Entre (3 - 5) mm , il est conditionné dans des grand sacs pour la fabrication de carrelage mono couche ;
- Entre (5 - 50) mm, passage à travers une bande transporteuse vers l'usine de produits fins et ultrafins.

4- le produit qui alimente l'usine passe auparavant par le birotor, où il est réduit à (0-2)mm.

Il alimente trois points :

- le silo 0-2mm, stockant un produit vendu directement.
- le tamiseur à fréquence électromagnétique permettant de classer de la manière suivante les produits :

A- Incluant le (0.8 - 2) mm.

B- Incluant le (0 - 0.8) mm ; ce produit alimente un séparateur ventilé à deux cyclones à deux étages. Les produits obtenus sont :

F15 : (0 - 0.1) mm et leur refus AL150 (0.1 - 0.8) mm,

F20 : (0 - 0.2) mm et leur refus AL 200 (0.2 - 0.8) mm.

C - Le broyeur à barres: ce produit est broyé à (0.25) mm, puis évacué par un extracteur dans un séparateur ventilé mono étage, où il effectue la séparation des produits ultrafins :

UF10 : (0- 0.04) mm et leur refus F50 (0.04 - 0.250) mm.

UF5 : (0 - 0.02) mm et leur refus F30 (0.02 - 0.250) mm.

IV. Caractéristiques des équipements utilisés

Concasseur primaire → Concasseur à mâchoires à double effet

| | |
|--------------------|----------------------------|
| Marque | DRAGON |
| Type | MR 140 |
| Capacité installée | 400 t / h |
| Taux de scalpage | 10 % |
| Régime de travail | 140 heures/ 2 x 1 semaines |
| Rendement | 85 % |

Concasseur secondaire → Concasseur a percussion

| | |
|--------------------------|-------------|
| Marque | HAZEMAG |
| Type | PS. 13. 13 |
| Débit | 200 l/ h |
| Taux de scalpage | 48 % |
| Taux d'élimination sable | 30 % |
| Régime de travail | 20 h / jour |

Crible vibrant

| | |
|------------------------------|------------------|
| Marque | CHAUVIN |
| Débit d'alimentation | 80 à 110 t / h |
| Nombre d'étages | 2 étages |
| Granulométrie d'alimentation | 0 à 50 mm |
| Granulométrie de sortie | 0 - 3 mm |
| | 3 - 5 mm 30 t/h |
| | 5 – 50 mm 70 t/h |

Birotor (Broyeur à marteaux)

| | |
|------------------------------|----------|
| Marque | HAZEMAG |
| Débit d'alimentation | 25 t / h |
| Granulométrie d'alimentation | 3 50 mm |
| Granulométrie de sortie | 0 — 2 mm |
| Nombre marteaux | 40 |
| Nombre de rotors | 2 |

Broyage ultrafin

| | |
|------------------------------|--------------|
| Broyeur vibrant | |
| Granulométrie d'alimentation | 0 — 2 mm |
| Granulométrie de sortie | 0 - 0.250 mm |

La séparation de produit fin

| | |
|--|---|
| Tamiseur à fréquence électromagnétique | |
| Marque | RHEWUM |
| Débit d'alimentation | 30 t / h |
| Granulométrie | 0.2 à 2.5 mm |
| Coupure : | granulométrie 0 — 0.8 mm - débit : environ 26 t/h |
| | granulométrie : +1.5 mm - débit : environ 1 t / h |

Séparateur ventilé

| | |
|----------------------|------------|
| Débit d'alimentation | 25 t / h |
| Granulométrie | 0 — 0.8 mm |
| Nombre de cyclones | 2 |
| Nombre d'étages | 2 |

La séparation de produit ultrafin

Séparateur ventile

| | |
|----------------------|-----------|
| Débit d'alimentation | 5 t /h |
| Granulométrie | 0 - 80 mm |
| Nombre d'étages | 1 |
| Température | ambiante |

V. Les Produits

1-A ICAL1 50 : dont le conditionnement se fait en vrac ou grands sacs (itonne)

Son utilisation:

- carreau granito
- fabrication du verre
- Crépissage
- Alimentation bétail
- détergent

2- ALCAL200 : dont le conditionnement se fait en vrac ou grands sacs (itonne)

Son utilisation :

- carreau monocouche
- fabrication du verre
- fertilisation des sols
- Alimentation bétail

3-ALCAL G082 : dont le conditionnement se fait en vrac ou grands sacs(itonne) Son utilisation:

- carreau monocouche
- fertilisation des sols
- crépissage

4-ALCAL SCO3 : dont le conditionnement se fait en vrac

Son utilisation

- béton hydrauliques et travaux routiers
- fertilisation des sols
- Alimentation bétail

5-ALCAL F15 : dont le conditionnement se fait en vrac ou grands sacs (itonne) ou palettes houssée (48sacs de 15kg)

son utilisation :

- peinture mat ou phase aqueuse et phase solvant
- peinture hydropispersible
- enduit en peinture
- composites
- poudre et crème à récurer
- mastic

6-ALCAL F20 : dont le conditionnement se fait en vrac ou palettes houssées (48sacs de 15kg)

Son utilisation

f a b r i c a t i o n d u v e r r e

- poudre et crème à récurer
- détergent
- faïence

7-ALCAL F50 : en vrac ou grands sacs et utilise en étanchéité et céramique

8-ALCAL F30 : en vrac ou grands sacs et utilise en étanchéité et céramique

- Alimentation bétail

9-ALCAL UF5 dont le conditionnement se fait en vrac ou grands sacs (Itonne) ou palettes houssées (48sacs de 15 kg)

Son utilisation:

- peinture mate et satinée en phase aqueuse et phase solvant
- peinture hydropispersible
- peinture routière et peinture industrielle

- composites
- PVC plastifié
- Caoutchouc et plastique industriel
- différentes colles
- étanchéité, isolant
- câblerie

10-ALCAL UF10 dont le conditionnement se fait en vrac ou grands sacs (itonne) ou palettes housée (48sacs de 15kg)

Son utilisation:

- peinture mate en phase aqueuse et phase solvant
- peinture hydropispersible
- polyester
- pate à chewing-gum
- céramique sanitaire
- Caoutchouc
- différentes colles
- fabrication de craie
- pate à modeler
- améliorant pour le pain

VI. Identification de minerai du gisement d'El-khroub

VI. 1 .Caractéristiques physiques et physico - mécaniques de minerai

Ces données proviennent du rapport géologique final du projet de poudre de carbonate de calcium (CaCO_3) du gisement d'El-khroub :

| | | |
|--------------------|------------------|---------------|
| - poids volumique | de 2.257 à 2.758 | moyenne 2.593 |
| - poids spécifique | de 2.630 à 2.797 | moyenne 2.714 |
| -absorption d'eau | de 0.05 à 5.49 | moyenne 0.90 |
| - porosité | de 0.8 à 14.1 | moyenne 4.5 |
| -los Angeles | de 13.2 à 22 | moyenne 15.4 |
| -dureté | 3 | |

VI.2.Caractéristiques pétrographiques

D'après les études de lames minces réalisées, les calcaires étudiés sont massifs à couleur blanche à blanche grisâtre avec une texture micritique.

VI. 3. Les réserves de carbonate de calcium

- ❖ Réserve de catégorie B (sure) : 13721643 tonnes en carbonate de calcium.
- ❖ Réserve de catégorie C 1 (probable) : 6468735 tonnes en carbonate de calcium

Les réserves globales en catégorie B+C1, répondant aux exigences industrielles pour la production du carbonate de calcium sont de l'ordre :

20 Millions de Tonnes de carbonate de calcium

VI. 4. Analyse minéralogique

L'objectif de l'analyse minéralogique est la détermination des éléments constituant le minerai étudié.

Cette analyse a été faite au niveau de laboratoire de minéralogie de l' ORGM, par la méthode de diffraction aux rayons X (DRX année 2007).

L'analyse montre que : la calcite est le seul minéral dominant et n'indique pas d'autres éléments mineurs .

VI. 5. Analyse chimique du tout-venant

Les analyses chimiques du tout venant, ont été réalisées par absorption atomique ; les résultats obtenus sont reportés sur le tableau ci dessous :

| Elément chimique | Teneur |
|--------------------------------|--------|
| SiO ₂ | 0,05 |
| Al ₂ O ₃ | 0,05 |
| Fe ₂ O ₃ | 0,05 |
| Ca() | 55,77 |
| MgO | 0,65 |
| Na ₂ O | 0,05 |
| K ₂ O | 0,05 |
| TiO ₂ | 0,05 |
| MnO | 0,01 |
| P ₂ O ₅ | 0,08 |
| Perte au feu | 43,19 |

Tableau II -3: résultats des analyses chimiques

VI. .6. Analyse granulométrique

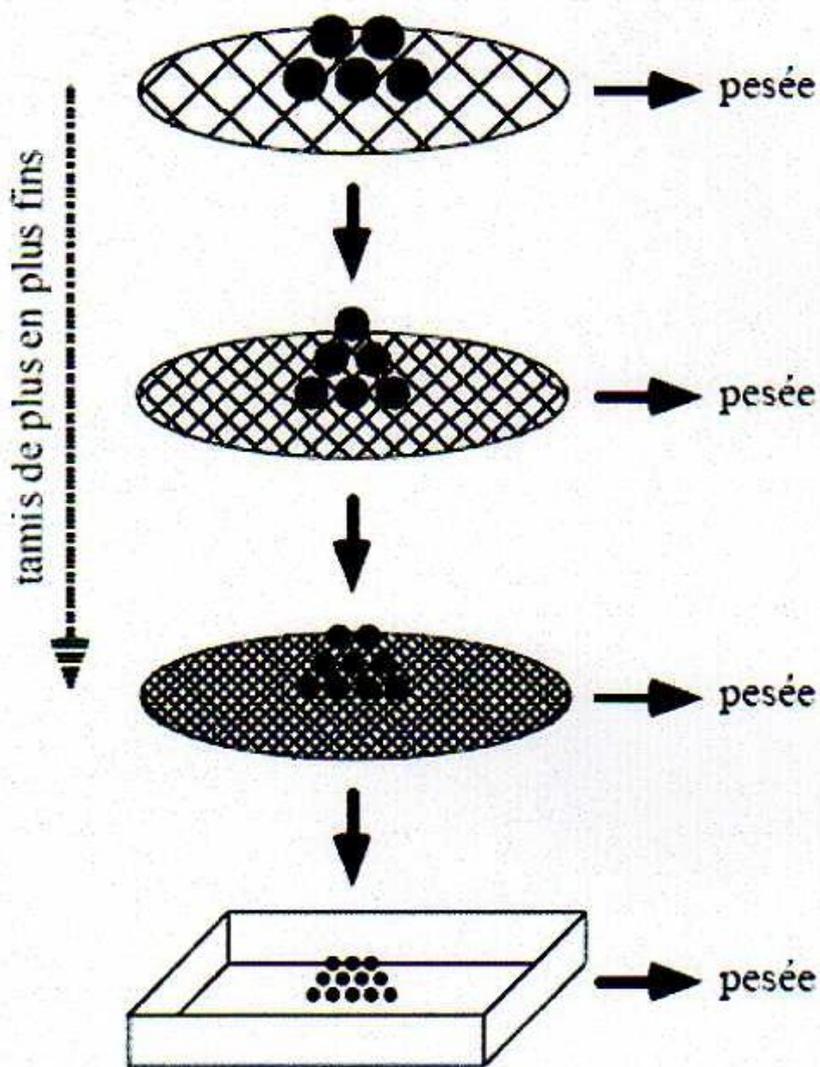
Pour définir l'état granulométrique du minerai, on a prélevé un échantillon de masse connue, suivi d'un tamisage en utilisant une série de tamis (normalisé AFNOR), allant de 0,250mm à 0.04mm.

Le tamisage a été réalisé par voie sèche. On superpose d'abord les tamis par ordre croissant des ouvertures à partir du bas et on transfère la prise d'essai sur le tamis du haut. Secouer les tamis manuellement ou mécaniquement pendant un temps suffisant lequel aura été préalablement établi par essai ou vérifier l'échantillon réel.

Les différentes fractions recueillies sont ensuite pesées

| Classe granulométrique -mm- | Poids de refus -g- | Poids en % | Refus cumulé %- | Passant cumulé %- |
|--------------------------------|-----------------------|------------|--------------------|----------------------|
| [-2, +0,250] | 596.24 | 25.52 | 25.52 | 100 |
| [-0,250, +0,100] | 510.44 | 21.85 | 47.37 | 74.48 |
| [-0,100,+0,04] | 563.16 | 24.10 | 71.47 | 52.63 |
| [-0,04, +0] | 666.69 | 28.53 | 100.00 | 28.53 |
| totale | 2336.40 | 100.00 | -- | -- |

Tableau II-4: résultats de l'analyse granulométrique



Procédure simplifiée de tamisage à sec

Figure II -

1

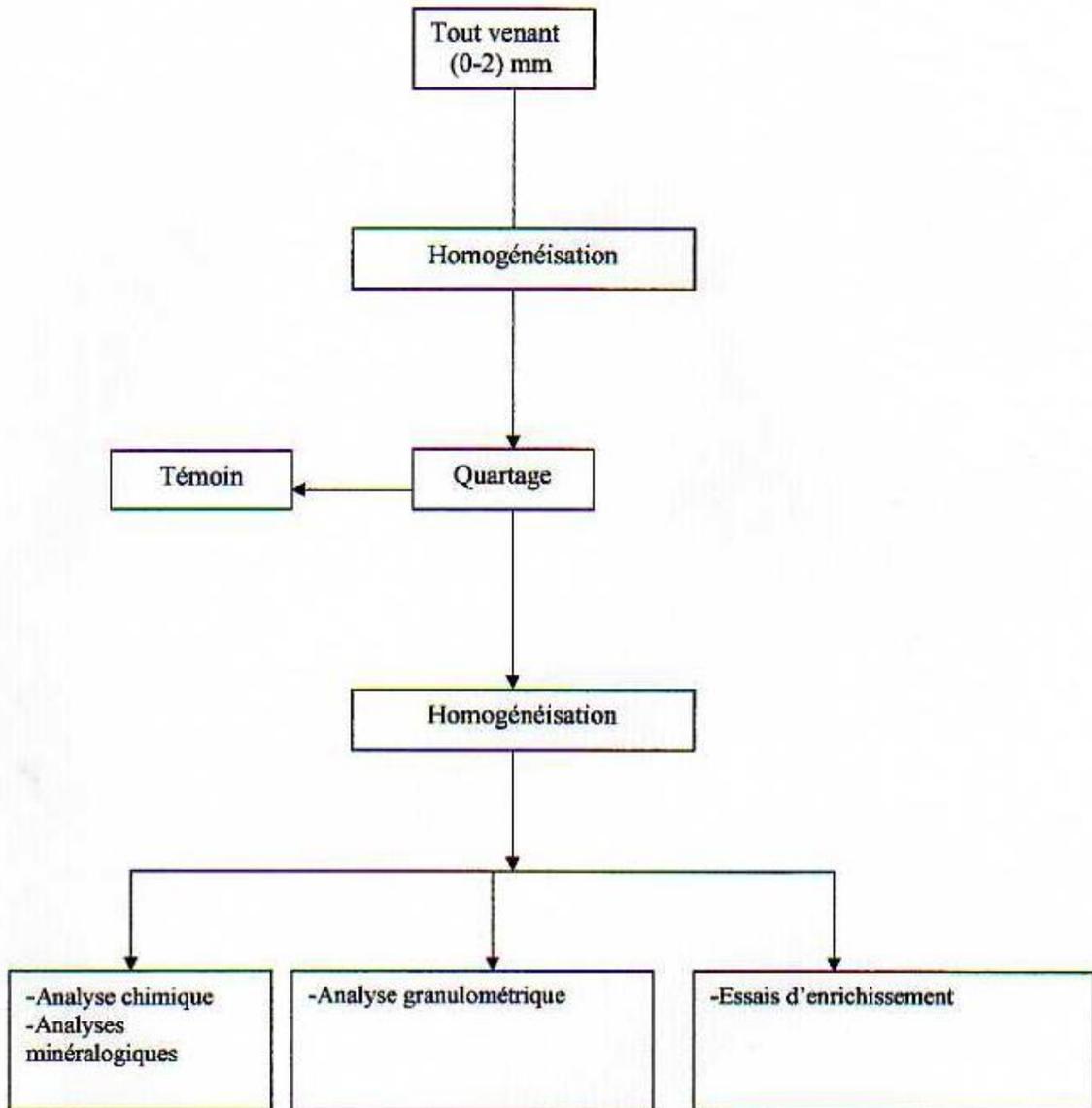


Figure (II-2) : Schémas de répartition du minerai pour essais et analyses

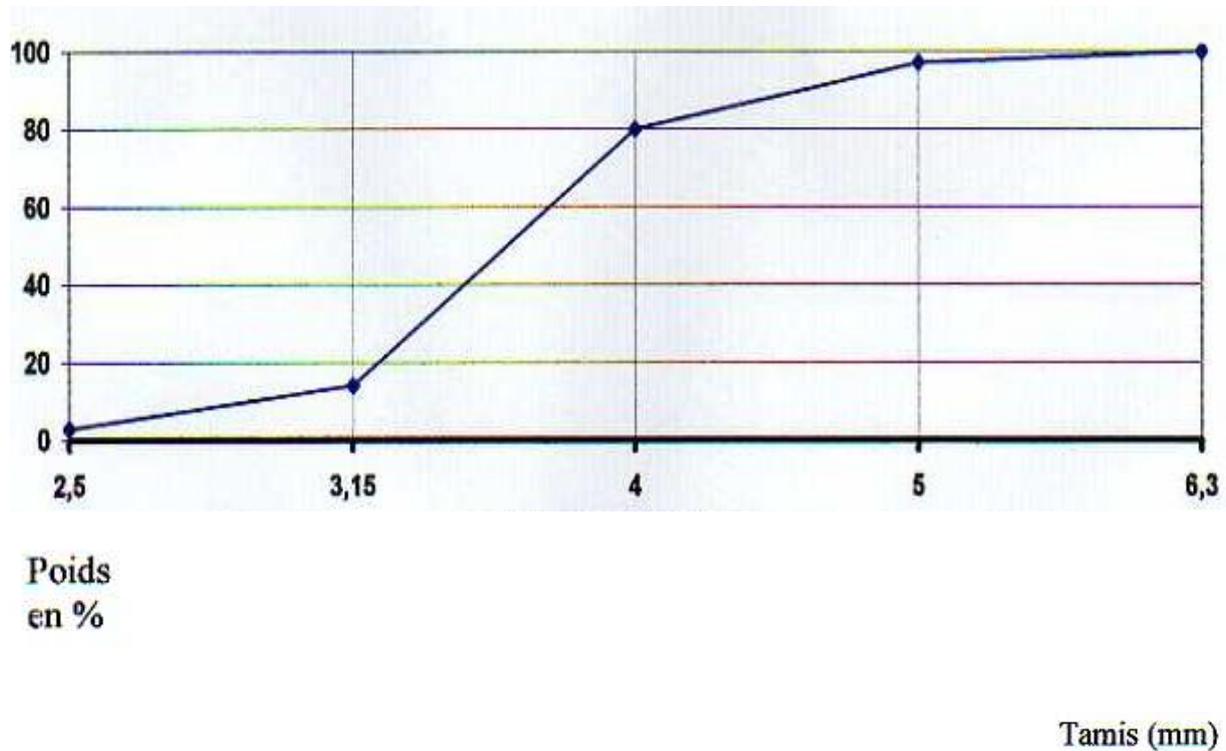


Figure II -3 : caractéristique granulométrique du minerai de carbonate de calcium

Interprétation : la répartition de minerai pour l'échantillon étudié est identique.

Généralement ces résultats montrent l'abondance des particules ultrafines.

VI. .7. Analyse granulochimique

L'analyse granulochimique a pour objet de quantifier la substance minérale étudiée et de déterminer sa répartition dans les différentes classes granulométriques. Dans le cas présent, l'analyse chimique des différentes classes granulométriques a porté sur la détermination des teneurs en oxyde de fer.

VII. Géologie du gisement

VII. .1.Situation géographique

- Situation: 8 km au sud est d'El Khroub et à 12 km de Constantine
- Lieu-dit : Oum Settas
- Commune : El Khroub
- Daira : El Khroub
- Wilaya : CONSTANTINE



Figure II -4 : Plan de situation du gisement d'El-Khroub

VI. .2.Aperçu géologique

Le gisement El Khroub occupe la partie sud ouest du massif Oum Settas au nord-est de Constantine. Il est constitué de calcaire d'origine biochimique néritique caractérisé par une grande pureté chimique et une blancheur élevée



Figure II.5 : Aperçu sur l'unité d'El-Khroub

VII. .3.Géomorphologie

Le gisement de calcaire d'El-khroub constitue un massif montagneux qui culmine à plus de 1000 m d'altitude. Les formations du gisement sont datées du Crétacé moyen, représentées par des banes de calcaire appartenant à une terminaison périclinale très fracturée et altérée. Ce massif calcaire présente deux lignes de cotes orientées NNE-SSO, qui se joignent au Nord, Celles-ci sont séparées par un talweg qui est limité par des oueds.

VII. .4. Hydrographie

Le réseau hydrographique de cette région est dense ; les plus importants oueds de cette région sont Oued Rhumel et Oued El-barda qui coulent presque toute l'année.

VII. .5. Genèse

La genèse du gisement de calcaire d'El-Kluoub appartient aux faciès marins du crétacé moyen. Cela est confirmé par la présence de fossiles. La structure microcristalline d'une partie des calcaires témoigne du dynamo- métamorphisme que l'assise carbonatée avait subi.

VII. .6. Cadre litho stratigraphique

Stratigraphiquement, la région est constituée par les dépôts du Trias, du Crétacé, du Tertiaire et du Quaternaire.

-Trias

Les dépôts triasiques affleurent au Sud-ouest de Constantine et sont représentés par des marnes bariolées et des époinçonnements gypseux.

-Crétacé Inférieur (Ci)

Représenté par des calcaires recristallisés et rarement par des marnes.

-Crétacé Moyen et supérieur (Cm et Cs)

Représenté par des calcaires gris-clair et gris foncé. Le gisement d'El-Khroub est attribué à ce niveau.

-Eocène

Représenté par des calcaires et de marnes avec intercalations de grès et d'argile. Sa puissance est de 220 m.

-Oligocène

Caractérisée par des grès, schistes et rarement par des calcaires.

- Miocène

Représenté par des conglomérats, grès, sable, argiles grises et plus rarement par des calcaires.

-Pliocène

Représenté par des marnes d'origine lacustre.

-Quaternaire

Représenté par des alluvions et d'éluvions, des limons sableux et des argiles

VII . 7. Tectonique

La région est affectée par deux phases de l'orogénèse : Alpine ancienne et Alpine récente.

- Durant l'ancienne phase, les sédiments pré tertiaires ont subi des déformations intenses à cause d'un réseau dense de plis disjonctifs.
- Durant la phase récente, les dislocations ont été moindres et les pendages sont faibles au niveau des structures principales.

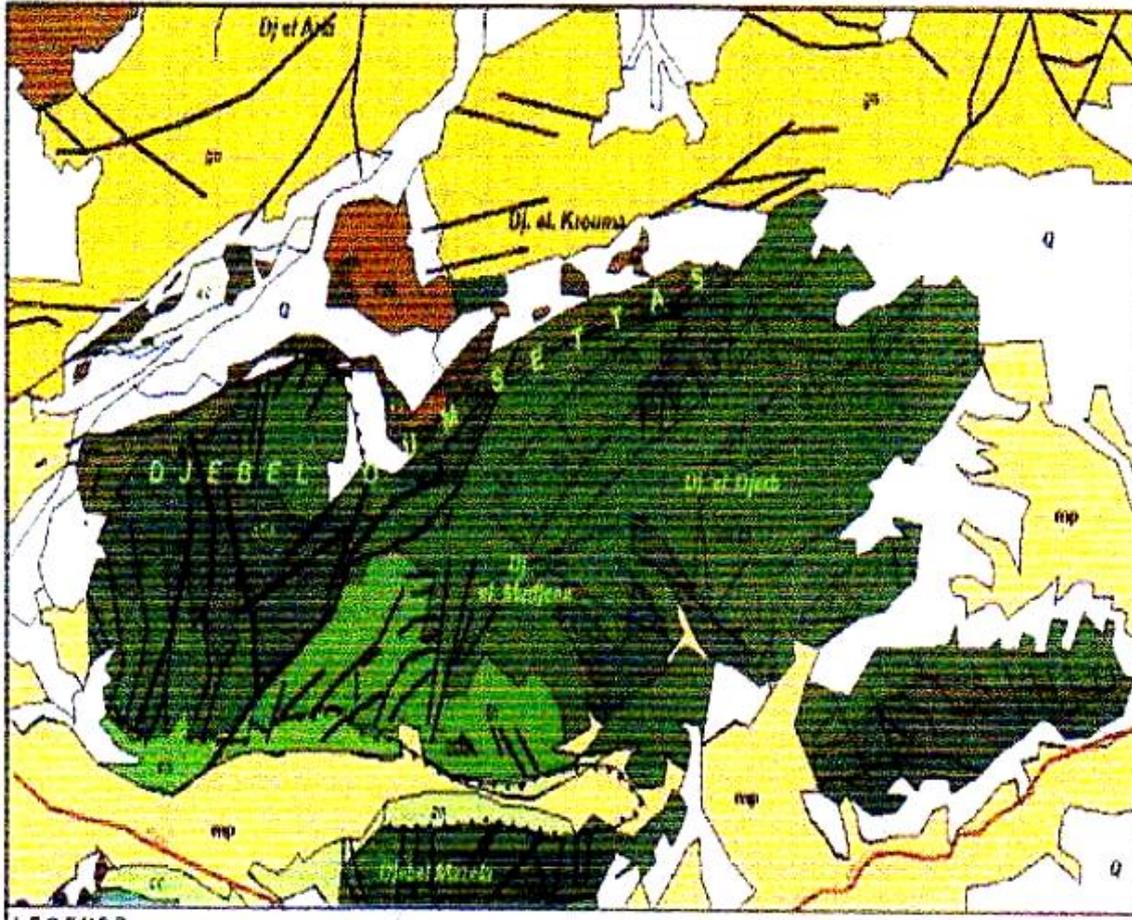


Figure II.6 :carte géologique de la région d'El khroub (IN VILA1977)

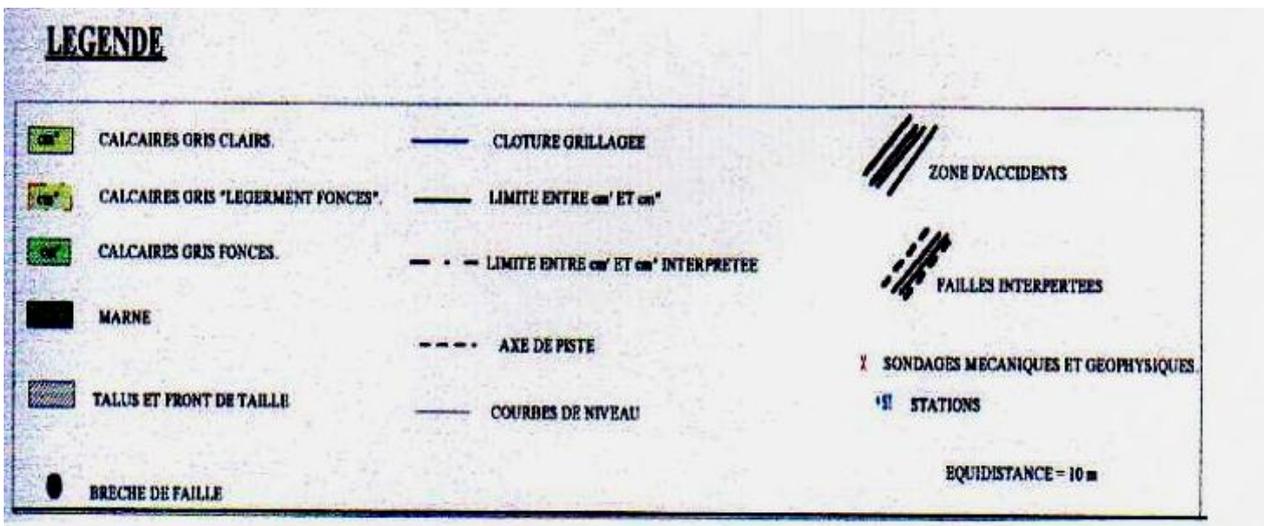
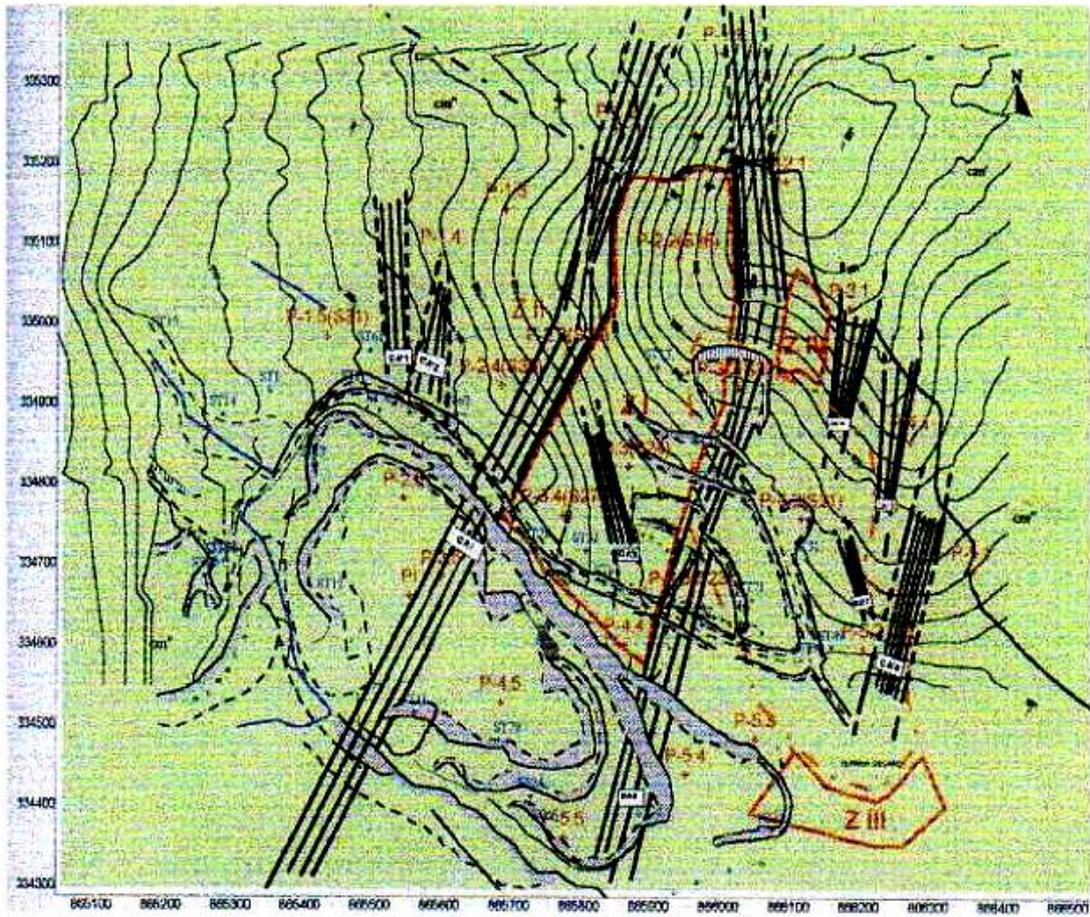


Figure II.7 :carte litho structurale du gisement D'El-Khroub

VIII. .Service commercial

Unité carbonate

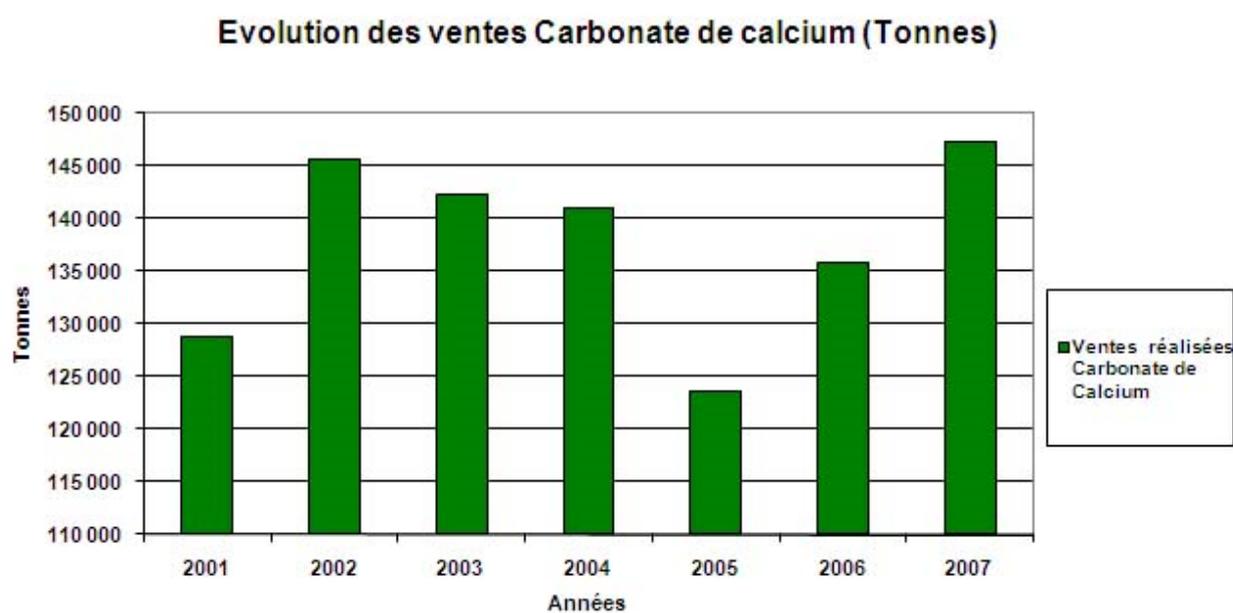


Figure II.8 : Evolution des ventes Carbonate de Calcium

I. Définition et mesure de la blancheur

La blancheur se définit comme étant le rapport exprimé comme pourcentage de la radiation réfléchié par un corps sur celui réfléchi par un diffuseur contrôlé réfléchissant parfaitement à une longueur d'onde effective avec un photomètre à réflectance photoélectrique. Le corps diffuseur est un témoin reconnu par l'organisme International Standards Organisation (ISO). Le témoin adopté par C.E.I (Commission Internationale de L'Eclairage) est un disque de sulfate de barium.

Précédemment, la blancheur est mesurée par un photomètre à reflectance photoélectrique sur l'échelle Y, laquelle a été défini par la C.I.E en 1931 (Commission Internationale de L'Eclairage) ou Y désigne le facteur d'éclat.

De nos jours les fabricants de carbonate de calcium expriment leur blancheur sur l'échelle L. Cet espace colorimétrique uniforme recommandé par la C.I.F. en 1976 a pour but de faire correspondre plus précisément à la vision humaine des couleurs et à la perception des différences de couleur.

L'appareil de mesure dit photomètre à réflectance photoélectrique donne par simple lecture au choix et à la fois les deux lectures en L et en Y.

La blancheur en L est reliée à celle de Y par relation :

$$L = 0.4415 Y + 56.308$$

II. Les paramètres influents sur la blancheur

Le carbonate de calcium qui n'est autre que de la roche calcaire à haut titre en CaCO_3 est constitué essentiellement par 99.9% de SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 et de CaO .

Les observations statistiques porteront donc sur ces quatre éléments :

- ❖ Fe_2O_3 : généralement un élément de coloration (hématite) altération.
- ❖ SiO_2 , Al_2O_3 : sont des éléments d'abrasivité (quartz, corindon)
- ❖ CaO : élément dominant de la blancheur

III. Systèmes de couleur

Les Chromamètres Minolta de la série CR-400 offrent cinq systèmes chromatiques distincts pour la mesure de la chromaticité absolue :

- Y_{xy} (OIE, 1931),
- L^*a^*b (OIE, 1976),
- $L^*C^*H^O$ (OIE, 1976),
- XYZ (OIE, 1931),
- Hunter Lab

et quatre systèmes pour la mesure d'écart de couleur :

- $i(Y_{xy})$,
- $z(L^*a^*b^*)$,
- $(L^*C^*H^*)$
- Hunter (Lab).

En outre, quand on utilise les systèmes d'écart de couleur $t(L^*a^*b^*)$ ou $(L^*C^*H^*)$, la différence absolue de couleur E^*ab s'affiche en plus. De la même façon, quand on utilise le système d'écart de couleur Hunter (Lab), la différence absolue de couleur E s'affiche en plus.

La couleur est définie par trois paramètres, ou valeurs tristimulus X , Y et Z , définies en 1931 par la CIE (Commission Internationale de l'Eclairage). Pour que deux couleurs correspondent, il faut que ces trois paramètres soient identiques.

La couleur perçue a trois dimensions: la teinte, la saturation et la clarté. La chromaticité, englobe la teinte et la saturation, définies par deux coordonnées de chromaticité. Comme ces deux coordonnées ne définissent pas complètement une couleur, il faut y ajouter un facteur de clarté pour identifier la couleur d'un échantillon avec précision.

III.1. Système de couleur XYZ

Les valeurs tristimulus X, Y et Z, définis en 1931 par la CIE, sont à la base de la plupart des calculs dans tous les systèmes de coordonnées chromatiques de la CIE

III.2. Système de couleur Yxy

Dans le système de couleur Yxy (OIE, 1931), Y est un facteur de clarté exprimé en pourcentage par rapport à une réflectance parfaite de 100 %.

x et y sont les coordonnées de chromaticités du diagramme de chromaticité x, y de la OIE (1931) (voir ci-dessous). Ces coordonnées sont définies par les équations suivantes:

$$X = X / (X+Y+Z) ;$$

$$Y = Y / (X+Y+Z)$$

Où X, Y et Z sont les valeurs tristimulus mesurées.

Les valeurs d'écart couleur ΔY , Δx et Δy sont calculées comme suit:

$$\Delta Y = Y - Y_t ; \Delta x = x - x_t ; \Delta y = y - y_t$$

où Y, x et y sont les valeurs mesurées.

Y_t , x_t et y_t sont les valeurs de la couleur de référence.

III .3.Système de couleur L*a*b*

Sur le diagramme de chromaticité x, y de la CIE (1931), des distances égales ne représentent pas des différences égales des couleurs perçues.

Le système de couleur L*a*b* de la CIE (1976) représente mieux la sensibilité humaine aux couleurs. Ce système est décrit ci-dessous. Dans le système L*a*b*, des distances égales sont à peu près représentatives des différences de couleur perçues. L*est la variable de clarté, tandis que a* et b* sont les coordonnées de chromaticités. Voici les équations qui les définissent:

$$\text{➤ } L^* = 116 \left(\frac{Y}{Y_0} \right)^{1/3} - 16$$

$$\text{➤ } a^* = 500 \left[\left(\frac{Y}{X_0} \right)^{1/3} - \left(\frac{Y}{Y_0} \right)^{1/3} \right]$$

$$\text{➤ } b^* = 200 \left[\left(\frac{Y}{Y_0} \right)^{1/3} - \left(\frac{Z}{Z_0} \right)^{1/3} \right]$$

où X, Y et Z sont les valeurs tristimulus mesurées sur l'échantillon
 X₀, Y₀ et Z₀ sont les valeurs tristimulus de la source lumineuse utilisée

| Source lumineuse | X ₀ | Y ₀ | j | Z ₀ |
|------------------|----------------|----------------|---|----------------|
| C | 98.072 | 100.00 | | 118.225 |
| "D | 95.045 | 100.00 | 1 | 108.892 |

Les équations ci-dessus ne sont valables que si les rapports X/X_0 , Y/Y_0 et Z/Z_0 sont supérieurs à 0,008856. Si au contraire ils sont inférieurs à 0,008856, on applique les corrections ci-dessous:

On remplace $(X / X_0)^{1/3}$ par $7,787 (X / X_0) + 16/116$.

On remplace $(Y / Y_0)^{1/3}$ par $7,787 (Y / Y_0) + 16/116$.

On remplace $(Z / Z_0)^{1/3}$ par $7,787 (Z / Z_0) \div 16/116$.

Les valeurs d'écart de couleur ΔL^* , Δa^* et Δb^* se calculent selon les formules suivantes:
 où L^* , a^* et b^* sont les valeurs mesurées sur l'échantillon
 L^{*t} , a^{*t} et b^{*t} sont les valeurs de la couleur de référence

La différence absolue de couleur ΔE^{*ab} se calcule à partir des coordonnées $L^*a^*b^*$ comme suit:

$$\Delta E^{*ab} = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

Espace couleur $L^*a^*b^*$ et différence de couleur E^{*ab}

III.4.1. Système de couleur L*C*H

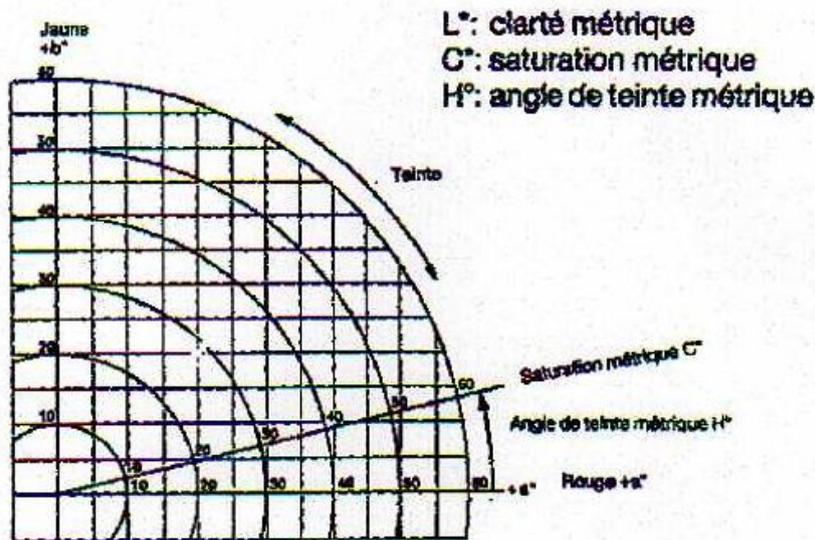


Figure III.2

Le système chromatique L*C*H° de la CIE fait appel au même diagramme que le système L*a*b*, mais avec des coordonnées polaires au lieu de coordonnées cartésiennes. Dans ce système, L* est la variable de clarté C la saturation et H° l'angle de teinte. Voici les équations qui les définissent:

$$L^* = L^*$$

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$$

$$H^\circ = \text{tg}^{-1}(b^*/a^*) \text{ si } a^* > 0 \text{ et } b^* \geq 0$$

$$H^\circ = 180^\circ + \text{tg}^{-1}(b^*/a^*) \text{ si } a^* < 0$$

$$H^\circ = 360^\circ + \text{tg}^{-1}(b^*/a^*) \text{ si } a^* > 0 \text{ et } b^* < 0$$

$$H^\circ = 0^\circ \text{ si } a^* = 0 \text{ et } b^* = 0$$

$$H^\circ = 90^\circ \text{ si } a^* = 0 \text{ et } b^* > 0$$

$$H^\circ = 270^\circ \text{ si } a^* = 0 \text{ et } b^* < 0$$

4.2. Mesure d'écart de couleur

Les valeurs d'écart de couleur L^* et C^* se calculent d'après les équations suivantes :

$$\Delta L^* = L^* - L_t^* \quad \Delta C^* = C^* - C_t^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} - \sqrt{(a_t^*)^2 + (b_t^*)^2}$$

où L^* , C^* , a^* et b^* sont les valeurs mesurées sur l'échantillon

L_t^* , C_t^* , a_t^* et b_t^* sont les valeurs de la couleur de référence

Dans ce système de couleur, on mesure l'écart de couleur avec ΔH^* au lieu de ΔH° . ΔH^* se définit par l'équation: $\Delta H^* = \sqrt{(\Delta E^* a b)^2 - (\Delta L^*)^2 - (\Delta C^*)^2}$

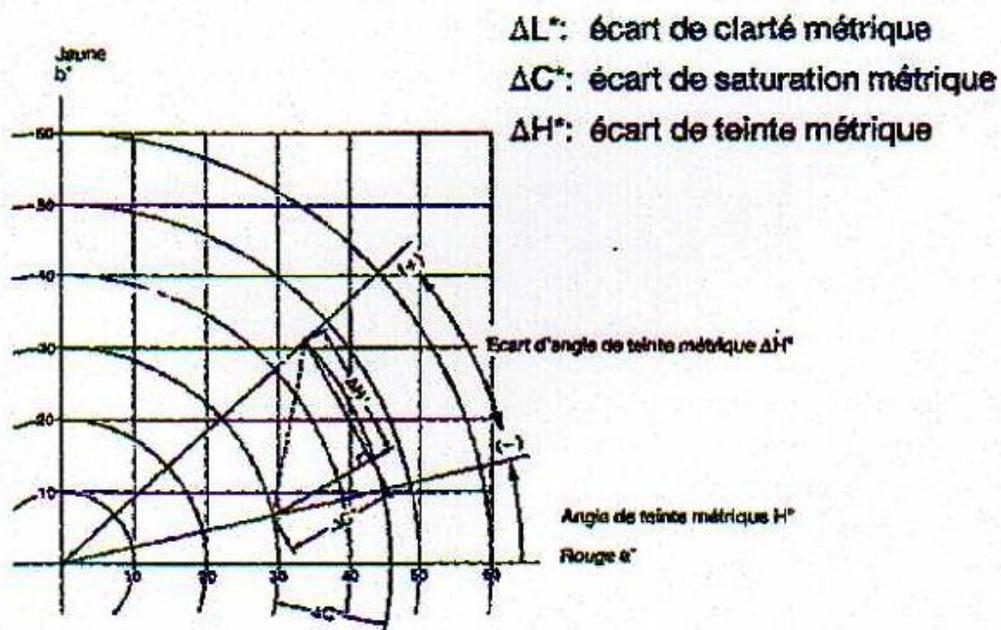


Figure III.3

ΔH^* est positif si l'écart d'angle de teinte métrique est positif (c'est à dire si l'angle de teinte H° de l'échantillon est supérieur à l'angle de teinte H° de la couleur de référence). H^* est négatif si l'écart d'angle de teinte métrique est négatif.

III .5.Système de couleur Hunter L a b

Le système Hunter Lab a été mis au point en 1966 afin que la différence des valeurs mesurées se rapproche davantage de la différence des couleurs perçues. L est la variable de clarté, tandis que a et b sont des coordonnées de chromaticité. Voici les équations qui les définissent :

Où X, Y et Z sont les valeurs tristimulus mesurées sur l'échantillon
 X_0 , Y_0 et Z_0 sont les valeurs du tableau ci-dessous.

| Source lumineuse | X_0 | Y_0 | Z_0 |
|------------------|--------|--------|---------|
| "C" | 98.072 | 100.00 | 118.225 |
| "D" | 95.045 | 100.00 | 108.892 |

Les valeurs d'écart de couleur L, a et b se calculent d'après les formules suivantes:

$$\Delta L = L - L_t$$

$$\Delta a = a - a_t$$

$$\Delta b = b - b_t$$

où L, a et b sont les valeurs mesurées sur l'échantillon

L_t , a_t et b_t sont les valeurs de la couleur de référence

Dans le système Hunter Lab, la différence absolue de couleur ΔE se calcule comme suit:

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$$

Amélioration de l'indice de blancheur par titrage physique

I. Manipulation des facteurs a et b de l'espace couleur L*a*b en mélangeant différents calcaires

I. 1.Introduction

Pour l'amélioration de l'indice de blancheur du gisement d'El –Khroub , nous avons procédé au mélange des carbonates de calcium ,et ce mélange est constitué des ceux Issu de l'usine (El –Khroub) et un autre qu' on achemine d'une usine voisine (privé) , car ayant un indice de blancheur plus élevé .

I .2.Procédure de Mélange des Calcaires

Le mélange du carbonate de calcium s'effectuera au niveau du tout venant , et d'après les caractéristiques de la roche ramenée de l'usine privé , on déterminera le pourcentage de notre mélange .

Dans notre cas on a pris 30% du carbonate parvenu de l'usine privée avec 70% du carbonate de l'usine EL-Khroub ,et ce mélange va subir toutes les opérations conduisant à améliorer sa blancheur.

le tout-venant passe par un pré cribleur (scalper) où les fines de dimensions inférieures à 40 mm sont rejetées, alors que le refus alimente un concasseur à mâchoires à double effet.

Le produit concasse a une granulométrie variant de 0 à 300 mm , le produit obtenu passe dans un concasseur secondaire (à percussion) . le scalpage n'est pas toujours appliqué , car il dépend de la qualité du produit à concasser , le produit présente une granulométrie variant de (0 - 50) mm.

le passage à travers un crible vibrant à deux grilles permet de classer le produit en trois

Catégories granulométriques:

- Entre (0 - 3) mm , il s'agit d'un sable adapté à l'alimentation du bétail
- Entre (3 - 5) mm il est conditionne dans des grands sacs pour la fabrication du carrelages appelle mono couche ;

- Entre (5 - 50) mm, passage à travers une bande transporteuse vers l'usine de produits fins et ultrafins.

- le produit qui alimente l'usine passe auparavant par le birotor, où il est réduit à (0-2) mm.

Il alimente trois points :

- le silo 0-2mm, stockant un produit vendu directement.
- le tamiseur à fréquence électromagnétique permettant de classer de la manière suivante les produits :

A- Incluant le (0.8 - 2) mm.

B- Incluant le (0 - 0.8) mm ; ce produit alimente un séparateur ventile à deux cyclones à deux étages, Les produits obtenus sont :

F15 : (0 - 0.1) mm et leur refus AL 150 (0.1 - 0.8) mm.

F20 (0 - 0.2) mm et leur refus AL 200 (0.2 - 0.8) mm.

C- Le broyeur à banes: le produit est broyé à (0.25) mm, puis évacué par un extracteur dans un séparateur ventilé mono étage , où il effectue la séparation des produits ultrafins :

UF10 : (0- 0.04) mm et leur refus F50 (0.04 - 0.25) mm.

UFS : (0 - 0.02) mm et leur refus F30 (0.02 - 0.25) mm.

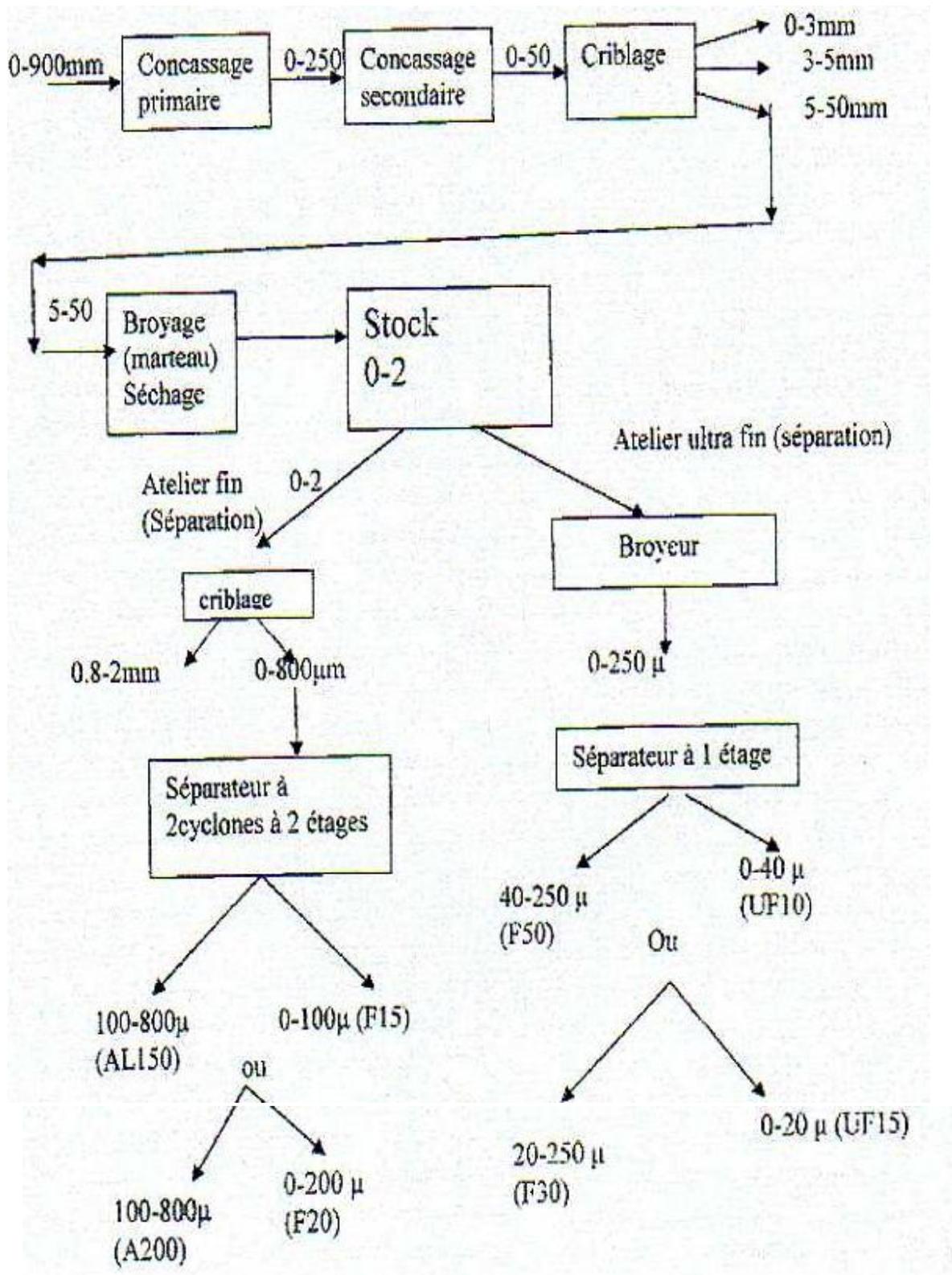


Figure IV.1 : Atelier de traitement

dans cette étude nous avons pris les quartes produits les plus utilisés (UF5 , F15, UF'10 ,F20) et on a calculé l'indice de blancheur de chaque produit dans le laboratoire, mais avant cela nous avons effectué une préparation des échantillons.

II .Echantillonnage

- Une mission à été effectuée dans le but de prélever des échantillons a traiter au niveau du gisement d'El-Khroub de l'usine de production de carbonate de calcium.

- Les prélèvements ont été réalisés en trois points de l'usine de production de carbonate de calcium, incluant

- Un échantillon à la sortie du silo de (0- 2)mm.
- Un échantillon au niveau du point d'alimentation du broyeur à barre .
- Un échantillon provenant de la bande d'alimentation du crible vibrant.

Le poids total de ces trois échantillons est de 84kg.

L'échantillonnage au laboratoire utilise deux techniques: le quartage manuel et le diviseur à couloirs, pour avoir une réduction de l'échantillon provenant de l'usine, jusqu'à obtention des prises suffisantes pour les essais au laboratoire, tout en étant représentatif de tout l'ensemble.

Après échantillonnage on va calculer les facteurs **a** et **b** de chaque produit et cela pendant 7jours et a différentes heures et les résultats sont présentés dans les tableaux.

| Opérateur : BENMENNI Produit b n CaCO ₃ Reference: <i>P F12010612007</i> | | Unité: EL-KHROUB | | | |
|---|------------------------------|------------------|-------|-----------|-------|
| Désignation | Date et heure de prélèvement | Blancheur | | | |
| | | Y | L | a* | b* |
| UF5 Palla+P.F | 24/06/2007 00h30mn | 85.88 | 93.27 | +0.48 | +3.11 |
| UF5 Palla+P.F | 24/06/2007 14h00mn | 85.22 | 94.38 | +0.51 | +2.57 |
| F15 | 24/06/2007 11h00mn | 86.35 | 94.24 | +0,41 | +2.61 |
| F15 | 24/06/2007 20h00mn | 85.13 | 94.15 | +0.49 | +2.72 |
| UF10 Cocotte | 24/06/2007 | 85.73 | 94.39 | +0.45 | +2.65 |
| U F 1 0 | 74/06/2007 13h00mn | 84.55 | 93.69 | +0.5 4 | +2.95 |
| F20 | 24/06/2007 14h45mn | 85.59 | 94.20 | +0.41 | +7.80 |
| F20 | 24/06/2007 22h00 | 86.17 | 94.17 | +0.33 | +2.58 |

Tableau : (VI- 1)

| Opérateur BENMENNI Produit b n CaCO ₃ Reference: P F12010612007 | | Unité: EL-KHROUB | | | |
|--|---------------------------------|------------------|-------|-------|-------|
| Désignation | Date et heure de prélèvement | Blancheur | | | |
| | | Y | L | a* | b* |
| UF5 Palla+P.F | 25/06/2007 001)30mn | 85.92 | 94.32 | +0.46 | +2.72 |
| UF5 Palla+P.F | 25/06/2007 14h00rnn | 86.23 | 94.41 | +0.36 | +2.45 |
| F I 5 | 25106/2007 11h00mn | 86.49 | 94.14 | +0.43 | +2.54 |
| F15 | 25/06/2007 20h00mn | 85.93 | 94.33 | +0.41 | +2.69 |
| UFIO Cocotte | 25/06/2007 | 85.77 | 94.17 | +0.21 | +2.66 |
| UFIO | 25/06/2007 13h00mn | 84.54 | 93.70 | +0.58 | +3.02 |
| F20 | 25/06/2007 14h45mn | 85.69 | 94.25 | +0.27 | +2.81 |
| F20 | 25/06/2007 22h00 | 86.15 | 94.20 | +0.48 | +2.61 |

Tableau : (IV-2)

| Opérateur : BENMENN1 Produit b n CaCO3 Reference: P F12010612007 | | Unité: EL-KHROUB | | | |
|--|------------------------------|------------------|-------|-------|-------|
| Désignation | Date et heure de prélèvement | Blancheur | | | |
| | | Y | L | a* | b* |
| UF5 Palla+P.F | 26/06/2007 00h30mn | 85.99 | 94.34 | +0.55 | +2.75 |
| UF5 Palla+P.F | 26/06/2007 14h00mn | 86.22 | 94.45 | +0.35 | +2.47 |
| F15 | 26/06/2007 1 1h00mn | 86.50 | 94.22 | +0.47 | +2.58 |
| F15 | 26/06/2007 20h00mn | 85.91 | 94.34 | +0.42 | +2.71 |
| UF10 Cocotte | 26/06/2007 | 85.70 | 94.27 | +0.26 | +2.66 |
| UF10 | 26/06/2007 13h00mn | 84.52 | 93.65 | +0.56 | +3.04 |
| F20 | 26/06/2007 14h45mn | 85.71 | 94.18 | +0.26 | +2.77 |
| F20 | 26/06/2007 22h00 - | 86.22 | 94.13 | +0.44 | +2.61 |

Tableau : (IV-3)

| Opérateur BENMENNI Produit b n CaCO ₃ Reference: <i>P F12010612007</i> | | Unité: EL-KHROUB | | | |
|---|---------------------------------|------------------|-------|-------|-------|
| Désignation | Date et heure De prélèvement | Blancheur | | | |
| | | Y | L | a* | b* |
| UF5 Palla+P.F | 27/06/2007 00h30mn | 85.96 | 94.29 | +0.48 | +2.65 |
| UF5 Palla+P.F | 27/06/2007 14h00mn | 86.18 | 94.38 | +0.38 | +2.49 |
| F15 | 27/06/2007 11h00mn | 86.46 | 94.1 | +0.41 | +2.52 |
| F15 | 27/06/2007 20h00mn | 85.96 | 94.29 | +0.44 | +2.67 |
| UF10 Cocotte | 27/06/2007 | 85.73 | 94.19 | +0.25 | +2.65 |
| UF10 | 27/06/2007 13h00mn | 84.55 | 93.68 | +0.54 | +3.05 |
| F20 | 27/06/2007 14h45mn | 85.67 | 94.20 | +0.23 | +2.80 |
| F20 | 27/06/2007 22h00 | 86.14 | 94.17 | +0.40 | 12.58 |

Tableau : (IV-4)

| Opérateur: BENMENNI Produit: n CaCO ₃ Référence: <i>P F12010612007</i> | | Unité: EL-KHROUB | | | |
|---|------------------------------|------------------|-------|-------|-------|
| Désignation | Date et heure de prélèvement | Blancheur | | | |
| | | Y | L | a* | b* |
| UF5 Palla+P.F | 28/06/2007 23h45mn | 85.40 | 94.33 | +0.51 | +3.01 |
| UF5 Palla+P.F | 28/06/2007 14h00mn | 86.26 | 94.4 | +0.29 | +2.50 |
| F15 | 28/06/2007 11h00mn | 86.44 | 94.25 | +0.39 | +2.54 |
| F15 | 18/06/2007 10h10mn | 85.95 | 94.27 | +0.46 | +2.65 |
| UF10 Cocotte | 13/06/2007 | 85.71 | 94.21 | +0.28 | +2.69 |
| UF10 | 28/06/2007 13h00mn | 84.53 | 93.71 | +0.58 | +3.03 |
| F20 | 28/06/2007 14h45mn | 85.69 | 94.18 | +0.25 | +2.79 |
| F20 | 28/06/2007 22h00 | 86.17 | 94.10 | +0.42 | +2.55 |

Tableau : (IV-5)

| Opérateur: BENMENNI Produit: n CaCO ₃ Reference: P F12010612007 | | Unité: EL-KHROUB | | | |
|--|------------------------------|------------------|-------|-------|-------|
| Désignation | Date et heure de prélèvement | Blancheur | | | |
| | | Y | L | a* | b* |
| UF5 Palla+P.F | 29/06/2007 00h30mn | 85.91 | 94.28 | +0.52 | +2.72 |
| UF5 Palla+P.F | 29/06/2007 14h00mn | 86.20 | 94.42 | +0.40 | +7.45 |
| F15 | 29/06/2007 11h10mn | 86.43 | 94.17 | +0.44 | +2.46 |
| F15 | 29/06/2007 20h00mn | 85.95 | 94.31 | +0.4 | -0.67 |
| UF10 Cocotte | 29/06/2007 | 85.74 | 94.24 | +0.29 | +2.71 |
| UF10 | 29/06/2007 13h00mn | 84.58 | 93.6 | +0.53 | +3.07 |
| F20 | 29/06/2007 14h45 mn | 85.68 | 94.18 | +0.24 | +2.81 |
| F20 | 29/06/2007 22h00 | 86.12 | 94.21 | +0.44 | +7.60 |

Tableau : (IV-6)

| Opérateur: BENMENNI Produit n CaCO ₃ Reference: P F12010612007 | | Unité: EL-KHROUB | | | |
|---|------------------------------|------------------|-------|-------|-------|
| Désignation | Date et heure de prélèvement | Blancheur | | | |
| | | Y | L | a* | b* |
| UF5 Palla+P.F | 29/06/2007 00h30mn | 85.91 | 94.28 | +0.52 | +2.72 |
| UF5 PallaP.F | 29/06/2007 14h00mn | 86.20 | 94.42 | +0.40 | +7.45 |
| F15 | 29/06/2007 11h10mn | 86.43 | 94.17 | +0.44 | +2.46 |
| F15 | 29/06/2007 20h00mn | 85.95 | 94.31 | +0.4 | -0.67 |
| UF10 Cocotte | 29/06/2007 | 85.74 | 94.24 | +0.29 | +2.71 |
| UF10 | 29/06/2007 13h00mn | 84.58 | 93.6 | +0.53 | +3.07 |
| F20 | 29/06/2007 14h45mn | 85.68 | 94.18 | +0.24 | +2.81 |
| F20 | 29/06/2007 22h00 | 86.12 | 94.21 | +0.44 | +7.60 |

Tableau : (IV-7)

III. Interprétation des résultats

La couleur perçue à trois dimension , la teinte , la saturation et la clarté . La chromaticité , englobe la teinte et la saturation , et elle est définie par deux coordonnées de chromaticité a^* , b^* , et il faut ajouter le facteur de carté L pour identifier la couleur d' un échantillon avec précision .

On peut dire que d'après nos échantillons prélevés sur les quatre produits UF5, F15, UF10 F20 , que le facteur de clarté L varie entre [93.27 - 94.45] tandis que les coordonnées de Chromaticité a^*,b^* leurs variation est plus importante et plus espacé , ces pour cela que l'amélioration de la blancheur n'est pas fixe et varie de jour en jour , mais le produit obtenu reste de bonne qualité .

Conclusion générale

Le but de ce travail est d'obtenir un produit très blanc, requis par son utilisation dans certaines branches de l'industrie : (peinture, papier, pharmacie). Nous avons pour cette première tentative, sélectionné quatre produits : UF5, UF10, F15, F20 les plus utilisés dans le marché, et une méthode de manipulation des facteurs **a** et **b** de l'espace couleur L^*a^*b en mélangeant différents calcaires. Vu les dimensions de tranches choisies UF 5 et UF 10, qui sont respectivement (-0,02mm,+0) (-0.04 mm,+0) et pour le F15 et le F20 qui sont respectivement (-0.1mm,+0) (-0.2,+0).

On peut dire que les résultats obtenus sont satisfaisants du point de vue amélioration de la blancheur où on a obtenu des couleurs plus blanches que le produit utilisé.

Mais pour la constance du produit obtenu elle n'est pas fixe ce qui nous donne des variances de blancheur dans les produits.

Suggestion

-Utiliser en plus, les colorants tel l'oxyde de cobalt ; compatibles avec le type de minéral.



ALCAL UF5

Fiche Technique

Le gisement El-khroub occupe la partie sud ouest du massif Oum Settas au nord-est de Constantine, il est constitué de calcaire d'origine biochimique néritique caractérisé par une grande pureté chimique et une blancheur élevée.

Caractéristiques chimiques

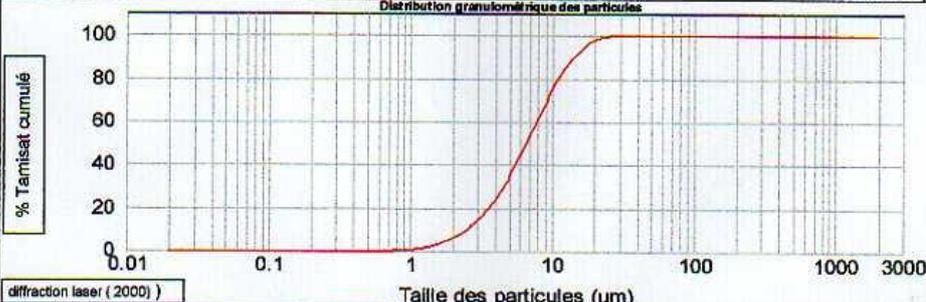
| | |
|--------------------------------|---------------|
| CaCO ₃ | 99% |
| CaO | 55,21% |
| SiO ₂ | 0,04% |
| Na ₂ O | 0,07% |
| Al ₂ O ₃ | 0,07% |
| MgO | 0,59% |
| Fe ₂ O ₃ | 0,03% |
| Perte au feu | 43% |
| Ph | 9 |
| Cyanure | 0,045 µg / gr |
| Mercure | 0,35 µg / gr |
| Arsenic | 0,08 µg / gr |
| Fluor | 0,02mg / gr |
| Chlorure | 0,001mg / gr |

Caractéristiques physiques

| | |
|-------------------------------|------------------------|
| Dureté (Mohs): | 3 |
| Poids spécifique: | 2,7 |
| Densité apparente non tassée: | 0,80g /cm ³ |
| Blancheur (CR 310 MINOLTA): | L: 84.81 a+0.33 b+2.38 |
| Prise d'huile (NF.T30.022): | 27g/100g de poudre |
| Prise D O P (NF.T 30.022): | 37g/100g de poudre |
| Humidité à l'ensachage: | 0,02% |
| Indice de réfraction: | 1,71 |

Répartition granulométrique

Inférieur à 3 µm : 14%
Diamètre médian : 7µm
Inférieur à 20µm : 98%



Distribution granulométrique des particules

diffraction laser (2000)

Les valeurs figurant dans cette fiche technique sont des valeurs caractéristiques moyennes de la production

Conditionnement

- En vrac
- Big-bag (1tonne)
- Palettes housées (48 sacs de 25kg)

Principales utilisations

- Peinture mate et satinée en phase aqueuse et phase solvant
- Peinture en poudre hydrodispersible
- Peinture routière et Peinture industrielle
- P V C plastifié
- Caoutchouc et plastique industriel
- Différentes colles
- Composites
- Etanchiété, isolation
- Cablerie

62



ALCAL F15

Fiche technique

Le gisement El-khroub occupe la partie sud ouest du massif Oum Settas au nord-est de Constantine, il est constitué de calcaire d'origine biochimique néritique caractérisé par une grande pureté chimique et une blancheur élevée.

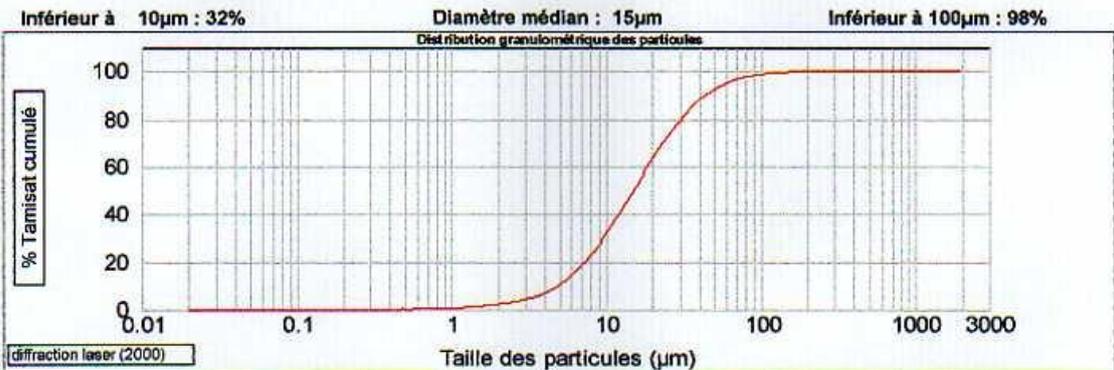
Caractéristiques chimiques

| | |
|--------------------------------|---------------|
| CaCO ₃ | 98% |
| CaO | 55,13% |
| SiO ₂ | 0,06% |
| Na ₂ O | 0,07% |
| MgO | 0,59% |
| Al ₂ O ₃ | 0,08% |
| Fe ₂ O ₃ | 0,03% |
| Perte au feu | 43% |
| Ph | 9 |
| Cyanure | 0,045 µg / gr |
| Mercuré | 0,35 µg / gr |
| Arsenic | 0,08 µg / gr |
| Fluor | 0,02mg / gr |
| Chlorure | 0,001mg / gr |

Caractéristiques physiques

| | |
|---------------------------------|-------------------------|
| Dureté (MOHS) : | 3 |
| Poids spécifique : | 2,7 |
| Densité apparente non tassée : | 0,97g / cm ³ |
| Blancheur (CR310 MINOLTA) : | L : 93,43 a+0,35 b+2,96 |
| Prise d'huile (N.F.T 30.022) : | 23g/100g de poudre |
| Prise D O P(N.F.T 30.022) : | 32g/100g de poudre |
| Humidité à l' ensachage : | 0,01% |
| Indice de réfraction : | 1,71 |

Répartition granulométrique



Les valeurs figurant dans cette fiche technique sont des valeurs caractéristiques moyennes de la production

Conditionnement

En vrac
Big-bag (1tonne)
Palettes houssées (48 sacs de 25kg)

Principales utilisations

Peinture mate en phase aqueuse et phase solvant
Peinture hydrodispersible
Enduit en peinture
Enduit base ciment
Composites
Poudre et crème à récurer
Mastic



ALCAL F20

Fiche technique

Le gisement El-khroub occupe la partie sud ouest du massif Oum Settas au nord-est de Constantine, il est constitué de calcaire d'origine biochimique néritique caractérisé par une grande pureté chimique et une blancheur élevée.

Caractéristiques chimiques

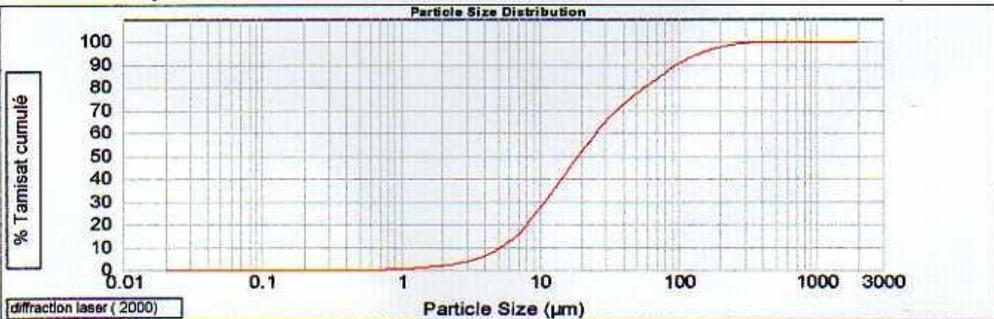
| | |
|--------------------------------|---------------|
| CaCO ₃ | 98% |
| CaO | 55,13% |
| SiO ₂ | 0,06% |
| Na ₂ O | 0,07% |
| MgO | 0,59% |
| Al ₂ O ₃ | 0,09% |
| Fe ₂ O ₃ | 0,03% |
| Perte au feu | 43% |
| Ph | 9 |
| Cyanure | 0,045 µg / gr |
| Mercure | 0,35 µg / gr |
| Arsenic | 0,08 µg / gr |
| Fluor | 0,02mg / gr |
| Chlorure | 0,001mg / gr |

Caractéristiques physiques

| | |
|--------------------------------|-------------------------|
| Dureté (MOHS) : | 3 |
| Poids spécifique : | 2,7 |
| Densité apparente non tassée : | 1,04gr/cm ³ |
| Blancheur (CR310 MINOLTA) : | L : 92,72 a+0,47 b+3,19 |
| Prise d'huile (NF.T 30.022): | 20g/100g de poudre |
| Prise D O P (NF.T 30.022): | 29g/100g de poudre |
| Humidité à l' ensachage : | 0,01% |
| Indice de réfraction : | 1,71 |

Répartition granulométrique

Inférieur à 10µm : 26% Diamètre médian : 19µm Inférieur à 200µm : 98%



diffraction laser (2000) Les valeurs figurant dans cette fiche technique sont des valeurs caractéristiques moyennes de la production

Conditionnement

Big-bag (1tonne)
Palettes houssées (48 sacs de 25kg)

Principales utilisations

fabrication du verre
Poudre et crème à récurer
Détergent
Faïence

65



ALCAL F50

Fiche technique

Le gisement El-khroub occupe la partie sud ouest du massif Oum Settas au nord-est de Constantine, il est constitué de calcaire d'origine biochimique néritique caractérisé par une grande pureté chimique et une blancheur élevée.

Caractéristiques chimiques

| | |
|--------------------------------|---------------|
| CaCO ₃ | 98% |
| CaO | 55,18% |
| SiO ₂ | 0,06% |
| Na ₂ O | 0,07% |
| MgO | 0,59% |
| Al ₂ O ₃ | 0,07% |
| Fe ₂ O ₃ | 0,03% |
| Perte au feu | 43% |
| Ph | 9 |
| Cyanure | 0,045 µg / gr |
| Mercure | 0,35 µg / gr |
| Arsenic | 0,08 µg / gr |
| Fluor | 0,02mg / gr |
| Chlorure | 0,001mg / gr |

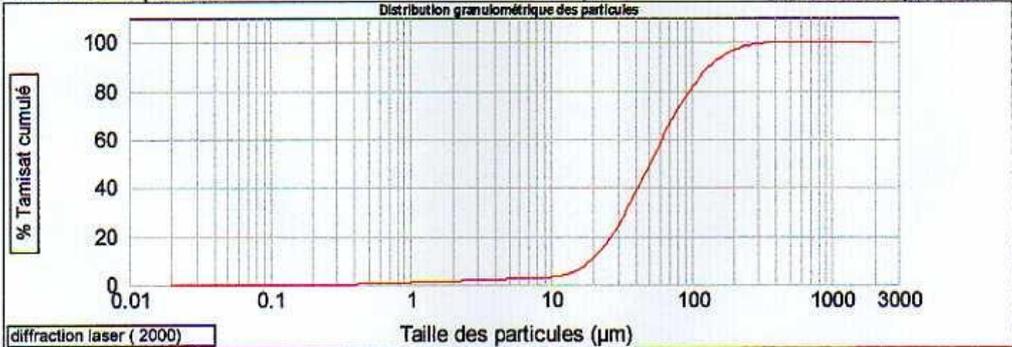
Caractéristiques physiques

| | |
|-------------------------------|------------------------|
| Dureté (MOHS) : | 3 |
| Poids spécifique : | 2,7 |
| Densité apparente non tassée: | 1,31gr/cm ³ |
| Indice de réfraction : | 1,71 |
| BLancheur (CR310 MINOLTA) : | L: 91,23a+1,93 b+6,91 |

Répartition granulométrique

Inferieur à 40µm :37% Diamètre médian : 51µm Inferieur à 500µm :100%

Distribution granulométrique des particules



Les valeurs figurant dans cette fiche technique sont des valeurs caractéristiques moyennes de la production

Conditionnement

Vrac
Big Bag (1 tonne)

Principales utilisations

Etanchéité
Céramique

66



ALCAL F30

Fiche technique

Le gisement El-khroub occupe la partie sud ouest du massif Oum Settas au nord-est de Constantine, il est constitué de calcaire d'origine biochimique néritique caractérisé par une grande pureté chimique et une blancheur élevée.

Caractéristiques chimiques

| | |
|--------------------------------|---------------|
| CaCO ₃ | 98% |
| CaO | 55,04% |
| SiO ₂ | 0,09% |
| Na ₂ O | 0,07% |
| MgO | 0,59% |
| Al ₂ O ₃ | 0,07% |
| Fe ₂ O ₃ | 0,03% |
| Perte au feu | 43% |
| Ph | 9 |
| Cyanure | 0,045 µg / gr |
| Mercure | 0,35 µg / gr |
| Arsenic | 0,08 µg / gr |
| Fluor | 0,02mg / gr |
| Chlorure | 0,001mg / gr |

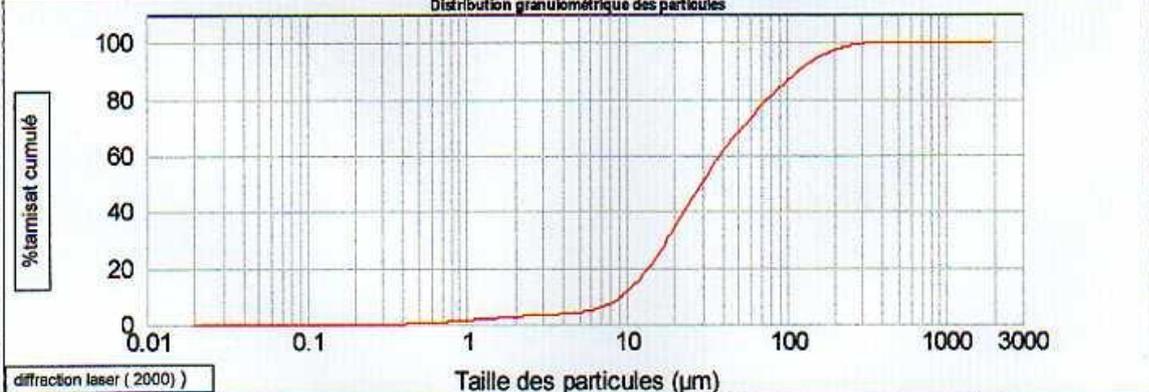
Caractéristiques physiques

| | |
|-------------------------------|---------------------------|
| Dureté (MOHS) : | 3 |
| Poids spécifique : | 2,7 |
| Densité apparente non tassée: | 1,18gr/cm ³ |
| Indice de réfraction : | 1,71 |
| BLancheur (CR310 MINOLTA) : | L: 90.84,89 a+0,43 b+3,73 |

Répartition granulométrique

Inférieur à 20µm :34% Diamètre médian : 30µm Inférieur à 500µm :100%

Distribution granulométrique des particules



diffraction laser (2000)

Les valeurs figurant dans cette fiche technique sont des valeurs caractéristiques moyennes de la production

Conditionnement

Vrac
Big Bag (1 tonne)

Principales utilisations

Etanchéité
Céramique

67



ALCAL 150

Fiche technique

Le gisement El-khroub occupe la partie sud ouest du massif Oum Settas au nord-est de Constantine, il est constitué de calcaire d'origine biochimique néritique caractérisé par une grande pureté chimique et une blancheur élevée.

Caractéristiques chimiques

| | |
|--------------------------------|---------------|
| CaCO ₃ | 98% |
| CaO | 55,13% |
| SiO ₂ | 0,04% |
| Na ₂ O | 0,07% |
| MgO | 0,59% |
| Al ₂ O ₃ | 0,07% |
| Fe ₂ O ₃ | 0,02% |
| Perte au feu | 43% |
| Ph | 9 |
| Cyanure | 0,045 µg / gr |
| Mercur | 0,36 µg / gr |
| Arsenic | 0,08 µg / gr |
| Fluor | 0,02mg / gr |
| Chlorure | 0,001mg / gr |

Caractéristiques physiques

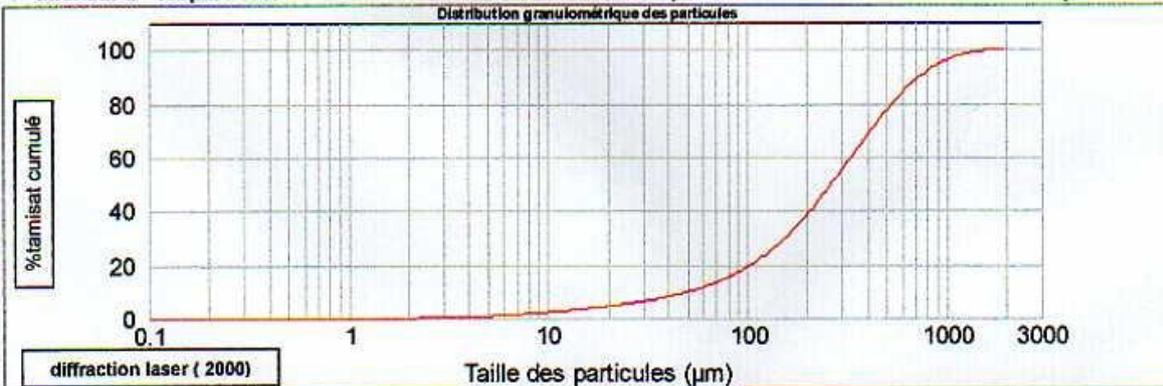
| | |
|------------------------------|------------------------|
| Dureté (MOHS) : | 3 |
| Poids spécifique : | 2,7 |
| Densité apparente : | 1,41gr/cm ³ |
| Indice de réfraction : | 1,71 |
| BLancheur (CR310 MINOLTA) : | L : 88,15 |

Répartition granulométrique

Inférieur à 100µm : 19%

Diamètre médian : 265µm

Inférieur à 800µm : 92%



Les valeurs figurant dans cette fiche technique sont des valeurs caractéristiques moyennes de la production

Conditionnement

Vrac
Big Bag (1 tonne)

Principales utilisations

Carreau-granito
Fabrication du verre
Crépiage
Alimentation bétail
Détergent



ALCAL 200

Fiche technique

Le gisement El-khroub occupe la partie sud ouest du massif Oum Settas au nord-est de Constantine, il est constitué de calcaire d'origine biochimique néritique caractérisé par une grande pureté chimique et une blancheur élevée.

Caractéristiques chimiques

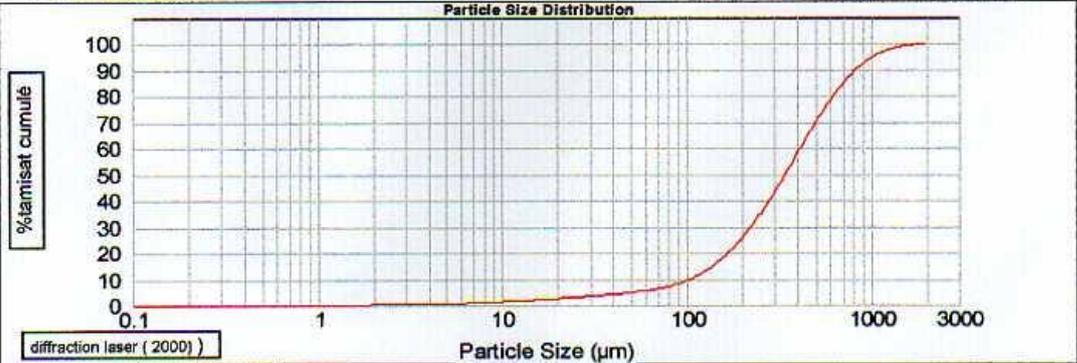
| | |
|--------------------------------|---------------|
| CaCO ₃ | 98% |
| CaO | 55,16% |
| SiO ₂ | 0,01% |
| Na ₂ O | 0,07% |
| MgO | 0,59% |
| Al ₂ O ₃ | 0,05% |
| Fe ₂ O ₃ | 0,02% |
| Perte au feu | 43% |
| Ph | 9 |
| Cyanure | 0,045 µg / gr |
| Mercure | 0,36 µg / gr |
| Arsenic | 0,08 µg / gr |
| Fluor | 0,02mg / gr |
| Chlorure | 0,001mg / gr |

Caractéristiques physiques

| | |
|--------------------------------|-------------------------|
| Dureté (MOHS) : | 3 |
| Poids spécifique : | 2,7 |
| Densité apparente non tassée : | 1,50 gr/cm ³ |
| Indice de réfraction : | 1,71 |
| Blancheur (CR 310 MINOLTA) : | L : 85.82 |

Répartition granulométrique

Inférieur à 200µm : 26% Diamètre médian : 342µm Inférieur à 800µm : 89%



diffraction laser (2000)

Les valeurs figurant dans cette fiche technique sont des valeurs caractéristiques moyennes de la production

Conditionnement

VRAC
Big Bag (1 tonne)

Principales utilisations

Industrie du verre
Alimentation (bétail)
Crépissage



ALCAL SC03

Fiche technique

Le gisement El-khroub occupe la partie sud ouest du massif Oum Settas au nord-est de Constantine, il est constitué de calcaire d'origine biochimique néritique caractérisé par une grande pureté chimique et une blancheur élevée

Caractéristiques chimiques

| | |
|--------------------------------|---------------|
| CaCO ₃ | 98% |
| CaO | 54,83% |
| SiO ₂ | 0,31% |
| Na ₂ O | 0,07% |
| MgO | 0,58% |
| Al ₂ O ₃ | 0,16% |
| Fe ₂ O ₃ | 0,06% |
| Perte au feu | 43% |
| Ph | 9 |
| Cyanure | 0,045 µg / gr |
| Mercure | 0,35 µg / gr |
| Arsenic | 0,08 µg / gr |
| Fluor | 0,02mg / gr |
| Chlorure | 0,001mg / gr |

Caractéristiques physiques

| | |
|--------------------------------|--------------------------|
| Dureté (MOHS) : | 3 |
| Poids spécifique : | 2,7 |
| Densité apparente non tassée : | 1,44gr / cm ³ |
| Module de finesse : | 2,67 |
| Blancheur (CR310 MINOLTA) : | L : 87,15 |

Répartition granulométrique

Inférieur à 0,063mm : 16%

Inférieur à 3,15mm : 92%



Les valeurs figurant dans cette fiche technique sont des valeurs caractéristiques moyennes de la production

Conditionnement

Vrac

Utilisation principales

Bétons hydrauliques et travaux routiers
Alimentation (bétail)
Fertilisation des sols



ALCAL G 082

Fiche technique

Le gisement El-khroub occupe la partie sud ouest du massif Oum Settas au nord-est de Constantine il est constitué de calcaire d'origine biochimique néritique caractérisé par une grande pureté chimique et une blancheur élevée.

Caractéristiques chimiques

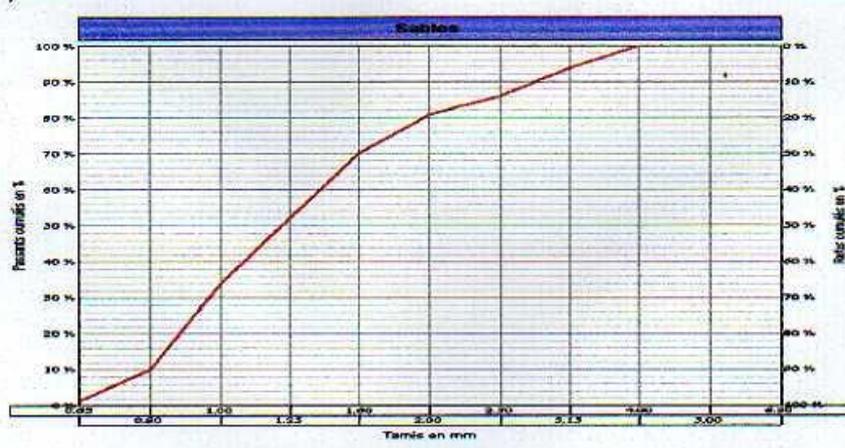
| | |
|--------------------------------|---------------|
| CaCO ₃ | 98% |
| CaO | 55,08% |
| SiO ₂ | 0,03% |
| Na ₂ O | 0,07% |
| MgO | 0,59% |
| Al ₂ O ₃ | 0,07% |
| Fe ₂ O ₃ | 0,03% |
| Perte au feu | 43% |
| Ph | 9 |
| Cyanure | 0,045 µg / gr |
| Mercure | 0,35 µg / gr |
| Arsenic | 0,08 µg / gr |
| Fluor | 0,02mg / gr |
| Chlorure | 0,001mg / gr |

Caractéristiques physiques

| | |
|-------------------------------|------------------------|
| Dureté (MOHS) : | 3 |
| Poids spécifique : | 2,7 |
| Densité apparente non tassée: | 1,30gr/cm ³ |
| Blancheur (CR 310 MINOLTA) : | L : 78,38 |

Répartition granulométrique

Inférieur à 0,8 mm : 10 %
Inférieur à 2mm : 80%



Les valeurs figurant dans cette fiche technique sont des valeurs caractéristiques moyennes de la production

Conditionnement

Vrac
Eventuellement en big-bag(1 tonne)

Utilisation principales

Fertilisant
Carreaux mono-couche
Crépissage etc ...

71



3 / 5

Fiche technique (Granulat)

Le gisement El-khroub occupe la partie sud ouest du massif Oum Settas au nord-est de Constantine, il est constitué de calcaire d'origine biochimique néogène caractérisé par une grande pureté chimique et une blancheur élevée

Caractéristiques chimiques

| | |
|--------------------------------|--------|
| CaCO ₃ | 98% |
| CaO | 55,10% |
| SiO ₂ | 0,11% |
| Na ₂ O | 0,07% |
| MgO | 0,59% |
| Al ₂ O ₃ | 0,07% |
| Fe ₂ O ₃ | 0,03% |
| Perte au feu | 43% |
| Ph | 9 |

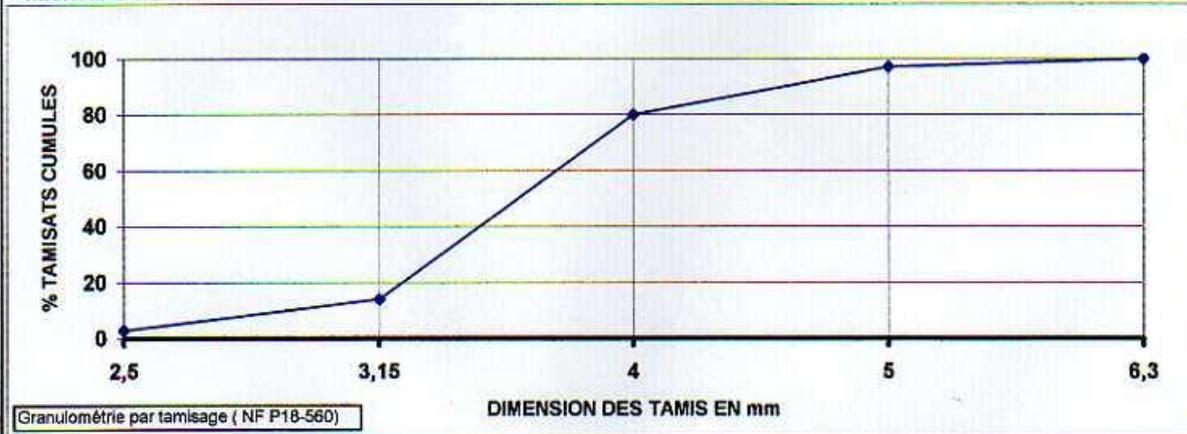
Caractéristiques physiques

| | |
|--------------------|-----|
| Dureté (MOHS) : | 3 |
| Poids spécifique : | 2,7 |

Répartition granulométrique

Inférieur à 3.15mm : 29%

Inférieur à 5mm : 98%



Conditionnement

Vrac

Utilisation principales

- Dessalement
- Mono-couche
- Fabrication carrelage



ALCAL 3 / 5

Fiche technique

Le gisement El-khroub occupe la partie sud ouest du massif Oum Settas au nord-est de Constantine, il est constitué de calcaire d'origine biochimique néritique caractérisé par une grande pureté chimique et une blancheur élevée

Caractéristiques chimiques

| | |
|--------------------------------|---------------|
| CaCO ₃ | 98% |
| CaO | 55,10% |
| SiO ₂ | 0,11% |
| Na ₂ O | 0,07% |
| MgO | 0,59% |
| Al ₂ O ₃ | 0,07% |
| Fe ₂ O ₃ | 0,03% |
| Perte au feu | 43% |
| Ph | 9 |
| Cyanure | 0,045 µg / gr |
| Mercure | 0,35 µg / gr |
| Arsenic | 0,08 µg / gr |
| Fluor | 0,02mg / gr |
| Chlorure | 0,001mg / gr |

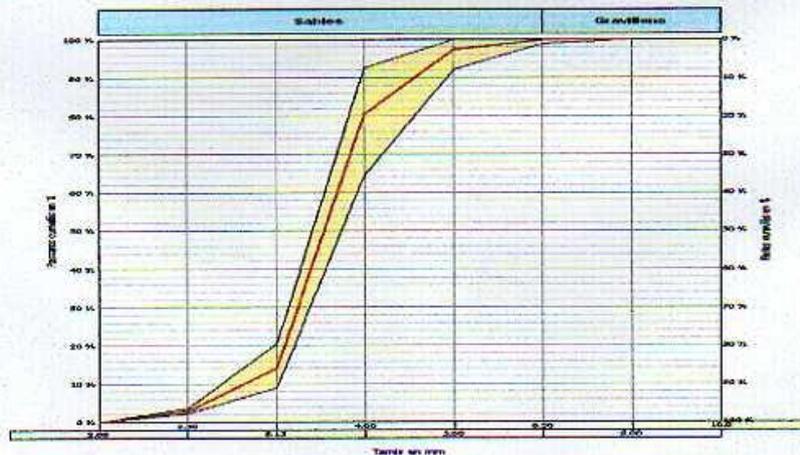
Caractéristiques physiques

| | |
|--------------------|-----|
| Dureté (MOHS) : | 3 |
| Poids spécifique : | 2,7 |

Répartition granulométrique

Inférieur à 3.15mm : 14%

Inférieur à 5mm : 97%



Les valeurs figurant dans cette fiche technique sont des valeurs caractéristiques moyennes de la production

Conditionnement

Vrac

Utilisation principales

Déssalement des eaux
Mono-couche
Fabrication carrelage