



**TOGETHER**  
*for a sustainable future*

## OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50<sup>th</sup> anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



**TOGETHER**  
*for a sustainable future*

## DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

## FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

## CONTACT

Please contact [publications@unido.org](mailto:publications@unido.org) for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at [www.unido.org](http://www.unido.org)



28

2.5

32

2.2

36



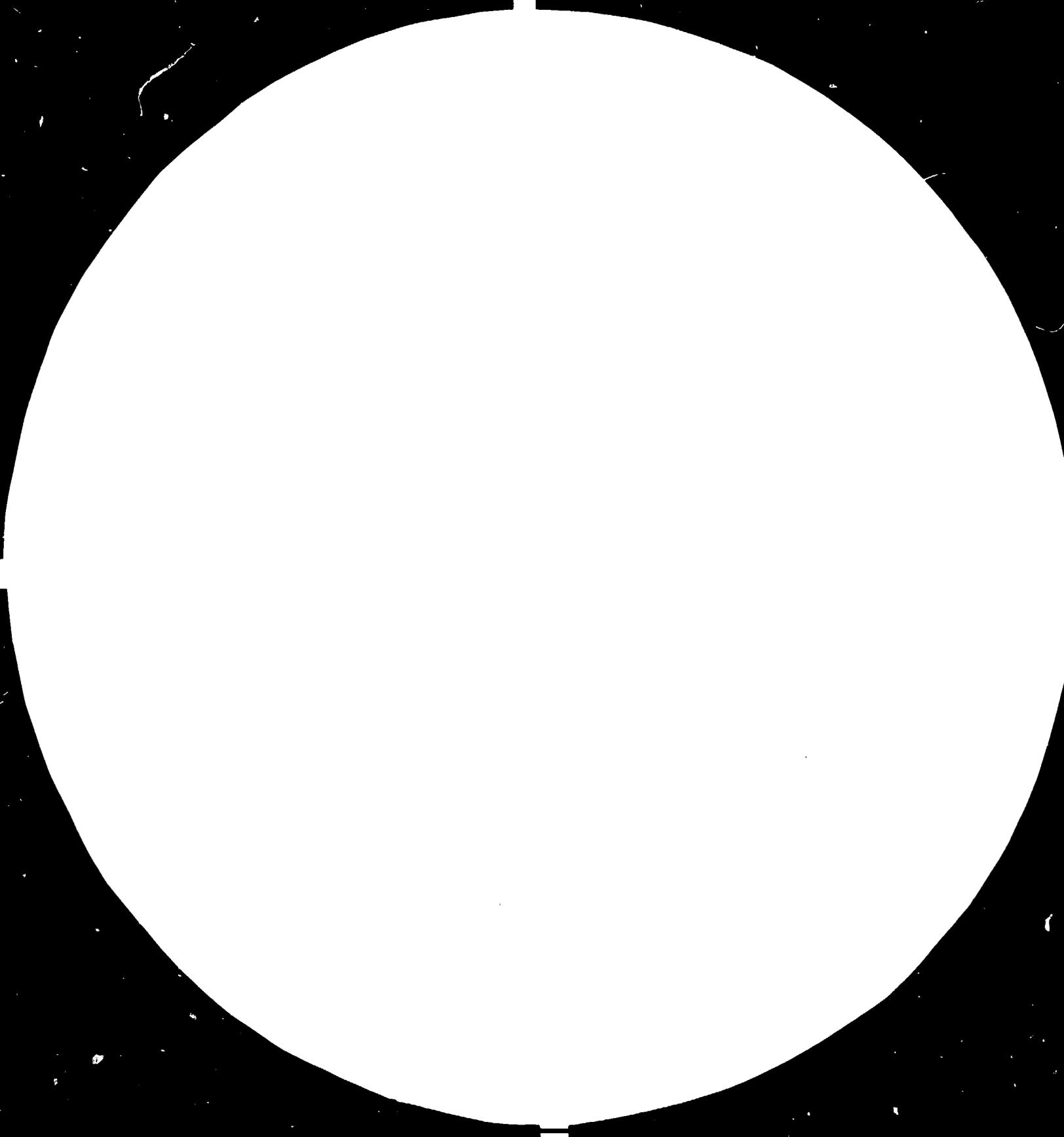
2.0

1.8



1.6

MICROCOPY RESOLUTION TEST CHART  
NATIONAL BUREAU OF STANDARDS-  
STANDARD REFERENCE MATERIAL 1010A  
(ANSI and ISO TEST CHART No. 2)

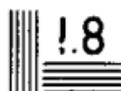




32

36

4



MICROCOPY RESOLUTION TEST CHART

NATIONAL BUREAU OF STANDARDS  
STANDARD REFERENCE MATERIAL 1010a  
1963-A NSL and LMO TEST CHART No. 25

→ More Details

14083

┌

└

DP/TUN/82/005

□

TUNISIE - MINES

ONUDI

ETUDE DES GRANULATS

EN TUNISIE

Avril 1984

CONTRAT N° 83/91  
N°15.3.0091  
Du 2 Décembre 83



IV - CHOIX DU SITE	p 37
1) Spécification techniques des granulats	p 37
2) Domaine d'utilisation	p 39
3) Contraintes de transports	p 42
4) Contraintes de l'environnement	p 44
V - MOYENS DE PRODUCTION	p 49
1) Les investissements	p 49
2) Le personnel	p 52
3) Le matériel	p 57
VI - COUT DE PRODUCTION	p 63
1) Investissement	p 63
2) Cout d'exploitation	p 65
VII - PRODUCTION	p 69
1) Capacité de production	p 69
2) Production effective	p 71
VIII - CONCLUSION GENERALE - RECOMMANDATION	p 74
IX - BIBLIOGRAPHIE	p 78
X - ANNEXES : Fiches techniques des carrières visitées.	p 80

## I N T R O D U C T I O N

On construisait autrefois, bâtiments, ouvrages d'art en utilisant des pierres de taille auxquelles on donnait, grâce à une élaboration manuelle, donc pénible et onéreuse, des formes bien précises.

Aujourd'hui la pierre de taille laisse place aux "granulats" liés entre eux par des produits divers, : Ciment - chaux - bitume etc...

Ces granulats, de même origine que la pierre de taille, sont élaborés industriellement; leur extraction et leur préparation, par concassage et criblage, ont donné naissance à l'industrie des carrières dont dépend notre univers quotidien : maison, route, bureau, usine, environnement...

Bien que familière à tous, cette industrie cache une réelle complexité :

- familière grâce aux multiples chantiers repartis sur tout le territoire et souvent le plus proche des villes et villages;

- complexe, car il faut, comme toute industrie minérale, exploiter le gisement là où la géologie l'a mis en évidence

tout en évitant et limitant au strict minimum des contraintes souvent contradictoires liées à ses caractères pondereux. (pas de transport excessif) et polluant (loin des villes et des zones urbaines).

C'est aussi une industrie mal connue de tous à cause des particularités des matériaux de carrière et des aspects technico-économiques spécifiques à cette industrie.

Aucune attention ne lui a été accordée jusqu'ici malgré la croissance des investissements qu'exige cette industrie pour faire face aux besoins en matériaux nécessaires pour le développement du pays.

I - DEFINITION :

Nous appelons "produits de carrière" ou "granulats" des matériaux minéraux, granulaires utilisables soit directement (pierre à bâtir) soit après concassage et criblage dans l'un ou l'autre des emplois suivants :

- construction et bétons hydrauliques
- couches de chaussée
- ballastage des voies ferrées

Une telle définition exclut tous les autres produits qui auraient subi, avant leur utilisation, une transformation autre que le concassage et le criblage. C'est le cas des ciments, chaux, produits rouges, plâtre, céramiques etc...

Par contre, bien que le sable siliceux, produit granulaire utilisable directement dans les emplois ci dessus indiqués, réponde bien à cette définition, les carrières relatives à ce produit ne feront pas l'objet de cette étude (voir contrat ONUDI - CNEI - TUNII).

Nous nous limiterons donc aux matériaux provenant de roches dures fournissant soit des pierres à construction, soit des produits élaborés sous forme de "granulats" communément appelés "graviers"

En Europe, une bonne partie des granulats produits proviennent soit des roches éruptives, soit d'origine alluvionnaire.

En Tunisie, les roches éruptives étant rares, et l'exploitation des alluvions nécessitant beaucoup d'eau, ce sont les roches carbonatées qui constituent la principale source de "granulats".

.../...

## II - OBJET DE L'ETUDE

Pour bien situer le problème, il suffit d'examiner certains chiffres, retenus par le VI plan de développement économique et social 1981 - 86

- Capacité de production 1981 : 16 Millions de m<sup>3</sup> (1)
- Capacité de production 1982 : 13 Millions de m<sup>3</sup>
- Capacité d'investissement : 5,7 Millions de D.
- Taux de croissance admis pour le 6<sup>ème</sup> plan 12 % l'an
- Capacité complémentaire pour couvrir les besoins à l'horizon  
1986 : 11 Millions de m<sup>3</sup>
- Investissements prévus : 44 Millions de D.

Par ailleurs, en 1983 on ne signale apparemment, ni un surplus ni un déficit de production : faut il en conclure que ce secteur évolue normalement comme prévu ?

- Fourtant : on signale des projets de construction retardés, au risque d'être annulés, faute de granulats. La pénurie se fait déjà sentir dans certaines régions.

- Les prix du m<sup>3</sup> à la vente ont pratiquement doublé depuis 1980, et malgré cela, les exploitants se plaignent d'un certain nombre de problèmes qui se repercutent sur leur situation financière.

- Les banques sont de plus en plus réticentes pour accorder des crédits à ce secteur, pour les extensions ou les nouvelles installations.

.../...

---

(1) Ces chiffres englobent à la fois les produits concassés et le sable siliceux.

A ces problèmes s'ajoutent ceux de l'environnement auxquels le citoyen des zones urbaines devient de plus en plus sensible (bruits, vibrations, poussières etc...).

Es -ce un problème de réserves et de sites géologiques économiquement exploitables ? ou un problème d'investissements et d'équipements appropriés ? Serait-ce plutôt un problème de gestion technique économique, et financière des entreprises existantes ? ou tout simplement, tous ces problèmes à la fois ?

Conscient de l'importance de ce secteur dans l'économie nationale et de son impact sur le développement économique et social du pays, le Centre National d'Etudes Industrielles (CNET) a confiée à TUNISIE MINES (TUMI) l'étude des industries de granulats autres que le sable pour avoir une idée plus précise sur :

- L'évolution de cette industrie
- Les problèmes et difficultés qui freinent ou bloquent son développement et les conséquences qui en découlent.
- Les perspectives de son développement, et les mesures qu'il y a lieu de prendre pour lui permettre de répondre normalement aux besoins en granulats nécessaires pour la réalisation des projets économiques et sociaux tels que définis dans le 6<sup>ème</sup> plan 1981 - 1986

Le bureau SEM a effectué une étude générale des matériaux de construction avec la collaboration et pour le compte du Ministère de l'équipement en 1977.

En Octobre 1979, la Direction des études et du suivi de l'Agence de promotion des Investissements (API) a rédigé un document sur l'industrie des granulats faisant ressortir à partir de tableaux statistiques

.../...

l'évolution de cette industrie durant les années 73 - 78 du point de vue capacité de production, investissements et emplois, avec en annexe, une description sommaire des techniques de production et les besoins pour le V<sup>ème</sup> plan suivant les secteurs d'utilisation.

La commission sectorielle des matériaux de construction a essayé de dégager en 1981, les grandes lignes de l'évolution de cette industrie durant le V<sup>ème</sup> plan (retrospective) et le VI<sup>ème</sup> plan (en perspective).

Ces études ont plutôt un caractère figé basées sur des chiffres et des statistiques plus ou moins exactes.

Elles ne s'intéressent pas ou peu à la technique et aux conditions de production. Elles se contentent d'envisager l'avenir de cette industrie à partir des statistiques sans pour autant faire une analyse critique préalable de la situation sous ses différents aspects : technique, économique, juridique, géographique etc...

On prévoit des investissements nouveaux pour faire face à la demande sans cesse croissante, sans chercher à savoir si les investissements et moyens de production déjà engagés sont exploités dans des conditions optimales de production et de productivité.

En faisant appel à TUNISIE MINES (TUMI) bureau d'études spécialisé en exploitation des mines et carrières, le CNEI voudrait combler cette lacune pour voir le problème sous un angle essentiellement technique et économique.

Donc l'objet de l'étude consistera à faire une analyse détaillée de chaque élément entrant de près ou de loin dans la production des granulats.

.../...

Jusque là, on se contentait d'aligner des tableaux statistiques pour aboutir à des chiffres figés, plus ou moins erronés et difficiles à exploiter.

D'ailleurs combien même TUNI aurait voulu actualiser les chiffres et statistiques antérieurs, les renseignements recueillis auprès des 50 entreprises visitées et consultées par écrit ne l'auraient pas permis.

Les organismes nationaux consultés, nous ont pratiquement tous renvoyés aux prévisions du VI<sup>ème</sup> plan (non encore actualisées) on peut citer :

les Ministères de l'Équipement, de l'Habitat, de l'Économie Nationale, du Tourisme, l'Office National des ports maritimes et aériens...

Aussi sommes nous astreints à nous limiter aux observations dégagées lors des visites effectuées aux 50 entreprises industrielles réparties sur tout le territoire national.

Une attention particulière a été accordée aux régions où on enregistre les plus fortes concentrations tant au niveau de l'offre qu'au niveau de la demande.

Il s'agit du Nord Est (Bizerte - Tunis - Cap Bon) et du Centre qui alimentent les régions de Sousse, Monastir et Sfax.

.../...

### III - CADRE JURIDIQUE

Les produits de carrière sont en général des substances minérales abondantes et relativement bien réparties dans l'espace. Bien qu'indispensables à l'activité économique, ils ne présentent pas le degré de rareté des autres substances métalliques ou énergétiques qui appartiennent à la collectivité nationale et sont, de ce fait, concessibles et gérées sous l'autorité de l'Etat.

Les produits de carrières sont laissés à la disposition du propriétaire du sol qui les contient, et peuvent être mis en valeur grâce aux seules initiatives individuelles, ils sont par conséquent soumis à un régime juridique inspiré directement du droit de propriété privé.

En effet, d'après la législation en vigueur, décret du 28 Avril 1955, réglementant l'exploitation des carrières, toute personne physique ou morale peut obtenir une autorisation pour exploiter un gisement de "granulats" pourvu qu'elle présente les documents suivants :

- demande d'autorisation portant indications sur la nature et le lieu du produit à exploiter.
- un extrait de la carte topographique au 1/50 000 avec emplacement de la future exploitation.
- un plan de surface au 1/1 000 de la future carrière.
- une attestation de propriété du terrain délivrée par la conservation foncière ou un contrat de location du terrain objet de la future exploitation
- un timbre fiscal de 1, 160 D.

.../...

Aucune étude préalable sur le site à exploiter n'est exigée : étude géologique et minéralogique avec détermination des réserves exploitables et de la qualité des granulats à produire; nature, dimensions, et capacité des installations; compétence technique et financière de l'exploitant etc...

Il est vrai que pour obtenir l'agrément, l'API exige une étude du marché mais c'est une étude à caractère général et commercial plutôt que technique.

En outre la législation en vigueur, ne prévoit aucun contrôle technique systématique de l'exploitation comme c'est le cas des mines.

L'exploitant est pratiquement libre de disposer de son gisement comme il l'entend, pourvu que la sécurité du personnel soit assurée et qu'il ne porte aucun préjudice aux voisins et au patrimoine national.

Sur les 2700 autorisations d'ouverture de carrière accordées jusqu'à présent par l'autorité de tutelle, 30 % à peine seraient réservées à la production de granulats; les autres sont, soit réservées à l'extraction du sable siliceux, soit purement fictives accordées à des exploitants qui n'ont pas de carrière proprement dites.

Certains propriétaires se limitent au transport des granulats nettement plus facile et plus rémunérateur que l'exploitation et la production. Ils cherchent à obtenir l'autorisation et l'agrément d'ouverture de carrière en se contentant du transport des produits des autres entreprises pour échapper aux contraintes fiscales infligées au transport public de marchandises des autres secteurs industriels.

.../...

En outre, l'absence d'études géologiques préalables entraîne souvent des problèmes au niveau du centre d'extraction. Les réserves et la qualité des produits restent mal définies et imprécises. Des surprises désagréables peuvent survenir en cours d'exploitation : failles imprévues affaissant les calcaires à exploiter, changement latéral de faciès, volume de recouvrement indéterminé. C'est le cas de deux carrières au Jebel Nahli : (B. Raouadi) la coopérative de Nahli, etc...

- la surface réservée à l'extraction n'étant pas déterminée préalablement par une étude est souvent très réduite; (1 à 3 ha) d'où impossibilité d'appliquer une méthode rationnelle d'exploitation telle que l'aménagement des pistes d'accès aux gradins.

Toutes les carrières visitées évoluent avec un seul gradin allant de 25 à plus de 100 m de hauteur en dépit des normes de sécurité et de productivité.

- 99 % des exploitants actuels des carrières de granulats sont totalement étrangers à la profession. Cela nécessiterait une formation théorique et pratique aussi poussée que celle accordée au secteur minier.

- Des investissements onéreux auraient pu être évités si la législation en vigueur exigeait une méthode d'exploitation rationnelle pour chaque carrière permettant l'utilisation d'un matériel approprié.

.../...

#### IV - CADRE GEOLOGIQUE

Le critère le plus souvent utilisé pour classer et étudier les granulats est celui de leur origine géologique : alluvionnaire éruptive ou calcaire.

##### 1) - Les granulats alluvionnaires

En Europe d'une façon générale et en France en particulier plus de 60 % des granulats sont d'origine alluvionnaire; la plupart des centres urbains sont construits historiquement à proximité des fleuves et rivières qui charient et déposent dans leurs lits, rives et méandres des galets.

En Tunisie, non seulement l'eau est relativement rare mais la plupart des centres d'utilisations sont éloignés des oueds et terrasses alluvionnaires.

Notons cependant que dans le centre Ouest de la Tunisie (région de Kasserine, Sbeitla, Gafsa, Sidi Bouzid) une bonne partie des granulats nécessaires à la construction des logements du type populaire dans les villages et les zones rurales provient des Oueds qui sillonnent la région (Oued Zeroud, Fekka, Merguellil, Hattab etc...)

Mais ces produits, utilisés directement sans débourage ni concassage, sont de mauvaise qualité (propreté et granularité).

On les utilise uniquement à cause du manque des granulats industriels.

L'exploitation industrielle de ces produits peut être envisagée uniquement d'une façon provisoire pour alimenter des chantiers de construction ponctuels tels que routes, ponts, usines...) situé à proximité de l'Oued.

On a vu ainsi une petite unité installée sur l'Oued Sarrat (Tajerouine) pour alimenter partiellement le chantier de construction de la Cimenterie de l'Ouest.

Il faut signaler également, que les éboulis de pente de certaines montagnes pourraient constituer des ressources non négligeables de granulats quand elles ne sont pas éloignées des centres d'utilisation.

C'est le cas par exemple du Flanc Nord du Jebel Kessas, croûte plus ou moins consolidée, constituée de 80 % de blocs calcaires d'excellente qualité, liés par un ciment argilo-carbonaté relativement tendre, qui s'étend sur plusieurs dizaines d'hectares avec une épaisseur de quelques dizaines de mètres.

Mais l'exploitation de ce type de gisement n'est possible que dans la mesure où la quantité d'eau nécessaire au débouage est disponible et à bon marché.

## 2) Les granulats éruptifs

Nous citons ce type de granulats uniquement pour mémoire car les roches éruptives, rares en Tunisie, affleurent uniquement au Nord du pays sous forme de petits pointements de rhyodacite, fortement altérées en surface, dans des sites pratiquement inaccessibles (région de Nefza et Sedjnane).

Les roches éruptives de l'île de la galite, au large de Tabarka, pourraient fournir les produits d'enrochement et granulats nécessaires pour l'aménagement du port de cette île.

Mais pour le moment aucune exploitation n'est envisagée sur ce secteur à cause de la dureté de la roche et l'éloignement du site par rapport aux centres d'utilisation.

.../...

### 3) Les granulats calcaires

En Tunisie, les roches carbonatées constituent la source principale de la quasi totalité des granulats qu'on extrait à partir de formations rocheuses appartenant à des âges et des faciès géologiques différents.

Ces formations sont généralement fortement plissées, parfois très tectonisées, topographiquement bien dégagées, avec un recouvrement et une végétation réduits ou totalement absent suivant les régions où elles existent.

Sur la carte au 1/300 000<sup>e</sup>, jointe en annexe, réalisée à partir de la carte géologique au 1/500 000<sup>e</sup> de la Tunisie [ancienne édition 1951, et nouvelle édition, en cours d'impression par le service géologique de la Tunisie (ONM)], nous avons reporté les affleurements carbonatés, bien répandus sur le territoire tunisien, excepté le Sahel et la région de Sfax, en différenciant suivant leur âge géologique :

- Dolomie du Trias - extrême Sud Tunisien) et calcaire métamorphique Triaso-Jurassique des Jebels Ichkeul et Haïrech.
- Calcaire et dolomie du Jurassique.
- Calcaire péri-récifaux du Serdj (Aptien).
- Dolomie à l'Est et au Sud des Chotts et Dolomies, marnes et gypses au Nord des Chotts (cénomano-Turonien).
- Calcaire du Compano-Maestrichtien.
- Calcaire éocène, à globigérines (vallée de Medjerda), à Mummiliter (région du Kef et Tunisie Centrale) et coquiller et à gypse (région de Metlaoui).

.../...

Pour la commodité de l'exposé nous abordons les formations carbonatées suivant leur âge géologique, tout en essayant dans chaque cas, de mettre en lumière les facteurs de géographie et d'adaptation des produits aux exigences du marché.

### 3 - 1/ Le Permien :

Il affleure uniquement : au Jebel Tebaga de Médenine, situé à 30 km à l'Ouest Nord Ouest de Médenine près du village de Toujane. Il s'agit de niveaux dolomitiques puissants (200 à 250 m), alternant avec des niveaux gréseux ou calcaires. L'ensemble de la série fait plus de 1000 m d'épaisseur.

Seules les dolomies seraient exploitables pour les granulats.

Cependant les caractères lithologiques de la roche, la diversité de ses couleurs, et la présence de fossiles, en feraient plutôt une bonne pierre d'ornementation : Extraction de gros blocs pour fabrication de plinthes et carreaux de marbres, granulats pour carrelage et agglomèbre etc...

### 3 - 2/ Le Trias :

Le Trias est représenté par deux types d'affleurements, soit tabulaire (Trias de la Tunisie méridionale), soit dans les diapirs (Trias de la Tunisie septentrionale) :

#### a) Le Trias de la Tunisie méridionale

La succession des terrains est la suivante :

- 800 m de grès et argiles
- 100 m de calcaire à rares intercalations marneuses, formant la masse des reliefs de la plaine de la Jeffara : Jebel Rechach et Sidi Toui.
- 400 à 600 m de gypses avec rares intercalations de dolomie.

Le terme moyen calcaire peut constituer une source potentielle pour les granulats.



b) Le Trias de la Tunisie septentrionale

Les terrains sont constitués par les éléments suivants :

- Gypse
- Dolomie gris foncé
- Argile

Ces éléments, dont la majorité des diapirs, forment un chaos, où les dolomies, les gypses et les argiles sont broyés.

Ces dolomies, ne peuvent constituer une source potentielle pour les granulats à cause de leurs faibles puissances et leur aspect très tectonisé.

Par contre une bonne partie du gypse nécessaire à la fabrication du plâtre et du ciment provient du Trias "diapir" du Nord Est de la Tunisie (Jebel Baouala, Jebel Ressas)

3 - 3/ Le Jurassique :

Les granulats les plus nobles, fortement recherchés pour leur propriété, leur dureté, leur angularité proviennent des formations jurassiques qui sont localisées surtout dans la Tunisie Nord Orientale et dans le Sud Tunisien.

On peut distinguer, du Nord au Sud quatre zones :

- Jebel Ichkeul, Jebel Haïrech et Jebel Mayana
- Zone des massifs jurassiques
- Zone de la Tunisie Centrale
- Sud Tunisien

3 - 3 - 1 Les gisements du Nord et Nord Ouest

a) Jebel Ichkeul

Long de 8 km, large de 3 km, entourée de partout par le lac de Bizerte, cette montagne culmine à la cote 517 m. (fig<sup>1</sup>) Elle est constituée de terrains carbonatés fortement recristallisés. Elle est reliée à la G.P 37 par une route goudronnée de 7 km. Bizerte est à environ 30 km.

La série est constituée de haut en bas par :

- calcaires à grains fin très durs avec intercalation de marnes schisteuses.
- calcaires dolomitiques gris très durs.
- dolomies massives
- dolomies saccharoïdes dite marbre de l'Ichkeul.

b) Jebel Haïrech

A 7 km au Nord de Jendouba sur la route CP 17 d'Aïn Drahem affleurent, à la périphérie du Jebel Haïrech, des dolomies dures, de couleur rose en partie recristallisées (marbre de Chemtou), attribuées au Lias.

Le Jebel Chemtou, situé au S.W. du massif d'El Haïrech, est une chaîne de collines de 2 km de long avec une largeur variant entre 200 et 400 m, et une hauteur oscillant entre 200 et 250 m.

Ce marbre est un calcaire recristallisé à grains fin, dur, se débitant en écailles à la cassure.

Il présente beaucoup de fissures colmatées par des onyx calcitiques plus ou moins riches en oxydes et hydroxydes de fer.

Ces mêmes formations se retrouvent dans la région de Ghardimaou, au Jebel Sidi Ahmed Zarrouk.

Les dolomies de Chemtou ont été en partie exploitées depuis l'époque romaine, jusqu'à nos jours pour la production du marbre rose.

c) Jebel Maïana

A 30 km au NW de Tunis, le Jebel Maïana et le Jebel Mourana (près de Jedeida) sont formés de calcaire du Jurassique supérieur.



Ces calcaires présentent les caractéristiques suivantes :

- calcaires bitumineux noirs à patine grise, compacts , très durs et à cassure esquilleuse;
- calcaires marmoréens, beige-clair, très durs, sonores aux chocs, à cassure tranchante.

Ces calcaires dénotent un métamorphisme certain.

Seul l'Ichkeul et Jebel Maïana, formation très puissante (plusieurs centaines de mètres) font l'objet d'exploitation pour la production de granulats. Cette exploitation se justifie par :

- L'accès facile et la proximité des centres d'utilisation (région de Tunis et Bizerte).
- La topographie du gisement, relief dégagé et en pente douce.
- La qualité des produits qui en font un excellent matériau pour les routes, bâtiments et ballasts pour la voie ferrée.

Les dolomies de Chemtou, bien qu'affleurant sur de grandes surfaces et d'accès facile, ne sont exploitées actuellement que pour le marbre, car la demande pour un produit aussi dur ne s'est pas encore faite sentir à l'échelle régionale.

### 3 - 3 - 2 Zone des massifs jurassiques

Les massifs jurassiques (fig 3) affleurent au Nord-Est de la Tunisie et s'alignent sur une zone de fracture, dite "faille de Zaghuan" sur une distance de 100 km environ. Par leurs reliefs souvent très abrupts et leurs structures en horst, ces massifs dominent nettement la morphologie de la Tunisie Nord-Orientale et constituent les principales montagnes formant l'ossature de la dorsale tunisienne.

.../...

Echelle 1 : 500 000

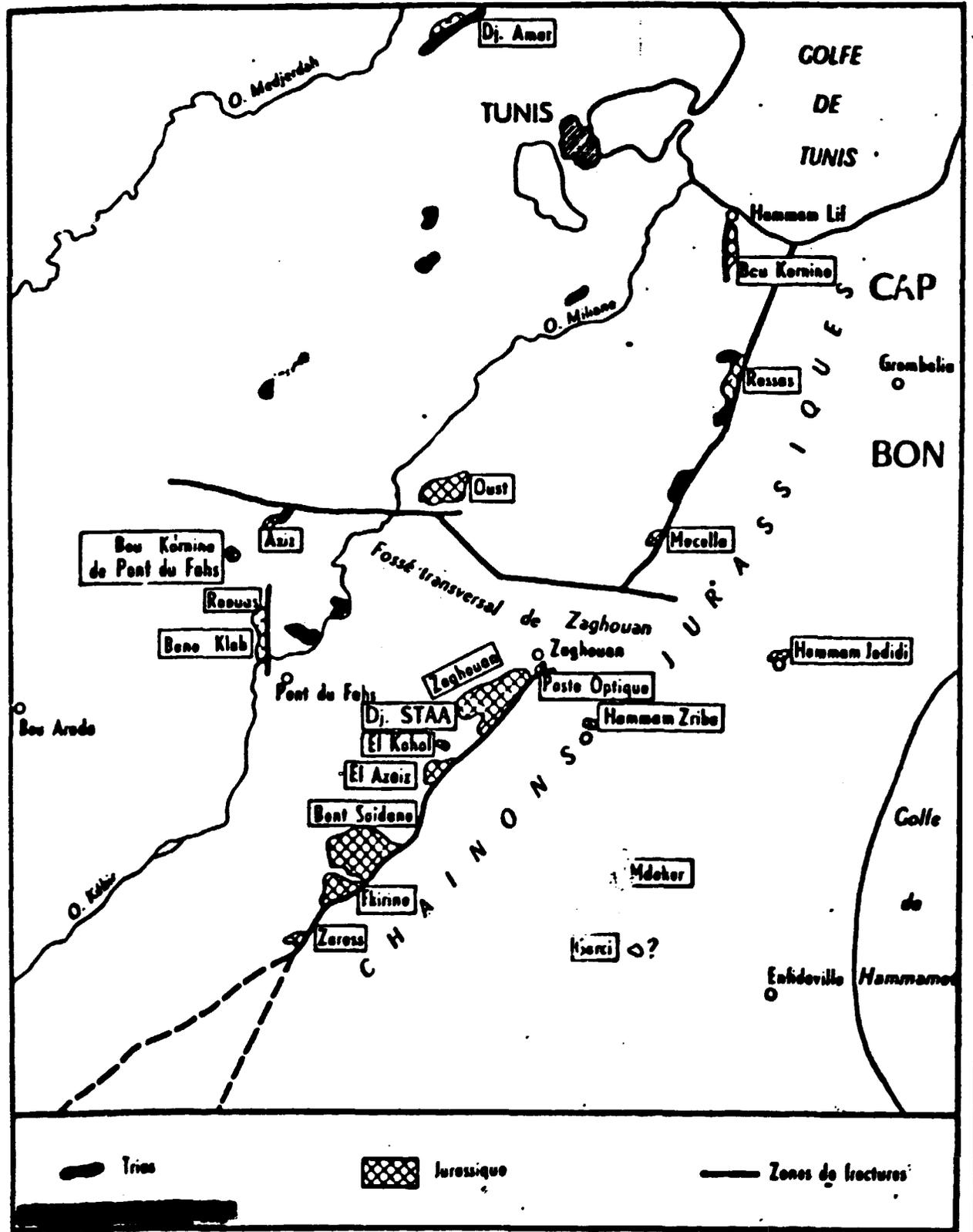


Fig 3 - Les affleurements jurassiques de la Dorsale ( [redacted] ).

On peut distinguer du Nord au Sud :

- Jebel Boukornine de Hammamlif
- Jebel Ressas
- Jebel Messelli
- Jebel Zaghuan
- Jebel Kohol
- Jebel Fkirine
- Jebel Ben Saïdane
- Jebel Zaras

En plus de cette chaîne de montagnes, des dômes apparaissent à l'Est et à l'Ouest de cet alignement. Ce sont le Jebel Cust, le Jebel Aziz, le Boukornine du Pont du Fahs à l'Ouest; les affleurements de Hammam Jedidi, Hammam Zriba et Jebel Mokter à l'Est.

Les terrains jurassiques constituant ces massifs peuvent se subdiviser en trois unités lithostratigraphiques

. Lias inférieur et moyen

- 800 à 1000 m de calcaires massifs zoogères au sommet et dolomitique à la base.
- 10 à 150 m de calcaire sublithographique à silex  
cette série lithostratigraphique constitue une importante formation de calcaires massifs, organo-détritiques, para-récifaux et colithiques; elle affleure dans la plupart des Jebels Jurassiques.

. Lias supérieur-jurassique moyen

- 40 à 50 m de marne olive, calcaire marneux et calcaire à silex.

### . Jurassique supérieur

Dans la dorsale tunisienne trois faciès peuvent être distingués :

a) Un faciès de calcaires gris, massif, para-récifal. Les localités types sont : la partie Est du grand Zaghouan, le petit Zaghouan, (Sidi Tayar), le Jebel Mecella, le Jebel Ressas, Hammam Zriba.

Cette formation de calcaire para-récifal représente la seconde entité calcaire du jurassique qui, avec le lias inférieur, constitue l'ossature même des massifs jurassiques.

Nous allons examiner rapidement les principaux gisements de calcaire jurassique se localisant dans la dorsale tunisienne.

#### JEBEL BOUKORNINE

A 20 km de Tunis, directement accessible à partir de la GP 1; il culmine à 1200 m.

C'est un massif qui forme le cœur d'un grand anticlinal. Ce dôme très faillé est constitué par des calcaires appartenant aux différents termes du jurassique avec dominance des calcaires du Lias.

Ce lias constitue les deux principaux pointements du Jebel. Il s'agit de calcaire dolomitique, massif, gris clair à gris bleu et cristallin.

Les carrières implantées dans le Jebel Boukornine assurent la production de chaux hydraulique, accessoirement des granulats ainsi que la pierre marbrière. (Marbre du Kedhel).

#### JEBEL RESSAS

A 30 km de Tunis, le Jebel Ressas se distingue par sa morphologie très abrupte, les calcaires massifs du Lias jaillissent à travers la plaine du Mornag pour culminer à environ 800 m par une falaise difficilement accessible sur ses flancs Nord et Ouest.

Le Jebel Ressas fait 3,5 de long sur 1 km de large. Il est composé par différents niveaux du jurassique.

Lithologie : Les formations jurassiques du Jebel Ressas peuvent se subdiviser en 3 unités :

\* 100 m de dolomies calcaires gris-clair à gris-foncé en gros bancs de 0,5 à 1 m (Sinémurien), affleurant aux côtes de 400 à 700 m et s'étendant sur 2 km de long avec 50 à 200 m de large.

\* 253 m de calcaires gris-clair à gris foncé en gros bancs de 0,5 à 1 m, ou massif (Pliensbachien).

\* 450 m de calcaire gris-clair ou gris-foncé massif ou en gros bancs pseudorécifaux ou cryptocristallins, avec vers le sommet 15 m de calcaire gris foncé à rognons de silex (tithonique). Cette formation affleure sur 3,5 km avec 80 à 500 m de large aux cotes 500 à 800 m.

La pente raide des flancs de cette montagne, constitue la difficulté majeure pour l'exploitation de ce gisement, malgré la qualité excellente de son produit, sa proximité des principaux centres d'utilisation (GPI. autoroute, région de Tunis, Cap bon etc...)

Une première carrière vient de s'installer sur le flanc Sud Est de la montagne et occupe pratiquement toutes les parties accessibles du massif.

D'autres possibilités existent cependant sur le flanc N.E. mais elles nécessitent des investissements importants pour les travaux d'approche. (pistes, préparation de gradins).

#### JEBEL OUST

Il forme le cœur de l'anticlinal de Oudna. Situé à 30 km au Sud Est de Tunis tout près de la GP 3, le Jebel Oust constitue par ses calcaires durs du Lias, le principal gisement pour le N.E. du pays pour la production de granulats de grande qualité pour tous les usages : ballast, couche de roulement pour les chaussées, béton hydraulique etc...

Les calcaires exploités sont du Lias et forment le cœur du massif. Il s'agit de calcaires sublithographiques en bancs bien réglés.

Une grande carrière installée depuis le début du siècle alimente en granulats aussi bien la région de Tunis, le Cap bon que le Sahel (Sousse Monastir).

Trois autres carrières se sont installées récemment sur le même massif. Mais pour l'avenir, l'installation d'autres projets d'exploitation semble limitée pour les raisons suivantes :

Une cimenterie de un million de tonnes/an dont le démarrage est prévu pour 1985 se réserve l'exploitation de tout le flanc Sud de la montagne.

La proximité de la station thermale du Jebel Oust rend ce secteur très sensible aux problèmes de la pollution.

Par contre un effort d'amélioration de la productivité des installations existantes permettra de doubler facilement la production des granulats provenant de ce secteur sans avoir recours à des nouvelles installations.

Ainsi la carrière de SOMACAR (TR) dont les réserves sont importantes, produit actuellement à peine 50 % de sa capacité. Nous verrons plus loin dans le chapitre "exploitation", les raisons de ce déficit de production et les moyens susceptibles de l'améliorer.

#### JEBEL ZAGHOUAN

Malgré l'importance de ses réserves, et la proximité relative des régions de Tunis, Cap bon et Sousse-Monastir (60 à 100 km) le Jebel Zaghouan avec ses calcaires du Lias et du Portlandien constitue un gisement difficilement exploitable pour les raisons suivantes :

- La nécessité de protéger la nappe aquifère qui alimente la ville de Zaghouan et en partie la ville de Tunis.

C'est pour cette raison que les travaux d'exploitation du gisement de plomb de Sidi Taya ont été arrêtés malgré la présence en profondeur de minerai exploitable.

.../...

- Les difficultés d'accès aux affleurements rendent difficile l'exploitation des calcaires de Jebel Zaghouan. Le seul secteur où ceci nous paraît possible est celui de Sidi Taya (ancienne mine de Plomb). Mais celui-ci se trouve très proche des zones urbaines de ville de Zaghouan.

#### HAMMAM JEDIDI

Les calcaires du Lias de Jebel Azreg, à 1 km de la station thermale de H. Jedidi constituent un excellent gisement pour les granulats susceptibles d'alimenter le Cap bon, et la région de Sousse-Monastir qui s'approvisionnent actuellement à partir de Jebel Oust, Jebel Ressas ou la région de Kairouan.

La valeur de ce gisement potentiel sera encore plus importante dès que le tronçon de piste, de 15 km reliant H. Jedidi à la GP 1 au niveau de Hammamet, sera aménagé (projet prévu pour 1984 - 1985).

#### HAMMAM ZRIBA

Les calcaires portlandiens affleurent uniquement dans la gorge de l'Oued el Hammam. Mais les installations de la mine de Zriba (fluorine) et la proximité de la source thermale excluent toute possibilité d'exploitation de ces calcaires à moins que cela ne soit réalisé par l'entreprise minière elle-même, qui pourrait, parallèlement à ses travaux miniers, tirer profit aussi bien des calcaires portlandiens que des calcaires campaniens qui les recouvrent en produisant des granulats pour bâtiments et travaux publics.

#### JEBEL FKIRINE - JEBEL BENT SAIDANE

Les affleurements de calcaires de Jebel Fkirine, Ben Saidane, avec leur pente douce et leur accès facile à partir de la GP 3 en feraient un excellent gisement pour l'approvisionnement du Sahel

Mais l'absence d'infrastructure, (ligne électrique et mauvais état de la route Pont du Fahs à Enfidha constitue l'élément majeur qui justifie l'abandon provisoire de ces gisements potentiels.

.../...

Citons enfin dans cette zone de la dorsale tunisienne les gisements suivants du jurassique :

Jebel Zaren : Calcaires gris-clair, en gros bancs à massifs, avec localement des minces lits de marnes.

Jebel Boukornine du pont du Fahs : Le Lias constitue les deux pointements du Jebel. Il s'agit de calcaires gris-clair à gris-bleu, dolomitiques, localement cristallins.

### 3 - 3 - 3 Zone de la Tunisie Centrale

Après le Jebel Zaress et vers le Sud, il faut atteindre la région de Kairouan pour rencontrer à nouveau les terrains jurassiques. Ces affleurements sont bien développés dans la chaîne Nara-Bou Dzer, connue sous le nom de l'axe Nord - Sud de la Tunisie centrale.

Les gisements sont assez nombreux et sont bien développés aux Jebels Haoureb (près de Kairouan), Touila, Nara, Khralif et à El Faïd.

Ils sont constitués de calcaires dolomitiques puissants de 300 à 400 m, en bancs bien individualisés.

Jebel Nara : Le Lias et le jurassique supérieur sont représentés respectivement par 150 m de calcaire dolomitique gris-bleu, durs, en gros bancs et 180 m de calcaires dolomitique gris bleu, en petits bancs bien stratifiés.

Jebel Touila : Au Jebel Lorida (flanc est de Touila le jurassique supérieur est représenté par des calcaires dolomitiques gris-bleu, en bancs de 0,20 à 1 m.

Jebel Sidi Khralif : Ici le jurassique supérieur est représenté par 300 m de calcaires dolomitiques.

Jebel Faïd : Comme au Jebel Sidi Khralif, le jurassique supérieur est caractérisé par une importante formation de calcaires dolomitiques stratifiés.

Jebel Haouareb : C'est l'affleurement le plus septentrional des chaînons jurassiques de la chaîne Nara - Bou Dzer. Ce gisement est caractérisé par 60 m de calcaires cristallins gris-bleu en bancs de 20 à 80 cm, viennent ensuite 150 m de calcaires gris-bleu, bien lités et parfois siliceux.

Seuls à notre connaissance, les gisements d'El Haoureb et de Faïd sont exploités industriellement.

. Jebel Haoureb présente les avantages suivants :

- accès facile : 200 m de la GF 3
- pendage faible et pente douce
- recouvrement quasiment nul
- proximité relative des zones d'utilisation :  
Kairouan à 35 km et Sousse Monastir à 100 km.

On y trouve trois grandes carrières, dont une en cours d'installation. Ce site constituera probablement le principal gisement qui alimentera les travaux du projet de Barrage sur l'Oued Merguellil prévu à proximité d'El Haoureb.

. Jebel Faïd : Une carrière importante par sa capacité (2000 T/J) et son équipement moderne vient d'être installée au Jebel Faïd près de Sidi Bouzid et alimente essentiellement la région de Sfax (120 km).

### 3 - 3 - 4 Sud de la Tunisie

Il faut aller dans la région de Médenine où les affleurements jurassiques apparaissent de nouveau au Jebel Tebaga.

Les calcaires de Krachoua, surplombent en falaise, les terrains sous jaccents et présentent une épaisseur de 30 m et une grande extension géographique.

### CONCLUSION

Les calcaires jurassiques, fort appréciés pour leur dureté, leur angularité et leur propreté, constituent jusqu'à présent un produit de choix pour :

- Les Ballasts des voies ferrées
- les couches de roulement des chaussées et autoroutes
- les bétons industriels

De ce fait, les gisements les plus accessibles, avec pente douces et les plus proches des centres d'utilisation ont été activement exploités (Ichkeul, Oust, Bou Kornine et El Haoureb).

Bien que les réserves des carrières existantes soient encore bien loin de leur épuisement et que la production soit bien en dessous des capacités installées, on s'oriente actuellement plutôt vers de nouveaux sites pour installer des unités plus performantes. (Mayana, Jebel Ressay, El Haoureb).

Nous verrons dans le chapitre "exploitation", qu'un grand effort reste à faire au niveau de la productivité pour optimiser les installations existantes et éviter la dispersion et le gaspillage au niveau des investissements.

### 3 - 4/ Les calcaires de l'Aptien

En Tunisie, les formations aptiennes sont caractérisées par :

- Un faciès profond : bien développé en Nord (sillon Tunisien), formé essentiellement de marnes avec bancs de grès et quartzites.
- Un faciès néritique et récifal , au centre et au centre Ouest du pays, formé par des calcaires et des dolomies
- Un faciès littoral, au sud, formé par des grès tendres avec quelques bancs de dolomie.

Seul le second faciès est représenté sur la carte ci-jointe, puisque seules ces formations dolomitiques et récifales sont susceptibles de devenir des ressources importantes pour les granulats; ces calcaires présentent souvent les mêmes caractéristiques physiques et chimiques que les calcaires du jurassique (dureté, proprété, angularité etc...)

Ces calcaires forment des massifs montagneux à relief souvent accentué. Les principaux affleurements sont : le Jebel Bargou-Serdj, le Jebel Rhazouane au Sud de Teboursouk; au voisinage de la frontière algérienne : les Jebels Harraba, Bou el Hanèche, Jerissa, Hameima, Slata; au Sud de Thala : le groupe d'El Hamra - Bireno - Azred et entre Kairouan et Sbiba : le Jebel Trozza.

Dans l'ensemble de ces gisements, les calcaires présentent des puissances importantes et variables (50 à 200 m) et peuvent atteindre plusieurs centaines de mètres (500 m au Jebel Trozza).

Ces affleurements de calcaires dolomitiques ou sub-récifaux sont d'excellents gisements pour l'approvisionnement du centre-Ouest en granulats, mais l'absence d'infrastructure et la rareté de la demande ont fait que ces calcaires sont peu ou pas exploités.

### 3 - 5/ Le Cénomano - Turonien

Le crétacé moyen groupe le Cénomaniens et le Turonien. Ces deux étages sont représentés par des alternances de marnes et de calcaires dans la Tunisie septentrionale. Dans la partie méridionale du pays, les faciès changent et apparaissent des gisements calcaréo-dolomitiques (seuls ces derniers sont représentés sur la carte ci-jointe).

.../...

Ces faciès calcaréo-dolomitiques sont représentés par :

- Une dalle de dolomie massive rosée (e = 30m)
  - Des dolomies et des calcaires dolomitiques en bancs de quelques décimètres à un ou plusieurs mètres, alternant surtout au sommet, avec des lits de marnes (e = 130 à 200 m).
- Cénomaniens
- Marnes à intercalation, calcaires (80 m)
- Turonien
- Dolomies et calcaires dolomitiques en bancs (50 m).

Dans le Sud Tunisien, le Turonien apparaît dans la topographie par une base importante de calcaires dolomitiques formant falaise. Cette falaise se poursuit sur la plateforme saharienne, dans le Bahar, et jusqu'en Tripolitaine.

Les calcaires dolomitiques de ces gisements offrent d'excellentes qualités et constituent un potentiel important pour le développement du sud du pays.

Les gisements actuellement en cours d'exploitation sont :

- Jebel Faïd pour la région de Sidi Bouzid et Sfax
- Jebel Semmama pour Kasserine
- Zemlet Beïda, Jebel Dissa, les Monts d'el Hamma pour la région de Gabès.

Les gisements de calcaire dolomitiques sont donc nombreux en Tunisie centrale et méridionale : Il suffit que les besoins s'expriment pour qu'on puisse identifier plusieurs sites économiquement exploitables.

- Gouvernorat de Kasserine : Jebel Chambi, Jebel Semmama et Jebel Touila.

- Gouvernorat de Sidi Bouzid : Jebel Faïd, Jebel Goubrar, Jebel Melloussi, Jebel Koujoura, Jebel Idane, Jebel Bouhedma, Jebel Bou Daoua, Jebel en Neglet.

- Gouvernorat de Gafsa : Jebel Jelabia, Jebel Ben Younès, Jebel Orbata, Jebel Idane, Jebel Eouhedma, Jebel Daoua, Jebel Chaambi, Jebel Kbir, Jebel Benda, Chaîne Nord des chotts (Jebel Naïmia, Jebel Zitouna).

- Gouvernorat de Gabès : Jebel Diaa, Jebel Hallouga, les Monts d'El Hamma, Jebel Tabaga et Jebel Haïdoudi.

- Gouvernorat de Médenine : Les Monts de Matmata, Jebel Mogar, Jebel Zrébib etc...)

### 3 - 6/ Les calcaires campaniens "Formation Abiod"

Les calcaires de la formation "Abiod" bien connus et appréciés pour leur couleur blanche, leur dureté relative et leur cassure concoïdale, affleurent pratiquement dans tout le territoire tunisien excepté les zones côtières (extrême Nord, Cap bon, Sahel, Sfax, Gabès et Zarsis).

Ils fournissent les meilleurs gisements pour :

- la pierre à construction
- les blocs d'enrochement pour les ports maritimes
- les granulats pour les bâtiments
- les granulats pour les couches de fondations des chaussées.
- les carbonates de calcium pour usage industriel
- peinture, chaux vive, etc...
- le carbonate de chaux pour l'industrie alimentaire du Bétail
- le futur projet de ciment blanc prévu pour 1987.

La coupe type de cette formation se présente comme suit :

- niveau inférieur : calcaires durs à patine jaunâtre, blanc et crayeux en bancs massifs de 30 à 50 cm avec des joints marneux de 1 à 2 cm. Le sommet de ce niveau devient légèrement grisâtre à la cassure.

L'épaisseur totale de ce niveau est de 80 à 90 m.

- niveau moyen : alternance de marnes et de calcaires grisâtres de 70 à 80 m d'épaisseur.

- niveau supérieur : calcaires durs, massifs, à cassure conchoïdale sublithographique, en bancs de 70 à 80 cm.

L'épaisseur moyenne : 120 à 130 m.

Notons cependant que ces trois niveaux ne sont pas toujours représentés quand ces calcaires affleurent. Le niveau inférieur est absent ou de puissance très réduite.

La carte jointe donne une idée de l'importance des affleurements des formations "Abiod" en Tunisie.

Notons simplement qu'elles sont exploitées dans :

- La région de Tunis : à Nahli et Oued El Lil où toutes les carrières de l'Ariana sont installées sur les calcaires Abiod. Ces calcaires sont également bien développés dans le Nord du pays.

- La région de Kairouan : El Eaten, Cherichira, Rouissat, Bou Dabous.

- La région de Gafsa : à 10 km au Nord de la ville près de la route de Kasserine, une multitude de chantiers artisanaux extraient de cette formation blanche, la pierre à bâtir, nécessaire pour les chantiers de construction de cette ville.

- La région de Feriana (Kasserine) : on exploite ces calcaires exclusivement pour la pierre à bâtir.

.../...

Les calcaires blancs du Crétacé supérieur (formation Abiod) affleurent pratiquement dans toutes les régions montagneuses de Tunisie. Ils se caractérisent par :

- leur couleur blanche
- leur pureté chimique
- leur cassure conchoïdale
- leur dureté relative : il se prêtent admirablement bien à la taille, au concassage, au broyage et au micronisage.
- Ils se présentent en bancs épais, bien stratifiés et à faible pendage.
- La morphologie des sites est généralement calme, peu escarpée, facilement accessible.

Aussi ont-ils été activement exploités plutôt que d'autres gisements, là où le besoin s'est fait sentir pour :

- la pierre à bâtir
- les granulats pour tous les usages sauf pour les couches de roulement.
- le carbonate de chaux à usage industriel.

Mais leur dureté relative et la présence de petits joints marneux dans la stratification n'en font pas un matériau de choix pour les gros bétons hydrauliques et les couches de roulement.

### 3 - 7/ Les calcaires éocènes

Bien répandus dans toute la Tunisie jusqu'au niveau des chotts (région de Gafsa) les calcaires éocènes se présentent sous différents faciès

1. Faciès à globigérines qui occupe en exclusivité le Nord de la Tunisie (au Nord de la vallée de la Medjerda) et la région de Tunis (Oudna, Grombalia et Enfidha).

Il est représenté par des calcaires gris foncé à patine claire bien lités en bancs de 0,20 à 1 m. Leur puissance varie de 50 à 100 m.

Si dans la région de Béjà ils sont durs à cassure résonnante, avec un faible taux de silice, dans la région de Tunis, Fondouk Jedid, Grombalia et Enfidha ils sont plutôt "tendres", avec un taux de silice relativement élevé donnant au concassage un pourcentage de fines important de 25 à 30 %.

2. Faciès à Nummulites : il occupe la partie Sud de la vallée de la Medjerda pour s'étendre vers l'Ouest sur toute la région du Kef, Tajerouine, Kalaat Senan et vers l'Est et le centre, les régions de Maktar, Kesra, Jebel Ousiat, Cherichira.

Les calcaires, sont gris, durs, cristallins, en bancs épais pouvant atteindre 1,5 m à 2 m (région du Kef). L'épaisseur de cette formation est très variable 60 à 120 m.

3. Faciès coquilliers à gypse : il est bien développé dans les chaînes de Nara, Cherahil et la région de Gafsa Metlaoui (d'où leur nom de formation metlaoui donné par Euroillet 1956).

La dalle calcaire qui forme la corniche repose directement sur la série phosphatée.

Les calcaires sont siliceux, en gros bancs, à débris coquilliers avec des intercalations de marnes et de gypse massif, dans la partie supérieure.

Seuls les calcaires à globigérines et les calcaires à nummulites sont exploitables pour les granulats. Ils doivent leur intérêt à :

.../...

- La morphologie favorable des sites : pente douce, pendage faible, structure en bancs épais, sans intercalations argileuses, leur qualité chimique : taux de carbonate élevé sans argile et peu ou pas de silice.

- Leur dureté relative et leur propreté. Ceci est valable surtout pour les calcaires à Nummulites et les calcaires à globigérines du Nord, alors que dans le Nord Est, ils sont plutôt moins durs et légèrement siliceux.

Aussi ces calcaires sont ils exploités activement dans la région Sud de Tunis : Jebel Jeloud, Ben Arous, Sedjoumi, Mehamdia, Mornag. La région de Grombalia : Fondouk Jedid, la région de Bou Fichta et Enfidha.

C'est également à partir de ces calcaires qu'on alimente les Cimenteries de Jebel Jeloud et Tajerouine - Bizerte.

• A Haffouz (région de Kairouan), les calcaires éocènes à Nummulites, très durs et denses, sont exploités pour les marbres.

A Béja, outre la production de granulats, ces calcaires fournissent une quantité appréciable de carbonate de chaux pour les sucreries de Béja et Bou Salem.

Partout ailleurs, ils constituent des gisements potentiels importants susceptibles de combler le déficit de production ou de remplacer les gisements en voie d'équipement.

Nous pensons particulièrement à :

a) La région de Grombalia : (Aïn Tebournik) zone pratiquement vierge (une seule carrière vient de s'y installer pour l'alimentation du chantier de l'Autoroute Tourki-Hammamet), bien desservie par une route goudronnée jusqu'à Grombalia (9 km) et l'autoroute pour Tunis (35 km) et la GP 1 pour le Cap Bon.

Cette zone doit à plus ou moins brève échéance se développer pour remplacer les sites de Ben Arous et Jebel Jeloud.

Nous pensons que la qualité des produits, et les avantages du site, permettent d'obtenir des grands rendements. Ils compensent largement le coût du transport par rapport à Ben Arous et Jebel Jeloud. Les problèmes de l'environnement constituent une contrainte majeure pour le rendement et la productivité de ces deux régions.

b) La région d'Enfidha, Bou Fichta et Zaghuan : Bien que cette région soit activement exploitée pour la cimenterie d'Enfidha et l'approvisionnement du Sahel en granulats, elle présente encore des possibilités pour l'installation d'autres carrières à Aïn M'Dhaker, et Jouf près de Zaghuan - Jebel Rhezala - Sidi Khelifa etc...

Cette zone, bien desservie par des routes goudronnées et le réseau électrique M. constitue un secteur de choix pour le développement de l'industrie des granulats nécessaires pour la région de Sousse-Monastir et le projet de l'autoroute Hammamet-Sousse.

c) La carte montre également des affleurements importants de calcaires éocènes le long de la route GP 2 (Oudna).

Mais l'exploitation éventuelle de ce secteur pour alimenter la région de Tunis reste tributaire de l'aménagement du tronçon de route Khledia - Zaghuan qui se présente sous forme de piste difficilement carrossable par temps de pluie.

d) quant aux régions de Béja, Jendouba, le Kef et Siliana, les calcaires éocènes demeurent avec les calcaires campaniens des gisements potentiels inépuisables dont l'exploitation peut être facilement développée au fur et à mesure que les besoins se font sentir.

..../...

### 3 - 8/ Les formations quaternaires

Les croutes et les formation calcaires du Quaternaire sont généralement peu épaisses, mais très répandues en surface, à caractère détritique donc riche en quartz.

On peut distinguer deux faciès :

1) Faciès marin : formé de calcaires très tendres bien répandus sur les régions côtières Jerba (Turgueness) Kniss, Mahdia'...

2) Faciès continental : communément appelé croûte ou "Tuff" bien répandu dans le Sahel et le Centre, ainsi que le Centre Ouest de la Tunisie.

On distingue habituellement trois type de croûte :

a/ Le calcaire "Saumon" à nodules farineux :

Cette formation de couleur Saumon, beige ou rose, est bien connue au Sahel (Jemmel, Esour Essaf), où elle dépasse localement 1 m de puissance. Elle est formée de 65 à 75 % de calcite, 15 à 35 % de quartz et 1 à 3 % de gypse.

La calcite est plus abondante dans les nodules qui sont par contre moins riches en quartz.

b/ La "Torba" : c'est un encroutement beaucoup moins poussé que celui des calcaires "Saumon", sa couleur est blanche ou beige avec une texture pulvérulente ou tuffeuse.

c/ La croûte calcaire zonaire : très répandue en surface, on trouve généralement cette croûte sur la "Torba". Elle se caractérise par ses calcaires durs, peu épais, d'aspect sublithographique présentant une cassure rubannée.

.../...

Bien que de qualité physique et chimique médiocre, les formations quaternaires sont exploitées dans les régions où les calcaires massifs font défaut, pour produire :

- Un granulats de mauvaise qualité, à partir de cailloux ramassés à travers champs, concassés dans des installations de faible capacité du type artisanal.

- La pierre à bâtir : pour la construction de logements type traditionnel dans les villages.

- Un matériau carbonaté pulvérisant qui, après compactage à l'eau, donne une excellente couche de fondation pour les pistes rurales.

- Des blocs d'enrochement pour la production

L'exploitation des calcaires quaternaires est très développée dans les régions de Zaïhouan (Fouchana, Zriba) au Sahel : région de Sousse Monastir (Khniss, Réjiche, Jemmal, Mahdia et Ksour Essaf), Sfax, Jerba Kairouan etc...

Ces produits, faciles à extraire (parfois par simple défonçage du sol cultivable) ont des chances d'être de plus en plus exploités surtout en milieu rural pour l'aménagement des pistes agricoles et l'auto-construction de logements auxquels les autorités locales accordent une attention particulière dans le cadre des programmes de développement rural.

.../...

4) Conclusion : LES ZONES POTENTIELLES

Les affleurements de la carte au 1/300 000<sup>e</sup> ci-jointe sont différenciés suivant leur âge géologique : Trias, jurassique, Aptien, Senonien, Eocène et Quaternaire.

Il est évident qu'ils ne sont pas tous économiquement exploitables car l'exploitation d'un site dépend non seulement des caractères lithologiques et pétrographiques du matériau, mais également des conditions de gisements et d'accès : morphologie, topographie, recouvrement, pistes, routes, électricité, etc...

Aussi avons nous pris soin de définir sur cette même carte, les meilleures zones susceptibles de faire l'objet d'études plus détaillées chaque fois qu'un besoin d'équipement nouveau se fait sentir pour une région déterminée.

Ces zones ont été définies en fonction :

- des réserves et des conditions de gisements
- des contraintes de transport et d'environnement
- la qualité des matériaux et l'usage pour lequel il est destiné.

Ainsi pour la région de Tunis-Cap Bon qui consomme à elle seule plus de 33 % de la production nationale de granulats, c'est la zone de Grombalia (Aïn Tuburnik) qui demeure potentiellement la plus favorable pour donner des sites susceptibles de remplacer ceux de Jebel Jeloud et Ben Arous.

Jebel Ressas pourra remplacer, à plus long terme le site de Jebel Oust actuellement saturé par l'implantation de la nouvelle cimenterie. Mais l'accès au Jebel Ressas n'étant pas aisé, il va falloir admettre des frais d'approche relativement importants.

.../...

Pour les futurs projets du Nord (Tabarka, Cap Bon, Cap-Sarat) c'est à Ou chtata, Nefza et la région de Béja qu'on trouvera les matériaux nécessaires pour la construction des hôtels et aéroports de Tabarka, Port de Cap Serat.

Pour les régions de Bizerte, Rafrat, Portofarina, les affleurements éocènes des environs immédiats de Bizerte (Bechateur) les calcaires jurassiques de Mayana et d'Ichkeul, les calcaires campaniens du versant Nord de Nahli demeurent les meilleurs sites d'approvisionnement possible.

Pour la région de Sousse Monastir, on peut citer deux zones situées à peu près à la même distance de Sousse (100 km) :

Région d'Enfidha, Bou Ficha, Zaghouan, Hammam Jedidi, Jebel Fkirine.

Région de Kairouan : El Baten, El Haoureb, Haffouz.

Pour Médenine, ce sont les calcaires du Permien, les dolomies du Jurassique et localement du Trias des environs immédiats de cette ville qui fourniront les meilleurs matériaux pour les granulats.

On voit ainsi que si les ressources de matériaux pour granulats sont nombreuses et inépuisables, il n'en demeure pas moins que, pour toute nouvelle installation, les études géologiques préalables sont indispensables pour choisir le meilleur site économiquement exploitable avec le minimum de contraintes relatives au transport, environnement et conditions de production.

.../...

#### IV - CHOIX DU SITE

Le choix d'un site exploitable pour la production de "granulats" est déterminé par la résultante des contraintes suivantes :

- Exigences des utilisateurs : Spécifications techniques
- Contraintes de transport
- Contraintes d'environnement

##### 1) Spécifications techniques des granulats

Comme toute Industrie, celle des granulats travaille pour un marché dont les contraintes se traduisent par des spécifications qui varient fortement en fonction des différents usages qui sont faits des granulats.

Ces spécifications portent sur des propriétés très diverses : caractéristiques dimensionnelles, morphologiques, résistance mécanique, résistance aux agents d'altération, propreté etc...

Certaines propriétés sont intimement liées aux caractères propres des roches originelles, d'autres, au contraire, dépendent essentiellement des conditions de gisements d'exploitation et d'élaboration.

Ces derniers peuvent être considérablement améliorés en mettant en œuvre des méthodes d'extraction, fragmentation et classement appropriés.

##### a) - Les caractéristiques liées aux propriétés des roches

On peut citer :

\* La composition minéralogique de la roche, sa texture et le degré d'altération des minéraux.

\* La porosité n mesurée par

$$n = \frac{V_v}{V} \quad \begin{array}{l} V_v = \text{volume des vides} \\ V = \text{volume total} \end{array}$$

.../...

\* L'indice de continuité IC qui donne une indication sur l'état de fissuration de la roche. Les meilleures roches sont celles qui ont un IC supérieur à 75.

95 - 100 : très bonne roche

90 - 95 : bonne roche

75 - 90 : roche de qualité moyenne

\* Résistance à la fragmentation mesurée pour les roches par des essais à la compression, et pour les granulats par un essai de fragmentation (Los Angeles).

\* La résistance à l'attrition mesurée par l'essai Deval qui est progressivement remplacé en technique routière par l'essai micro Deval.

\* L'aptitude au polissage mesurée par le coefficient de polissage accéléré (CPA) paramètre important dans le domaine routier pour l'étude sur la glissance des chaussées. Il dépend essentiellement de la dureté de la roche; pour des calcaires purs, il varie de 0,3 à 0,65.

b) Caractéristiques liées aux conditions d'élaboration

- La granularité, caractérisée par la distribution dimensionnelle des éléments formant un granulat, est un facteur déterminant pour l'obtention d'une compacité parfaite d'un mélange granulaire. Plus un mélange est compact, moins il est déformable et plus sa résistance est élevée.

- La forme des éléments définie par le coefficient d'aplatissement.

.../...

TABLEAU : CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES ET CHIMIQUES  
DES GRANITES DE LA TUNISIE

Age de la Formation carbonatée	Lithologie	Lithologie	Ciment los	Essai micro-Deval sec en %	Essai micro-Deval humide	Rupture de charge par compression simple en kg/cm <sup>2</sup>	Densité apparente	Poids spécifique	Porosité moyenne en %
Eocène inférieur	calcaire micacé	calcaire micacé	A 26	3 à 12		250 à 480	2 à 2,55	2,6 à 2,66	1,5 à 4
	calcaire micacé	calcaire micacé	A 27			347,9			
Eocène inférieur	calcaire à dolomite	calcaire à dolomite	A 25	10 à 11		450	2,5	2,6 à 2,67	6,7
	calcaire à dolomite	calcaire à dolomite							
Eocène inférieur	calcaire à dolomite	calcaire à dolomite	A 25	5 à 9		530 à 785	2,6 à 2,66	2,62 à 2,64	
	calcaire à dolomite	calcaire à dolomite	A 26,3			340			
Eocène inférieur	calcaire à dolomite	calcaire à dolomite	A 27	5 à 8		400 à 450	2,5	2,70	3 à 4
	calcaire à dolomite	calcaire à dolomite	A 25,5			34,6			
Formation varisque	calcaire blanc crayeux	calcaire blanc crayeux	A 26	9 à 10					
	calcaire blanc crayeux	calcaire blanc crayeux	A 26	4,5 à 13,5		50			
Campidien	calcaire blanc crayeux	calcaire blanc crayeux	A 35						
	calcaire blanc crayeux	calcaire blanc crayeux	A 28						
Chloracien	calcaire blanc crayeux	calcaire blanc crayeux	A 26						
	calcaire blanc crayeux	calcaire blanc crayeux	A 26						
Turonien	calcaire blanc crayeux	calcaire blanc crayeux	A 26						
	calcaire blanc crayeux	calcaire blanc crayeux	A 26						
Jurassique	calcaire et dolomite	calcaire et dolomite	A 23	14		4,2			
	calcaire et dolomite	calcaire et dolomite	A 21	7,4		4			
Jurassique	calcaire et dolomite	calcaire et dolomite	A 25			4,1 à 4,4			
	calcaire et dolomite	calcaire et dolomite	A 26						

**TABLÉAU : CARACTÉRISTIQUES GÉOMÉTRIQUES ET CHIMIQUES  
DES CARRIÈRES DE LA TUNISIE**

Collet los Les en %	Essai micro- Deval sec en %	Essai micro- Deval humide	Rupture de charge par compression simple en kg/cm <sup>2</sup>	Densité apparente	Poids spécifique	Porosité moyenne en %	Adhésivité	% Ca Co <sub>3</sub>	% Si O <sub>2</sub>
à 26	3 à 12		250 à 480	2 à 2,55	2,6 à 2,66	1,5 à 4	96 à 100	85 à 91	3,5 à 10,5
à 27			347,9					91,5	6,45
à 28	10 à 11		450	2,5	2,6 à 2,67	6,7	96	87	6,3
								94 à 97	0,2 à 3,5
à 29	5 à 9		530 à 785	2,6 à 2,66	2,62 à 2,64				
à 30,5			340						
à 32	5 à 8		400 à 700	2,65	2,70	3 à 4	97 à 99	88 à 94	3,5 à 10
à 33,5			30,5						
à 34	9 à 10	2 à 6							
à 30	4,5 à 13,5	1 à 6	570						
à 35								95	
à 28								94	
à 26								92 à 96	1,5
à 38								84	
à 35	14	4,2						89 à 100	
à 23								70 à 86	5 à 24
21	7,4	4						99	0,55
à 29		4,1 à 4,4						88 à 91	4,7
à 26								99 à 100	

**SECTION 2**

- L'angularité : définie par l'indice de concassage (IC) cette caractéristique est fortement appréciée pour les granulats destinés aux couches de roulement pour lutter contre la glissance des chaussées.

- La propreté : La propreté occupe une place importante dans les spécifications sur les granulats. La notion de propreté, intuitive, n'est pas facile à définir. Elle est liée à la présence d'éléments indésirables à cause des préjudices qu'ils peuvent porter aux matériaux.

Les impuretés nocives peuvent être de nature et d'origine diverses.

On peut citer :

\* Les matières organiques provenant des sols de recouvrement mal dégagés avant l'abattage. Ces matières, même de faible quantité peuvent altérer les prises.

\* Les minéraux argileux provenant souvent de petits lits marneux interstratifiés dans la série calcaire ou de produits d'altération des failles et fractures.

Si ces éléments sont mal éliminés par criblage ou scalpage, ils peuvent être à l'origine de grands défauts en empêchant la liaison gravillons-liants.

Compte tenu des ces propriétés un granulats est plus ou moins bon suivant l'usage auquel il est destiné :

## 2) Domaine d'utilisation

2 - 1/ Pierre à bâtir Les exigences pour ce domaine sont très souples, on cherche une pierre plutôt facile à tailler et à façonner, riche en carbonate non argileuse; le taux de quartz importe peu.

Pour cela, les calcaires campaniens (formation Abiod) sont les plus recherchés. En deuxième position viennent les calcaires quaternaires (calcaires oolithiques ou croûte "Saumon") et les calcaires éocènes à globigérines à faciès légèrement détritique (région de Grombalia, Fondouk Jedid).

## 2- 2/ Granulats pour les bétons hydrauliques

Il s'agit bien entendu des divers bétons allant du béton routier à celui de simple remplissage en passant par le béton d'ouvrage d'art et bâtiment.

Certains pensent à tort qu'on peut constituer d'excellents bétons à partir de granulats divers. En fait, là aussi les exigences sont bien définies :

\* L'angularité, qui ne conditionne pas la résistance du béton n'est pas exigée.

\* La résistance des granulats a peu d'influence sur celle des bétons.

\* Par contre la granularité est l'une des qualités fondamentales des granulats pour béton. Il en est de même pour la propreté.

Il en résulte : que tous les gîtes de calcaires massifs (durs ou relativement tendres) mais totalement exempts d'argile et de marne (sous forme de lits interstratifiés) sont bons pour la production de granulats pour bétons hydrauliques.

## 2 - 3/ Granulats pour les routes et chaussées :

Les granulats sont les constituants essentiels des différentes couches d'une chaussée. Ils interviennent pour 80 à 95 % en poids des matériaux et 25 à 30 % du coût total de la chaussée.

Ils sont utilisés à tous les niveaux d'une chaussée : Couches de forme, de fondation, de base, ou de roulement. Il est évident que les qualités requises varient en fonction de l'usage, de la nature de l'assise, de la technique utilisée, et du trafic.

.../...

D'une façon générale, les granulats pour chaussée doivent posséder de bonnes caractéristiques. Mais les exigences sont particulièrement sévères pour les spécifications suivantes :

- dureté et angularité
- granularité
- proportion des fines et propreté.

Il en résulte que si tous les calcaires massifs sont bons pour les couches de forme et de fondation, il n'en n'est pas de même pour les couches de roulement.

En effet, seuls les calcaires Jurassiques, type Ichkeul ou Jebel Oust, ou Aptien type Semmana et quelques cas particuliers de calcaires éocènes (Béja) peuvent avoir, la dureté et l'angularité requise pour les couches de roulement pour routes à moyens et grand trafic.

• Les calcaires campaniens et éocènes, très pratiques et économiques pour les couches de base et de fondation sont rarement ou pas du tout utilisés pour les couches de roulement .

Ainsi pour certaines régions, certains sites deviennent de véritables gisements au sens économique du terme qu'il convient d'exploiter rationnellement et d'en ménager les produits pour des usages où d'autres calcaires ne conviennent pas.

On a vu ainsi les granulats de Jebel Oust transportés jusqu'au sud Tunisien (Jerba - Sfax).

.../...

## 2 - 4/ Granulats pour les voies ferrées

Les problèmes posés par le ballast sont très différents de ceux posés par les matériaux pour les assistes de chaussées. Pour des raisons de bon écoulement de l'eau et de pollution diverses qui risquent de le colmater on recherche un volume de vide important, prohibé pour les chaussées.

Par contre, les exigences sont strictes au niveau de la dureté, et la résistance à l'attrition et à la fragilité. Les matériaux les plus appropriés sont ceux qui possèdent, outre une granularité soignée, une dureté élevée et une bonne angularité.

Ces propriétés sont faciles à trouver dans les calcaires Jurassiques, Ichkeul, Mayana, Tejera. Les calcaires : Aptien et Turonnien Semmana - Faïdh - Dissa (Gabès) - Orbata (Gafsa); Les calcaires permians du Tebaga (Médénine)

Les besoins de granulats nécessaires à l'entretien courant des voies ferrées évoluent peu d'une année à l'autre. Cependant il est important de noter que la mise en chantier du Métro de Tunis et dans quelques années les lignes Gabès Médénine et le doublement de la voie de Borj Sedria-Kalaa Sghira SNCFT pour ces travaux qui pourront s'approvisionner à :

- Jebel Oust - Mayana - Jebel Rettas pour Tunis
- Dissa - Tajra - Tebaga pour le Sud.

### 3) Contraintes de transport

Importants par leur volume et leur densité, les produits de carrière sont très sensibles au coût du transport. En effet, produits pondéreux et de faible valeur ajoutée, les granulats se transportent difficilement sur de longues distances, les prix doublent sur quelques km.

Un mètre cube de gravier voit son prix multiplié par 2,5 à 3 après un transport de 80 à 100 km.

Ceci explique la dissémination des carrières sur presque tout le territoire national au gré des gisements affleurants et peu profonds et surtout les plus proches des centres d'utilisation.

La quasi totalité des granulats est transportée par route sur des distances variant de 20 à 120 km. Il s'agit certes d'un transport souple, ne nécessitant pas une programmation très précise dans le temps, avec un chargement et déchargement sans infrastructure spéciale. Mais il peut avoir des influences néfastes sur la circulation publique, l'environnement, la consommation d'énergie, et la dégradation des routes secondaires souvent pas adaptées à de gros transports.

Les équipements utilisés sont très variés : ils vont du simple tracteur agricole avec remorque de 3 à 5 tonnes utilisés essentiellement en milieu rural et dans les petites villes et villages, aux semi remorques de 25 à 30 m<sup>3</sup> utilisés pour les longues distances et les gros chantiers de construction.

Il est difficile, sinon impossible d'avoir une idée précise et chiffrée sur le parc utilisé pour le transport des granulats (quantité, tonnage et répartition géographique).

Notons cependant qu'il appartient :

- \* aux exploitants de carrière
- \* aux entreprises de construction et de Travaux publics
- \* aux sociétés nationales de transport
- \* aux privés

Ces derniers se lancent dans cette activité lucrative, ne nécessitant pas de gros investissements. Ils profitent de la législation en vigueur (transport libre sans autorisation préalable jusqu'à 3,5 tonnes de charge utile). Ils mettent à profit une autorisation d'ouverture de carrière fictive, comme nous l'avons signalé au chapitre "cadre juridique"

Il en résulte une nette prédominance des petits tonnages affectés à ce transport - Ainsi on peut remarquer aisément le nombre sans cesse croissant de camions de 3,5 tonnes (type OM 40) qui circulent dans les villes et sur les routes avec un chargement de granulats.

Par ailleurs, les tarifs appliqués au transport de granulat sont, en pratique, presque toujours indexés au volume (rarement au poids); lequel est déterminé souvent empiriquement. Mais compte tenu du chargement, de la densité du produit, sa granularité et la distance parcourue, il est pratiquement impossible de retrouver, à l'arrivée le volume déclaré.

Ainsi le prix réel du m<sup>3</sup> de granulat rendu chantier devient nettement plus élevé (15 à 20 %) que le prix facturé.

Seul le pesage nous paraît efficace pour éviter ce genre d'erreurs volontaires ou involontaires de la part du livreur ou du transporteur.

De même une meilleure adaptation du parc au caractère pondereux des granulats (en favorisant davantage les gros tonnages plus de 15 tonnes) nous paraît fort opportune pour faire face :

- aux distances à parcourir de plus en plus longues
- au retour à vide inévitable
- à la consommation et coût de l'énergie toujours en hausse.

#### 4) Contrainte de l'environnement

Le souci de réduire au minimum les distances à parcourir incite les producteurs à installer leur chantiers le plus près possible des zones urbaines.

Il en résulte des problèmes d'environnement qui, en l'absence de législation précise et rigoureuse, deviennent de plus en plus aigus et difficiles à résoudre.

C'est le cas des environs immédiats de Tunis où le bruit, les vibrations, les poussières, les dégradations du paysage et des sols cultivables, espaces utiles à l'urbanisation et aux infrastructures, deviennent des problèmes d'actualité nécessitant des solutions urgentes.

.../...

Ce problème est aggravé encore davantage par le fait que les carrières se trouvent dans les zones périphériques de la ville. L'urbanisme du type populaire se développe d'une façon anarchique au gré des terrains disponibles tout autour des carrières. C'est le cas des carrières de Ben Arous, qui se voient obligées de limiter les tirs au strict minimum et au détriment des rendements, pour éviter les ennuis avec les voisins, (bruits, ébranlement des bâtiments, châteaux d'eau etc...).

Il en résulte pour le producteur, une chute importante de la production (plus de 30 %) malgré l'importance des capacités installées.

On peut citer le cas d'une carrière à Mohamdia. Le propriétaire ne peut engager aucun investissement pour développer sa production à cause de la proximité des logements construits malgré l'importance des réserves, les facilités d'exploitation, la proximité de Tunis et la qualité du produit.

Le problème est d'autant plus grave qu'il s'agit de carrières installées bien avant l'urbanisation des environs immédiats, qui, en l'absence de législation rigoureuse, s'est développée au détriment des normes de sécurité.

Pour résoudre ces problèmes de plus en plus graves tant pour les zones urbaines que pour l'exploitant. Nous proposons :

a) Pour les futures installations

Définir des normes de sécurité et veiller à ce qu'elles soient strictement appliquées et respectées tant au niveau de l'exploitant qu'au niveau des responsables de l'Habitat et l'urbanisation.

Ces normes doivent tenir compte de la propagation des bruits, poussières, vibrations durant toute la vie de la carrière qui se définit en fonction des tonnages à exploiter.

.../...

b) Pour les installations existantes (Ben Arous, Mornag)

Il y a lieu tout d'abord de faire techniquement la part des choses, car bien des réclamations relèvent souvent de la susceptibilité plutôt que de préjudices ou dommages réellement subis.

Une expertise technique avec des mesures précises, organisée, cas par cas, par l'autorité de tutelle, permettra de définir l'avenir qu'il y a lieu de réserver à ces carrières compte tenu des réserves encore exploitables techniquement et économiquement.

Sans aller à l'arrêt pur et simple des exploitations actuelles au risque de mettre en chômage leur personnel souvent pléthorique, il y a peut être certaines mesures à prendre, susceptibles de réduire et limiter les préjudices.

On peut citer :

1) L'aménagement de l'accès à l'autocroute pour les carrières de Mornag afin d'éviter aux transporteurs le trançon de 300 à 400 m de piste passant à travers vergers et habitations et réduire ainsi les problèmes des bruits et poussières.

2) Développement des carrières de Ben Arous en profondeur plutôt qu'en surface pour éviter de s'approcher d'avantage des logements et châteaux d'eau.

3) Etude et définition d'un schéma de tir approprié à la fois productif et moins nuisant.

Le tir à l'explosif engendre des ondes de choc dans l'air et dans le sol qui donnent rapidement naissance à des bruits et à des vibrations.

Le tir en carrière doit donc être réalisé de telle sorte que ni ces bruits ni ces vibrations ne puissent provoquer une gêne préjudicable pour le voisinage.

.../...

Notons cependant que les critères de nuisance n'ont pas encore été définis sous forme de normes précises et rigoureuses. Seuls des projets définissant les seuils à ne pas dépasser ont été présentés en Amérique. (Bureau of mine, 1971), en France en RFA et en Suède.

Pour limiter les effets de nuisance il faut agir sur les facteurs qui influent sur la propagation des vibrations dans le sol, leur intensité et leur amortissement.

Les deux facteurs principaux, liés aux conditions d'exploitation, qui déterminent la loi d'amortissement des vibrations sont d'une part : la distance entre le tir et la structure, et d'autre part la charge d'explosif utilisée, la relation peut s'exprimer par la formule suivante :

$$V_{\max} = K \cdot D^a / Q^b$$

D = distance en m  
Q = charge unitaire en kg

K, a et b étant des coefficients dépendant des terrains et des tirs.

Cette formule est parfois insuffisante car il y a d'autres facteurs liés aux conditions géologiques qui influent également sur l'intensité vibratoire, tels que les propriétés mécaniques des terrains, le réseau de failles et la position de la nappe aquifère etc...

Indépendamment du contexte géologique et géométrique sur lequel on ne peut guère agir, des précautions peuvent être prises au niveau du schéma de tir et l'aménagement du site pour limiter les nuisances dues aux vibrations :

- fractionner le tir
- déterminer la masse optimale de la charge d'explosif par la formule donnée précédemment.
- choisir autant que possible un front avec un dégagement maximum
- éviter d'aligner le front de tir dans la direction du site à protéger.

Notons qu'il existe des appareils simples et peu coûteux pour les mesures de vibrations afin de contrôler et surveiller des nuisances qui en découlent.

.../...

Nous ne terminerons pas ce chapitre avant d'attirer l'attention du lecteur sur le danger que présentent les poussières résultant de la perforation à sec et du concassage, sur la santé des ouvriers travaillant dans ce secteur.

En effet, en 1976, un dépistage systématique effectué sur les ouvriers travaillant dans les mines, où en principe la législation prévoit des mesures de protection, a décelé un nombre alarmant de silicotiques. Il n'est donc pas exclu que dans les carrières, où les mesures de sécurité sont peu ou pas appliquées, des cas de pneumoconioses soient aussi graves.

Nous pensons que les campagnes de dépistage réalisées par la médecine du travail (Ministère de la Santé Publique) devraient couvrir à la fois les mines et les carrières - au moins celles où on enregistre un taux de silice élevé - pour évaluer le risque de pneumoconiose et déterminer les mesures préventives qu'il y a lieu de prendre.

Mais d'ores et déjà nous pensons que dans bien des cas, la perforation à l'eau et le dépoussiérage au niveau du concassage criblage s'imposent. Ils permettront de réduire sensiblement le danger auquel sont exposés les ouvriers.

.../...

LES MOYENS DE PRODUCTION1 - Les investissements

Pour quelqu'un qui veut investir dans l'industrie des granulats, le volume des investissements constitue un élément déterminant dans le choix du site. Ils intéressent non seulement le matériel et les équipements à acquérir mais aussi les travaux d'infrastructure et d'approche préalables tels que l'achat du terrain, l'aménagement des pistes, l'électricité, l'eau, les travaux d'ingénierie etc...

En France par exemple et pour une exploitation de 500 000 t/an, on compte environ 3 Dinars par tonne annuelle installée.

Le 6<sup>ème</sup> plan de développement national prévoit en 1980, 44 millions de Dinars pour une capacité de 16 millions de m<sup>3</sup> soit 1,6<sup>D</sup> par tonne.

En fait, pour une installation de 100 tonnes/heure, et c'est le cas de la majorité des unités industrielles installées en Tunisie, les investissements se répartissent généralement comme suit :

Travaux d'infrastructure		en 1000 D	
Pistes, électricité, génie civil :	80 à 100	Soit	17 %
Matériel de perforation et air comprimé :	25 à 30	"	5 %
Chargement :	120 à 150	"	26 %
Transport carrière :	50 à 60	"	11 %
Station de concassage et criblage :	150 à 180	"	31 %
Matériel divers :	30 à 40	"	5 %
Fonds de roulement :	20 à 30	"	5 %
<b>T O T A L :</b>	<b>475 à 590</b>	<b>"</b>	<b>100 %</b>

.../...

On devrait, donc avoir un minimum de 3 Dinars par tonne annuelle installée ou 4,5 par m<sup>3</sup>

La différence entre les prévisions du VI<sup>e</sup> plan (1,8 par tonne) et nos chiffres s'explique d'une part par la hausse des prix survenue depuis 1980, d'autre part par le fait que, en Tunisie, la plupart des investisseurs dans cette industrie sont beaucoup plus des bailleurs de fonds que des industriels. Aussi se soucient-ils d'alléger au maximum leurs investissements au départ, en négligeant certains chapitres dont l'impact sur la production - quantité et coût - ne se fait sentir qu'après quelques années d'exercice?

Ainsi on peut noter :

- l'absence quasi totale d'études préliminaire sur le site : géologie, minéralogie, topographie, méthode d'exploitation, schéma de tir etc...

- réduction au strict minimum des travaux d'approche et d'infrastructure : pistes d'accès, aménagement de gradins, construction d'ateliers, garage, stock de pièces de rechange...

- la définition des équipements et du matériel nécessaire est souvent réalisée par le fournisseur même du matériel - qui ne tient pas compte de la topographie des lieux, de la nature et la structure de la roche à exploiter. Ainsi dans bien des cas on aurait pu éviter des bandes transporteuses en profitant de la pente naturelle du terrain, réduire les moyens de transport en installant la station de concassage le plus près possible du front, profiter de l'électricité pour installer des compresseurs fixes électriques à l'abri des poussières plutôt que d'acheter plusieurs compresseurs mobiles diesel, avec des pertes de charge énormes.

.../...

On a vu également des cribles sous dimensionnés des concasseurs à chocs installés là ou un concasseur à mâchoires aurait été mieux adapté à la dureté excessive de la roche...

- Une bonne partie du matériel importé aurait pu être confectionné localement tels que les trémies de stockage, les alimentateurs, les bandes transporteuses, les mâchoires et pièces d'usure ...

- En outre, les exploitants réservent une bonne partie des investissements au matériel de transport de produits finis - dont nous n'avons pas tenu compte dans les prévisions si dessus. Il en résulte que si on les ajoutait on devrait majorer d'au moins de 30 % les 3 D/tonne prévu.

Conséquence :

Tels que conçus et réalisés actuellement les investissements ne permettent pas à l'exploitant d'envisager dès le départ l'ensemble des problèmes de l'exploitation tout au long de la vie de la carrière - Il en résulte, après deux ans de bon fonctionnement, une série de problèmes qui amènent l'exploitant à envisager, au jour le jour, des solutions de rechange, fort onéreuses; Si bien que ramenés à la tonne produite les investissements réellement engagés dépassent largement le double des prévisions sans qu'ils soient pour autant convenablement utilisés.

.../...

Il en résulte des coûts de production élevés et une situation financière de l'entreprise difficile et inquiétante pour les banques.

2 - Personnel

En 1979, un rapport de l'API chiffrait à 51778 le nombre d'emplois créés par ce secteur pour une capacité totale installée de 17,5 millions de m<sup>3</sup> par an\*.

Ce chiffre est certainement déduit à partir des dossiers technico-économiques déposés auprès de cette agence pour l'obtention d'agrément.

Cet effectif se répartirait comme suit :

CAPACITE ANNUELLE 100m <sup>3</sup>	NOBRE D'ENTREPRISES	CAPACITE TOTALE 1000 m <sup>3</sup>	EFFECTIF	
		.A.	.B.	A/B
0 - 20	62	895	830	1.080
20 - 50	55	2.046	1.018	2.010
50 - 100	43	3.569	958	3.726
100 - 200	32	5.238	1.191	4.400
200 - 300	10	2.460	547	4.500
300 et plus	9	3.370	634	5.310
<b>T O T A L</b>	<b>213</b>	<b>17.578</b>	<b>5.178</b>	<b>3.395</b>

En fait il est pratiquement difficile sinon impossible d'estimer avec précision les emplois réellement créés par les investissements engagés dans l'industrie des granulats pour les raisons suivantes :

Le caractère saisonnier de cette industrie qui ne fonctionne à plein régime en principe que pendant la saison sèche. (mai à fin Octobre).

\* Capacité pour produits concassés et sable siliceux.

- aux nombreuses installations appartenant à des entreprises de travaux publics, qui les déplacent à proximité des chantiers. Le nombre d'emploi évolue donc en fonction du gisement, de l'accès, de la nature de la roche...

- une bonne partie de cet effectif est employée à titre occasionnel pour le débitage des gros blocs qui résultent d'un tir réussi, ou d'un stock non commercialisé en tant que tel (port - digue etc...)

- les exploitants compensent souvent la médiocrité de leur rendement à l'abattage et la défaillance technique du matériel par une pléthore de l'effectif.

Sur le plan théorique une installation moyenne de 250 000 T/an, fonctionnant dans les règles de l'art nécessiterait un effectif total de 20 à 25 personnes. Ce qui donne un rendement de 10 à 12 000 t/homme et par an ou 7 à 8 000 m<sup>3</sup>/homme et par an.

En fait, nos observations sur le terrain nous permettent de constater que les rendements réels sont nettement inférieurs à ces chiffres et se situeraient autour de 3 à 4000 m<sup>3</sup>/h/an pour une entreprise de 100 T/H qui fonctionne normalement durant toute l'année.

A titre d'exemple on peut citer :

- Une installation récente à Jebel Messas produit 15 000 t en moyenne par mois pour une capacité installée de 200 t/h et emploie un effectif permanent de 45 personnes.

Cette entreprise travaille donc à 45 % de sa capacité (un poste de 8 h durant 250 j/an), avec des rendements de 4000 t/h/an ou 2500 m<sup>3</sup>/h/an.

La carrière de Jebel Oust (SOMACAR) produit à peine 300 000 m<sup>3</sup>/an pour une capacité installée de 750 000 m<sup>3</sup>/an et un effectif de 147 personnes soit un rendement de 2000 m<sup>3</sup>/homme/an.

Par contre une carrière nouvellement installée à Béja (carrière tunisienne) aurait produit en 1982 - 200 000 m<sup>3</sup> pour une capacité installée de 150 t/h et un effectif de 24 personnes soit 75 % de sa capacité nominale et un rendement d'environ 8000 m<sup>3</sup>/h/an.

.../...

Nous verrons plus loin les raisons de ces rendements dérisoires mais nous pouvons doré et déjà constater que pour cette industrie, le coût d'un emploi nouveau ~~est~~ est relativement élevé.

Si pour une capacité de 250 000 t/an il faut un investissement de 600 à 650 000 Dinars et un effectif de 20 à 25 personnes, on aurait 25 à 30 000 Dinars par emploi créé.

En outre, comparée à des entreprises similaires européennes, toutes les installations que nous avons visitées accusent une pléthore évidente de personnel. A titre indicatif, une installation dans le Midi de la France produit 7 000 T/J avec un effectif de 20 personnes.

Cette pléthore s'explique par :

- une productivité dérisoire au niveau de l'abattage.

Ceci est dû à l'absence quasi totale de techniciens (ingénieurs et chefs mineurs) formés dans une école spécialisée pour l'organisation du chantier, le schéma de tir, la technique de perforation, l'abattage etc...

Aucune carrière parmi celles que nous avons visitées, n'emploie d'ingénieurs mineurs ou électromécaniciens alors que la nature du travail est aussi compliquée que celle d'une mine classique.

Le personnel ouvrier, chargé de la perforation et l'abattage, est recruté directement à partir du milieu rural environnant sans formation préalable. Il en résulte :

- Une consommation abusive d'explosif pour une exploitation rationnelle (on ne doit pas dépasser les 120 à 150 g à la tonne).

Pour les carrières tunisiennes, elle oscille entre 180 et 220 g/t, pour un schéma de tir qui donne anormalement de gros blocs nécessitant davantage d'ouvriers pour les débiter suivant des dimensions acceptables par le concasseur.

- 95 % des carrières évoluent sans aménagement<sup>des</sup> préalables de gradins, d'où conditions de sécurité non satisfaites.

.../...

- Des ouvriers travaillent souvent perchés à plusieurs dizaines de mètres de hauteur attachés ou non à une corde. On signale ainsi plusieurs accidents mortels aux carrières de Nahli, Jaafar, Béja.

Par ailleurs sans gradins bien aménagés et accessibles, on ne peut guère utiliser les engins mécaniques de perforation pour avoir les rendements performants en matières d'abattage.

En outre, une bonne partie des réserves exploitables, se trouve, faute d'accès préalablement aménagés, fortement compromise. C'est le cas d'une carrière à Jebel Rerras, Jebel Oust, et bien d'autres carrières à Nahli El Haoureb et Sidi Khelif etc...

Certes, on peut toujours penser à aménager ces accès après coup; mais les investissements y afférents se trouveraient multipliés par deux à trois avec des coûts de transport fort élevé à cause de l'éloignement du front par rapport à la station de concassage.

Donc contrairement à ce qu'on a tendance à croire, le déficit de production n'est pas du tout un problème d'équipement et d'installations nouvelles, c'est plutôt un problème de productivité et d'organisation générale.

Nous n'avons rencontré aucune installation qui aurait un stock de tout venant en tête de concassage - bien au contraire, la plupart des stations travaillent à peine à 50 - 60 % de leur capacité nominale. Rares sont les installations qui travaillent à deux postes (16 à 20 h/j) faute justement de produits abattus.

C'est donc là où réside le goulot d'étranglement pour ce secteur. Il faudrait donc pour améliorer sensiblement la production nationale de granulats sans avoir recours à de nouveaux investissements faire travailler les installations à 2 postes.

Pour cela nous pouvons émettre les suggestions suivantes :

.../...

1) Assurer aux installations existantes un encadrement technique suffisamment qualifié pour mettre au point la méthode d'abattage la plus performante pour chaque chantier. Il n'est pas facile de résoudre ce problème rapidement faute de cadres disponibles en nombre suffisant à l'échelle nationale.

Dans l'immédiat, il serait utile que les exploitants de carrières fassent appel à des organismes nationaux spécialisés (Office des Mines, Bureaux d'études etc) pour améliorer l'exploitation.

2) A l'échelle nationale, prévoir et organiser dans les centres de formation professionnelle spécialisés, la formation de jeunes ouvriers capables de remplacer les mineurs actuels trop vieux

Dans la région de Tunis, des propriétaires de carrières se plaignent du manque d'ouvriers qualifiés pour remplacer leurs vieux mineurs peu productifs et près de la retraite.

3) Pour améliorer sensiblement l'abattage, la consommation d'explosif et le débitage de gros blocs, on peut imaginer la création d'une société nationale ou privée spécialisée dans les techniques de perforations et d'abattage. Cette unité interviendrait en soustraitance pour chaque entreprise existante. Elle serait payée à la tonne produite.

Cette société bien sûr, équipée en matériel adaptés et encadrée d'un personnel hautement qualifié serait en mesure d'obtenir des résultats très performants qui intéresseraient à la fois le producteur et le consommateur (en réduisant les coûts de production). En même temps, elle utiliserait au mieux le matériel existant et éviterait à la communauté des investissements en devises trop onéreux.

Cette formule de sous-traitance est déjà largement appliquée en France; on pourrait l'appliquer en Tunisie au moins pour les secteurs où il y a plusieurs carrières comme Nahli, Fondouk Jedid, Grombalia, Bou Fichta Enfidha etc...

Dans un pays comme le notre où les cadres techniques sont insuffisants et le matériel est totalement importé, l'idéal consisterait à utiliser au mieux le personnel et le matériel existant en généralisant la soustraitance avec des entreprises spécialisées qui devraient être créés.

Ceci est également valable en particulier pour le transport, et les services d'entretien où on note une grosse lacune dans ce domaine au niveau de toutes les carrières.

Très souvent, les conducteurs de poids lourds et des chargeuses n'ont aucune notion de mécanique générale pour ménager les engins qui leur sont anormal ou défaillance mécanique.

Ce qui se traduit par une consommation importante de pièces de rechanges et une immobilisation trop longue du matériel.

Le Centre de formation de Kornaguia répond parfaitement aux besoins des carrières en quantité du personnel formé.

### 3 - Matériel

Les deux chapitres précédents (investissements et personnel) nous permettent facilement de se faire une idée sur le matériel qui équipe la majorité des carrières de granulats.

Au risque de nous répéter signalons simplement qu'au niveau de :

Air comprimé : La quasi totalité des carrières sont équipées en compresseurs mobiles (2 à 3) diesel largement surdimensionnés (débit d'air disponible supérieur au débit nécessaire pour assurer la production).

Aucune n'est équipée de compresseurs électriques fixes pourtant plus économiques (moins coûteux à l'entretien) et plus pratiques (peuvent être installés à l'abri des poussières, chaleur, gros blocs...)

.../...

L'air comprimé est transporté sur des dizaines de mètres dans des flexibles de 19 m/m : d'où des pertes de charge considérables. Le responsable de la carrière, n'étant pas un technicien qualifié a le sentiment que c'est le compresseur qui ne donne pas le débit nécessaire. Il ordonne alors l'acquisition d'un autre compresseur pourtant non prévu dans le budget.

Chargement : 95 % des carrières sont équipées en chargeuses sur pneus classiques. Nous avons compté plus de dix marques d'origine différente. Toutes les marques n'ont pas pourtant la même efficacité ni la même solidité pour le travail auquel elles sont destinées. Très souvent le seul critère pris en considération pour de tel choix ou tel engin est le prix. Le service après vente est ignoré totalement.

Dans certains cas les pelles hydrauliques seraient nettement plus efficaces avec un coût à la tonne produite moins élevé , malgré un investissement au départ relativement élevé.

Le tableau ci-joint donne une comparaison de l'efficacité des types d'engins de chargement suivant les conditions d'exploitation. (1)

---

(1) les granulats : Association Amicale des Ingénieurs Anciens élèves de l'Ecoles Nationales des ponts et chaussées 1980.

Comparaison des engins de chargement

Facteurs de choix suivant les conditions d'exploitation

	chargeuse sur pneus	pelle Hydraulique
<u>Importance de l'exploitation</u>		
Production journalière :		
Sup à 5000 T/J	Sans inconvénient	Favorable
Inf à 500 T/J	Favorable	Favorable
<u>Etendue du gisement</u>		
Front de taille de longueur :		
Sup à 1000 m/L	Très favorable	Favorable
Inf à 500 m/L	Sans inconvénient	Favorable
<u>Homogénéité du gisement</u>		
- gisement peu homogène	Favorable	Sans inconvénient
- gisement très homogène	Favorable	Favorable
<u>Fragmentation des abattages</u>		
- Abattage peu fragmenté	à déconseiller	Favorable
- Abattage très fragmenté	Favorable	Très favorable
<u>Présence d'eau au pied de la butte</u>		
Oui	à déconseiller	Favorable
<u>Fragments de roches</u>		
Coupants et abrasifs	à déconseiller	Favorable
<u>Facteurs économiques</u>		
. Coûts à l'investissement pour la même capacité de production	Très favorable	Favorable
. Coût d'entretien pour même capacité de production	Sans inconvénient	Favorable
. Durée de vie	Sans inconvénient	Favorable
. Fragilité-disponibilité	Sans inconvénient	Favorable
. Conditions de travail du conducteur	Favorable	Très favorable
. Facilité de tri des blocs	Sans inconvénient	Très favorable

### Transport du produit brut du front de taille au concasseur

La majorité des carrières utilisent des camions type "entrepreneur" conçus généralement pour le transport sur route de produits élaborés. Les bennes sont d'origine locale en acier non traité.

Pour des chantiers à capacité réduite, dont le produit abattu est relativement fin (0 - à 400 m/m) ce type d'engins ne poserait pas de problèmes majeurs.

Dès qu'on a affaire à des carrières de capacité importante (de 1000 t/j) avec des blocs dépassant 500 m/m ce matériel est très vite mis hors d'état d'usage. D'où le nombre impressionnant de camions reformés qui existent sur le carreau de certaines entreprises (Ben Arrous par exemple).

Dans ce cas, les engins les plus adaptés sont les Dumpers avec bennes en acier traité dont le prix fort élevé à l'achat est largement compensé par une durée de vie plus longue.

Certains entrepreneurs ont remplacé les camions par des tracteurs type "agricole" avec bennes fabriquées localement (10 à 15 tonnes) (Mayana, Enfidha). Cette solution peut être efficace et peu coûteuse à l'investissement et à l'entretien pour les chantiers à capacité réduite.

### Concassage

Les concasseurs les plus fréquemment utilisés sont les concasseurs à percussion malgré la diversité des roches exploitées. Pourtant on sait que pour les roches dures (Jurassique) et abrasives, les concasseurs à mâchoires ou giratoires avec un broyage secondaire sont les mieux adaptés.

On néglige souvent le réglage de la vitesse, de l'engin, ce qui se traduit par une proportion de fines ou de gros anormalement élevée fonction de la nature de la roche concassée.

.../...

### Criblage

Certaines stations (Nahli) sont équipées en cribles nettement sous dimensionnés, d'où des goulots d'étranglement fréquents avec des produits finis ne répondant pas aux spécifications requises en matière de propreté et granularité.

L'usage du grillage caoutchouté bien que fort économique n'est pas encore entré dans les traditions des utilisateurs : la toile métallique qu'on utilise, fabriqué localement résiste peu ou pas du tout à l'abrasion.

### Bandes transporteuses

La plupart des stations achetées comme unités complètes sont équipées en convoyeurs à bande importés. Fourtant, il existe à Tunis, Sfax et Scusse, des constructeurs métalliques qui pourraient en fabriquer suivant plans détaillés. Cette activité mérite d'être encouragée pour réduire, pour un même projet, les investissements.

### Pièces de rechanges

Nous ne terminerons pas ce chapitre "Matériel" sans attirer l'attention du lecteur sur l'importance de la disponibilité des pièces de rechange sur le taux de disponibilité du matériel.

Au niveau des investissements, la quasi totalité des entrepreneurs négligent cette rubrique : rares sont les installations qui disposent d'un stock au magasin leur permettant d'assurer un entretien préventif normal. On s'approvisionne souvent directement chez le fournisseur au fur et à mesure que les besoins se font sentir.

Mais comme beaucoup de fournisseurs ne disposent pas de magasins, l'entretien préventif et les réparations sont retardés en conséquences. Cela se traduit par une usure prolongée de l'engin. D'où des immobilisations de matériel qui durent des mois au point où certains exploitants ont reformé des engins pratiquement neufs. Ils les remplacent par d'autres acquisitions pour ne pas arrêter leur production (carrière à El Haoureb, à Gabès (J. Dicaa) Gafsa T.P.).

Les conséquences de cette situation sont évidentes :

- investissements en devises anormalement gonflés
- coût de la production fort élevé
- production insuffisante par rapport à la capacité installée.
- situation financière de l'entreprise de plus en plus difficile
- crédibilité du secteur auprès des banques de plus en plus ternie.

.../...

Le prix de vente moyen du m<sup>3</sup> de granulats oscille entre 3 D et 5 D, suivant les régions de production et d'utilisation.

Granularité	Pourcentage	Prix de Vente du m <sup>3</sup>	Prix moyen
0 - 4	25 %	0,7 à 1,5	0,170 - 0,375
4 - 15	50 %	4 D à 7	2,000 - 3,500
15 - 25	20 %	3 D à 5	0,600 à 1,000
25 - 40	5 %	2,5 à 4,5	0,125 à 0,225
	100 %		2,895 à 5,100

Quel serait, le prix de revient de ce même m<sup>3</sup> pour une exploitation moyenne de 100 T/H travaillant durant un poste par jour pendant 300 J/an, avec un taux d'utilisation de 80 % pour des calcaires moyennement durs.

Nous supposons également que cette carrière est conçue et développée suivant les règles de l'art disposant d'un personnel qualifié et d'un équipement suffisant et adapté.

#### 1 - Investissement

1) Etudes préalables :- géologie, identification du site, estimation des réserves, recouvrement, qualité physique et chimique de la roche, lever topographique détaillé du site et schéma de l'exploitation

- Définition du matériel et équipement nécessaire
- Etude économique
- Etude du marché

20. 000 D

.../...

2) Terrain

Achat d'une parcelle de 5 à 10 ha ..... 20. 000 D

3) Travaux préliminaires..... 15. 000 D

Accès, pistes, terrassements aire  
d'implantation de la station

4) Alimentation électrique..... 20. 000 D

1 km de ligne MT  
1 transfo de 315 KVA

5) Génie Civil..... 20. 000 D

fondation, bureau, magasin

6) Station de concassage comprenant.....170. 000 D

- . concasseur
- . cribles
- . moteurs électriques
- . bandes transporteuses
- . alimentateurs et trémies

7) Installation électrique basse tension..... 10. 000 D

8) Equipement carrière .....260. 000 D

- . air comprimé
- . perforation
- . 2 chargeuses
- . 2 camions Dumpers

9) Matériel divers..... 30. 000 D

Voiture, équipement atelier  
garage, station carburant

T O T A L ..... 560. 000 D

10) Fond de roulement pour un mois de fonctionnement ..... 30. 000 D

590. 000 D

Arrondi à ..... 600. 000 D

2 - Coût d'exploitation

Salaires et charges (annuels)

1 directeur.....	6. 000 D
1 agent de bureau.....	3. 000 D
1 chef de carrière.....	4. 000 D
4 mineurs.....	12. 000 D
4 conducteurs d'engins.....	12. 000 D
10 manœuvres.....	15. 000 D
2 électromécaniciens.....	6. 000 D
2 divers.....	4. 000 D
	<hr/>
	62. 000 D

Soit pour salaires et charges :

$$100 \times 300 \times 0,8 \times 1,5 = 160. 000 \text{ m}^3$$

$$\frac{62. 000}{160. 000} = \text{C}^D, 400 / \text{m}^3$$

Consommables

Explosif pour 150 g/t on aurait :

$$0,150 \times 300. 000 \times 0,8 = 36 \text{ tonnes/an}$$

à 0<sup>D</sup>, 500 le (kg de Nitrate + fuel + cordon + octonateur)

Soit

$$21. 600 \text{ D ou } \text{C}^D, 130/\text{m}^3$$

.../...

- Electricité

$$250 \text{ kw/h} \times 240.000 \times 0,050 \times 8 = 24.000 \text{ D}$$

$$\text{ou } \frac{24.000}{160.000} = 0,150/m^3$$

- Carburants et lubrifiants

$$200.000 \text{ l de gasoil et } 5000 \text{ l d'huile } 35.000 \text{ D}$$

$$\text{par } m^3 : \frac{35.000}{160.000} = 0,220/m^3$$

- Pneumatiques

2 trains de pneus par engin et par an

Soit

$$25.000 \text{ D ou } 0,155/m^3$$

Pièces de rechanges

20 % des investissements du matériel

$$\frac{450.000 \times 0,2}{160.000} = 0,562/m^3$$

- Amortissements :

. études.....	1.500 D
. terrains et préparation .....	2.500 D
. électricité.....	3.000 D
. génie civil .....	1.000 D
. matériel roulant.....	60.000 D
. station concassage.....	34.000 D
	<hr/>
	102.000 D

$$\text{ou } \frac{102.000}{160.000} = 0,637/m^3$$

.../...

Frais financiers

400. 000 D de crédit à 12 % = 48. 000 D

où  $\frac{48. 000}{160. 000} = 0,300/m^3$

D'où coût d'exploitation du  $m^3$

. main d'œuvre	0, 400 D
. consommables	1, 005 D
. énergie électri- ques	0, 150 D
. frais financiers	0, 300 D
	-----
	1, 855 D

Total = 1,855 et 2,500 après amortissement

Ce prix de revient du  $m^3$  de granulats comparé au prix de vente pratiqué actuellement sur le marché laisse une marge bénéficiaire à l'exploitant comprise entre 0,500 et 2,500.

A titre indicatif, pour la fraction 4 - 15 m/m (qui constitue 50 % de la production et 70 % du chiffre d'affaires, les prix de vente ont évolué comme suit (départ carrière)

.../...

	1980	1984	Observations
Région de Tunis			
Nahli - Ben Arous	3 <sup>D</sup> 000	4,800	Calcaire
Sedjoumi			relativement
			tendre
Région Cap-Bon			
et Sousse (Fondouk		D	
Jedid - Enfidha)	3 <sup>D</sup> 200	5,000	
Ressas - Oust	3 <sup>D</sup> 500	5 <sup>D</sup> 000	excellente
			qualité
Kairouan - Sidi Bouzid	5 <sup>D</sup> 000	6 <sup>D</sup> 000	
Gabès - Gafsa	5 <sup>D</sup> 000	7 <sup>D</sup> 000	Pénurie à
			l'échelle
			régionale et
			coût de produc-
			tion élevé
Réja	5 <sup>D</sup> 000	7 <sup>D</sup> 000	

En fait les coûts d'exploitation sont nettement plus élevés que les prix théoriques calculés précédemment.

Ceci s'explique par :

- une capacité réelle inférieure à la capacité projetée
- un taux d'utilisation de l'ordre 50 à 60 %

Ainsi pour une capacité installée en 1980 de 20 millions de m<sup>3</sup>, la production n'a pas dépassé les 13 millions de m<sup>3</sup> en 1981 sable compris.

Ceci nous permet de saisir l'effort qu'il y a lieu de déployer pour améliorer la productivité des installations existantes pour :

- + satisfaire davantage la demande sans cesse croissante, sans investissements nouveaux.
- + réduire par voie de conséquence la hausse galopante des prix de vente.

.../...

VII - PRODUCTION

1 - Capacité de production installée

D'après un rapport de l'API (1981), le CNEI aurait recensé en 1972, 77 carrières disposant d'un concasseur et 103 exploitées artisanalement.

Entre 1973 et 1978, l'API aurait enregistré 213 demandes d'agrément (créations, régularisations et extensions) parmi lesquelles on dénombre, 210 concasseurs répartis entre 167 entreprises.

Une étude réalisée par la BDET en 1981, donnait pour cette même année, 258 unités installées pour une capacité de production estimée à 20 millions de m<sup>3</sup> calculée sur la base de 280 jours ouvrables par an et 3 postes de travail par jour.

Ces unités seraient réparties comme suit :

Nord Est	115 unités	11. 126
Nord Ouest	12 unités	890
Centre Est	46 unités	2. 940
Centre Ouest	46 unités	3. 014
Sud	39 unités	2. 067
	<hr/>	<hr/>
	258	20. 037 m <sup>3</sup>

Remarquons tout de suite que ces chiffres englobent certainement aussi bien les unités produisant du gravier que celles qui produisent du sable. Malheureusement il est difficile de faire la répartition entre ces deux catégories de production.

---

Nord Est :	Gouvernorat de Tunis, Nabeul, Bizerte et Zaghouan
Nord Ouest:	" Béja, Jendouba, Kef et Siliana
Centre Est:	" Sousse, Mahdia et Monastir
Centre Ouest:	" Kasserine, Kairouan, Sidi Bouzid, Gafsa et Tozeur
Sud :	" Sfax, Gabès, Tataouine et Medenine.

Quoiqu'il en soit, nous avons recensé une centaine d'entreprises dont la capacité oscille entre 40 et 450 t/heure. (voir carte)

Pour 300 jours ouvrables par an et un poste de 8 heures par jour et un taux d'utilisation de 80 % leur capacité globale serait de l'ordre de 12 millions de m<sup>3</sup> par an.

Il faut ajouter, à ces entreprises à caractère industriel, une cinquantaine de petites unités à caractère artisanal. Elles travaillent essentiellement qu'avec de la main d'œuvre et produisent par intermittance pour la construction.

Nous pensons particulièrement aux petites unités utilisant les produits quaternaire résultant de ramassage à travers champ, ou de blocs de rocher arrachés à la main à partir d'une alternance de calcaires et de marnes. Elles sont particulièrement répandues au Sahel, près des petites villes et villages, au centre Ouest et au Nord Ouest où les besoins ne se sont pas fait sentir pour justifier l'installation d'une unité industrielle travaillant à pleine capacité durant toute l'année.

En admettant, une capacité de 10 à 15 tonnes/ heure pour chacune de ces unités, on aurait une capacité supplémentaire non recensée de 1,5 à 2 millions de m<sup>3</sup>.

On peut donc estimer, sans gros risques d'erreurs, la capacité de production installée à l'échelle nationale, pour les granulats à 13 ou 14 millions de m<sup>3</sup>.  
Ce volume pourrait être porté à 23 ou 25 millions de m<sup>3</sup> si on considère, au moins pour les unités industrielles, 300 jours ouvrables 2 postes de 8 à 10 par jour et 80 % de taux d'utilisation des installations.

.../...

2 - Production effective

Faute de chiffres précis et fiables fournis par les producteurs, nous sommes obligés de déterminer la production en procédant par recoupe-  
ment.

Le comité sectoral du plan a estimé la production de granulats (sable compris) en 1981 à 13. 213M m<sup>3</sup>

En admettant qu'on produise 60 m<sup>3</sup> de gravier pour 40 m<sup>3</sup> de sable, la production de produits concassés serait de :

$$13. 213 \times 0,6 = 7 920. 000 \text{ m}^3$$

Par ailleurs le même comité admet pour cette industrie un accroissement annuel de 12 %, la production serait en 1000 m<sup>3</sup>

$$1982 \quad 9. 000 \text{ m}^3$$

$$1983 \quad 10. 000 \text{ m}^3$$

Par ailleurs, une enquête menée par le Ministère de l'équipement en 1975 chiffrant les besoins en produits concassés pour 1976 à 3. 113,000 M. m<sup>3</sup> avec un déficit de production pour la même année de 823. 000 m<sup>3</sup>. Soit une production réelle de 2.290, 000 m<sup>3</sup>.

En appliquant à cette production le même coefficient d'accroissement annuel de 12 % on obtiendrait pour 1983 - 84 et 85 les volumes suivants

$$1983 \quad : \quad 4. 654, 000$$

$$1984 \quad : \quad 5. 212, 000$$

$$1985 \quad : \quad 5. 837, 000$$

Par ailleurs, si on considère qu'un mètre cube de béton nécessite 300 kg et 2 tonnes de produits de carrière dont la moitié sous forme de produits concassés, on aurait consommé en 1983 pour 2. 747, 000 tonnes de ciment et 6. 100, 000 m<sup>3</sup> pour les graviers utilisés dans le béton hydraulique (habitats, construction industrielles, tourisme, agriculture etc...)

Il faudrait à cela ajouter la quantité utilisée par les T.P. (entretien et construction de chaussée) qu'on peut estimer, suivant la cadence et le taux de réalisation des projets inscrits dans le 6<sup>ème</sup> plan de développement à 25 - 30 % de la consommation totale des granulats.

La production totale aurait été de 8 à 9 millions de m<sup>3</sup>.  
D'un autre côté, si nous admettons que dans le domaine routier, la part de la fourniture de granulat se situe en général entre 20 et 40 % du coût total de l'ouvrage, on aurait pour 220 millions de Dinars prévus au VI<sup>e</sup> plan pour les travaux d'infrastructure de transport routier, maritime et aérien, vu un besoin annuel d'environ 2.000.000 de m<sup>3</sup>, soit pour 1983,

$$6.100 + 2.000 = 8.100 \text{ m}^3$$

De toutes ces remarques, on peut conclure, sans gros risques d'erreurs, que la production étant égale à la consommation, puisqu'on ne signale nulle part une surproduction que la production nationale de produits concassés devrait théoriquement osciller entre 8 et 9 millions de m<sup>3</sup> pour 1983.

Cela suppose qu'on a réalisé à plus de 90 % les programmes annuels prévus par le VI<sup>e</sup> plan, soit des investissements annuels évalués comme suit (en millions de Dinars).

Logement : 220 MD par an  
ou 32.000 logements

Tourisme : 50 MD  
ou 5000 lits

Construction industrielle  
30 % des investissements 90 MD

Hydraulique agricole  
52 MD

Infrastructure pour transport routier, maritime et aérien  
45 MD

.../...

On voit ainsi que dans les meilleures conditions, la production nationale effective correspond à peine à 65 % de la capacité installée. Soit 8 millions de m<sup>3</sup> pour une capacité de 14 millions de m<sup>3</sup> pour un poste de travail de 8 H durant 300 jours ouvrables et 80 % d'utilisation.

Si on prenait comme base 16 heures de travail par jour pour les unités industrielles uniquement, la capacité serait de l'ordre de 20 millions de m<sup>3</sup> et le taux actuel d'utilisation des installations ne serait que de :

$$\frac{8}{20} = 40 \% \text{ des capacités installées}$$

Donc pour faire face aux besoins futurs, il suffirait, en principe d'améliorer le taux d'utilisation des unités existantes en agissant sur les facteurs de production à savoir :

- un encadrement qualifié
- un entretien préventif et efficace du matériel existant
- une mise au point des méthodes d'attache et application des techniques appropriées à la perforation, schéma de tir, explosif, aménagement des gradins.

Si malgré tout, la demande dépasse l'offre, on passera au travail à deux postes par jour.

Cette série d'actions doit permettre aux installations des régions du Nord Est (où se concentrent plus de 33 % de la population du pays et plus de 50 % de l'activité économique) de faire face à la demande sans cesse croissante de granulats.

Il n'en est pas de même pour les autres régions (en particulier le Nord Ouest) où la demande dépasse l'offre puisqu'on signale des projets de construction qui auraient été différés ou annulés faute de granulats.

Il est certain qu'avec la mise en chantier de certains gros projets nationaux (tel que l'aéroport de Tabarka, et le développement touristique de cette région, le port de Cap de Serat, les projets hydrauliques des eaux du Nord, le projet S'Raa Cuertane au Kef etc...)

Il va falloir installer de nouvelles unités pour approvisionner ces chantiers en granulats.

Il en est de même pour le Sud Tunisien où démarreront bientôt les travaux du Port de Zarzis, la voie ferrée : Gabès, Médenine et la route Ben Guerdane Ras Jedir, les projets touristiques de Jerba et la faculté des lettres de Jerba.

#### VIII - CONCLUSIONS GENERALES - RECOMMANDATIONS

La Tunisie étant en plein développement économique et social, ses besoins en granulats se sont développés à une cadence accélérée passant de 2.300 000 m<sup>3</sup> de produits concassés en 1976 à plus de 8 millions de m<sup>3</sup> en 1983.

Pour faire face à ces besoins, on a consenti pour cette industrie naissante des investissements très lourds et peu créateurs d'emplois. Malgré cet effort, on a toujours le sentiment que les moyens mis en œuvre ne sont pas suffisants pour faire face à la demande. Pour certaines régions la pénurie de granulats est de plus en plus aigue, à tel point qu'on se demandait si la géologie du pays est en mesure de justifier les investissements nécessaires pour promouvoir cette industrie dans ces régions.

Or la Tunisie, pays d'argile, de sable et de calcaire offre des affleurements carbonatés se présentant admirablement bien pour la production de granulats.

La carte géologique, ci-jointe, nous donne une idée précise sur la nature, le volume et la répartition géographique de ces affleurements.

Elle montre bien moyennant des études à caractères géologiques et minières assez poussées qu'on est en mesure d'identifier en nombre suffisant des sites économiquement exploitables. Nous nous sommes volontiers abstenus d'avancer des chiffres sur les réserves potentielles de chaque région car seules les réserves exploitables sont intéressantes et celles-ci dépendent de plusieurs paramètres qu'on ne peut déterminer qu'après des études détaillées de chaque site (surface du permis, recouvrement, puissance, accès, limites des gradins etc...)

Par ailleurs, cette même carte nous montre le déséquilibre régional en matière d'implantation de carrières. Celles-ci sont concentrées essentiellement au Nord Est du pays qui groupe plus du tiers de la population tunisienne<sup>et</sup> 50 à 60 % du développement économique.

Avec le développement urbain de cette région, la concentration des carrières n'a pas manqué de poser certains problèmes aigus d'environnement, difficile à résoudre en l'absence d'une législation précise et rigoureuse régissant l'industrie des carrières.

On était même tenté de croire que malgré l'importance des investissements consentis dans cette région, il va falloir en assurer d'autres pour satisfaire les besoins du marché. L'examen rapide des installations existantes montre que leur quasi totalité travaille à peine 60 % de leur capacité sur 8 h de travail par jour et moins de 40 % sur 16 heures de travail par jour.

Les problèmes résultent des faits suivants :

L'abattage du tout venant est nettement insuffisant pour saturer les installations existantes à cause de l'absence totale d'un encadrement technique spécialisé capable d'appliquer les techniques d'exploitation appropriées :

Aucune carrière si importante soit elle n'emploie d'ingénieurs de mines ou de chef porion formé dans des écoles spécialisées; Pourtant les problèmes que posent l'exploitation des carrières ne sont pas moindres que ceux qu'on rencontre dans les mines classiques.

Il va de soi que le choix du matériel et les investissements d'une façon générale sont insuffisamment productifs. Il en est de même pour l'entretien et la maintenance des équipements existants. Il en résulte :

.../...

- des investissements lourds et non justifiés
- des coûts d'exploitation élevés
- un effectif anormalement pléthorique
- des prix de vente en hausse constante
- une sécurité mal assurée
- une situation financière difficile pour la plupart des entreprises, certaines n'équilibrent que par le transport des produits élaborés.

#### RECOMMANDATIONS

Sans avoir la prétention de donner des solutions aux difficultés auxquels se heurte l'industrie des granulats, car chaque unité de production a ses problèmes spécifiques, nous avons essayé surtout de les identifier pensant pertinément que bien poser un problème c'est déjà le résoudre à moitié.

De ce fait cette étude s'adresse beaucoup plus aux autorités compétentes qu'aux producteurs eux-mêmes, afin de les aider à bien définir les objectifs d'un développement éventuel de ce secteur.

Ces objectifs étaient jusqu'à présent définis à partir de chiffres statistiques relatifs à l'offre et la demande sans pour autant se soucier si les investissements déjà engagés donnaient les résultats escomptés. C'est comme si la planification est là uniquement pour combler le déficit en accordant les agréments en conséquence, sans tenir compte des résultats des efforts déjà consentis.

Nous pensons que, au lieu d'accepter l'état de fait, tous les efforts devraient être mobiles pour aider les producteurs à améliorer la productivité de leurs installations car en fait c'est là le vrai problème.

Donc ce secteur a besoin beaucoup plus de matière grise et de techniques que de matériels et équipements nouveaux.

Certes sans matériels en bon état, les techniciens ne peuvent rien faire. En tout cas c'est d'abord des techniciens qu'il faut avoir pour qu'ils définissent eux-même le minimum de matériel et, pièces de rechanges les mieux appropriés, pour améliorer la production.

Un ingénieur ou un simple technicien coûterait 5 à 10.000 Dinars par an à l'entreprise, mais il doit être en mesure d'émettre et d'appliquer une ou plusieurs idées susceptibles d'améliorer de 20 à 30 % la production de l'entreprise, sans investissements nouveaux, et rien qu'en agissant par son assiduité, son savoir faire, sur un ou plusieurs paramètres de production tels que :

- rendement et performance du tir
- réduction des consommables
- immobilisation et taux d'utilisation du matériel et équipement.
- assiduité et qualification du personnel

Si l'unité fait habituellement 100.000 m<sup>3</sup>/ par an, 20 à 30 % d'amélioration correspondent à un chiffre d'affaire supplémentaire de 60 à 90.000 D. permettant d'amortir largement les 5 à 10.000 D consentis comme salaire au technicien.

Certes, les techniciens spécialisés en la matière ne "courent pas les rues". Déjà le secteur minier accuse un déficit chronique en matière d'ingénieurs et de techniciens moyens.

mais en attendant que ce déficit soit comblés par les écoles et instituts nationaux spécialisés (ENIT, ENIG, Institut de Gafsa - Centres de formation professionnelle etc...).

Les producteurs peuvent faire appel à l'assistance technique des organismes ou bureau d'études spécialisés. Mais il vrai que les producteurs actuels étant dans la plupart des cas étrangers à la profession sont peu sensibles à cette notion de productivité.

Nous l'avons d'ailleurs constaté nous même au cours des discussions avec certains d'entres eux.

Ils seraient plutôt étanches à toute intervention étrangère qu'ils considèrent comme une ingérence dans leurs affaires personnelles.

Aussi, sans aller jusqu'à suggérer aux autorités de tutelle de leur imposer de se faire assister par des organismes spécialisés, proposons nous aux entreprises publiques ou semi étatiques (T.P. et Sociétés nationales) d'engager des interventions ponctuelles susceptibles de servir d'exemple aux producteurs privés.

Ainsi les Travaux Publics, qui constituent le consommateur de granulats (plus de 50 % de la production Nationale) possèdent des unités de production ou les problèmes ne sont pas moindres (Jebel Oust, El Haouareb, Gafsa, Kasserine, Gabès etc...). Certaines sont même réduites à un travail artisanal malgré l'équipement disponibles des études détaillées pour chaque cas permettront sûrement de voir clair dans ces entreprises et de suggérer des solutions efficaces et durables.

Le Nord Ouest et le Sud souffrent d'une peinerie en matière de granulats; pourtant des projets Nationaux importants vont bientôt avoir le jour. (aéroport, complexe touristique à Tabarka, port de Cap-Serat, port de Zarzis, voie ferrée de Gabès, Médenine, route Ben Gerdane, Ras Jedir, tourisme et faculté des lettres à Jerba etc..., faut-il installer de nouvelles unités de production au risque de les voir une fois ces projets réalisés ? ou il vaut mieux améliorer et développer celles qui existent ?

En outre, qui dit besoin de granulats dit gravier et sable siliceux. Or ce dernier produit, mégligé jusqu'à présent devient de plus en plus une denrée rare, assimilable à tout autre produit industriel à cause des investissements importants que nécessite sa production tant pour la construction que pour les industries diverses (verrerie, fonderie, céramique etc...)

Une étude similaire à celle que nous venons de réaliser permettra d'avoir une idée plus claire sur toute l'Industrie de granulats.

On pourra identifier des gisements susceptibles, de part leur qualité, de donner naissance à des industries plus nobles tout en comblant le déficit national en la matière : ( la Tunisie, importe actuellement pour son industrie naissante du sable siliceux de Belgique, France, etc...).

Ce ne sont là que des exemples que nous citons pour montrer que cette étude, loin d'être exhaustive, ne fait que situer les problèmes dont les solutions restent à trouver par des études spécifiques et régionales.

Mais quelque soit le caractère pratique des solutions que pourront suggérer ces études, elles ne pourront pas être appliquées d'une façon efficace tant qu'il n'y a pas :

- une législation rigoureuse définissant les obligations et les limites des industries de granulats.

- des techniciens spécialisés en nombre suffisant pour encadrer les entreprises existantes et futures.

En attendant, de résoudre ces deux problèmes, il appartient aux autorités de Tutelle,

- d'inciter les entreprises existantes de faire appel à l'assistance technique pour exploiter judicieusement leurs gisements et utiliser efficacement leurs équipements.

- Promouvoir et encourager les organismes et sociétés de services susceptibles d'assister les exploitants actuels.

- exiger au préalable pour toute installation nouvelle, des études géologiques, techniques et commerciales approfondies pour éviter des investissements coûteux et souvent inutiles.

- encourager toutes la formation professionnelle à tous les niveaux : mineurs, mécaniciens, conducteurs d'engins etc...

- étudier le problème des pièces de rechange pour définir les actions à entreprendre afin d'assurer au marché un approvisionnement efficace et régulier./.

BIBLIOGRAPHIE

---

- 21 -

BUSSON G. (1967) - Le Mésozoïque saharien, 1 ère partie : l'extrême Sud tunisien - Publication du centre de Recherches sur les zones arides, série géologie N°8, 194 p. Paris -

BURROLET P.F. (1956) - Contribution à l'étude stratigraphique de la Tunisie Centrale. Ann. Minn. et Géol., Tunis N°18, 350 p.

CASTANY G. (1951) - Etude géologique de l'Atlas tunisien oriental. Ann Mines et géologie, Tunis N°8.

CASTANY G. (1955) - Les extrusions jurassiques en Tunisie. Ann Mines et géologie, Tunis N° 14

Carte géologique de la Tunisie au 1/500 000, Service géologique de la Tunisie 1 ère édition (1952) et 2 ème édition (en cours d'impression)

Cartes topographiques et géologiques de la Tunisie au 1/200 000 et au 1/50 000 Services géologique de la Tunisie.

JAUZEIN 1. (1967) - Contribution à l'étude géologique des confins de la dorsale tunisienne - Ann Mines et géologie, Tunis, N°22

JOUIROU M. (1981) - Etude géologique et géographique des sédiments  
de la région d'El Kef thèse de doctorat de 3<sup>ème</sup> cycle - Université de Bordeaux I

LOUHICHI M.L. (1981) - Etude géologique et géotechnique de la partie  
Nord Occidentale du gouvernorat de Kairouan -  
Thèse de doctorat de 3<sup>ème</sup> cycle - Université de  
Franche - Comté.

L'industrie des granulats : rapport API Octobre 1979

Les granulats : 1980 : Association Amicale des ingénieurs anciens élèves de  
l'école nationale des Ponts et chaussées.

BERTHISOT J. (1975) - La Sabkha el Melah de Zarzis : Genèse et évolution d'un  
bassin salin paralique; travaux du laboratoire de  
Géologie N°9 Ecole Normale Supérieure - Paris

BERUINQUIERE L. (1903) - Etude géologique de la Tunisie centrale - Thèse  
Doctorat Sci. Nat., Fac. Sci. Paris

Revue de l'industrie Minérale N° Spécial sur l'industrie des granulats.

Nous donnons en annexe, des fiches techniques pour quelques unes des carrières que nous avons visitées et que nous avons choisies comme exemples pour illustrer les problèmes dont souffrent la majorité des exploitations de granulats en Tunisie, à savoir :

- absence d'étude préalable
- encadrement technique quasi inexistant
- front en un seul gradin très haut ne permettant pas d'assurer les bonnes conditions de production et de sécurité
- matériel peu ou mal entretenu
- production réelle nettement réduite par rapport aux capacités installées.

CARRIERE MOHAMED EL GHALI JRADOU

SITUATION GEOGRAPHIQUE : Jradou - Délégation de Zaghouan

GEOLOGIE : calcaires éocène redressés à la verticale

CAPACITE : 100 T/H

EFFECTIF : 28

OBSERVATION : L'unique front atteint une hauteur de 40 à 50 m ce qui limite fortement les possibilités d'abattage malgré les réserves importantes encore disponible. L'exploitant assure par ses propres moyens (3 camions semi remorques de 35 tonnes) le transport des produits finis jusqu'aux chantiers d'utilisation (Sousse-Monastir). Il projete d'investir sur un nouveau site à Hamman Zriba près de Zaghouan.

CARRIERE BECHIR RAOUDI (ARIANA)

SITUATION GEOGRAPHIQUE : Jebel Nahli - Ariana -

GEOLOGIE : Calcaires campaniens fortement tectonisés avec des intercalations marneuses puissantes

CAPACITE : 200 T/H

EFFECTIF : 40

OBSERVATION : La station de concassage et les moyens d'extraction mis en œuvre, récemment acquis sont surdimensionnés par rapport au site géologique peu favorable pour assurer dans de bonnes conditions de production et productivité, le tonnage nécessaire pour saturer l'installation.  
Une étude préliminaire du site aurait conseillé à l'exploitant d'installer ses équipements sur un site nouveau.  
L'actuel front est trop haut et trop étroit limitant fortement le champ de tir sans compter le volume important de terrain argileux qu'il faut déplacer.

CARRIERE NAOUAR & C<sup>ie</sup>

SITUATION GEOGRAPHIQUE : Mornag : au bord de l'autoroute Tunis - Turki

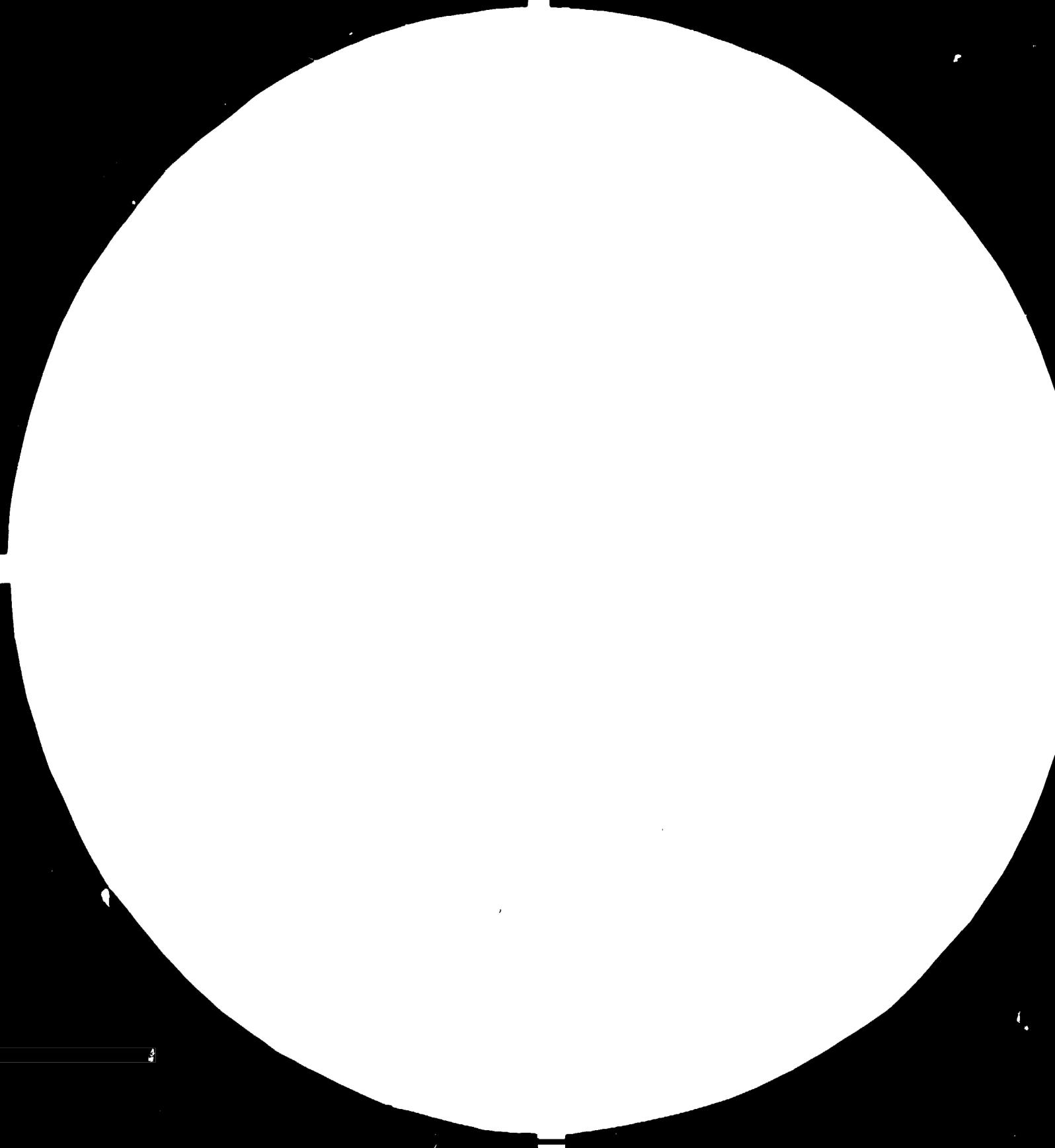
GEOLOGIE : Calcaires éocènes

CAPACITE : 80 T/H

EFFECTIF : 28

OBSERVATION : L'exploitant a des problèmes avec les propriétaires des villas nouvellement construites l'accès à la carrière, des camions transportant des produits finis se fait par un bout de piste de 300 m passant près de ces logements d'où problème de bruit et pollution par les poussières. L'aménagement de l'accès à l'autoroute, amorcé mais pas encore achevé par les T.P. résoudrait ce problème et permettrait à l'emploi tant de développer sa production en engageant les investissements nécessaires pour exploiter ses réserves potentielles importantes (ancienne carrière abandonnée).

85-0118





MICROCOPY RESOLUTION TEST CHART  
NATIONAL BUREAU OF STANDARDS  
STANDARD REFERENCE MATERIAL 1010a  
(ANSI and ISO TEST CHART No. 2)

CARRIERE DES TRAVAUX PUBLICS

MINISTERE DE L'EQUIPEMENT

GAFSA

SITUATION GEOGRAPHIQUE : Jebel Ben Younis environs immédiat de Gafsa

GEOLOGIE : Alternance de bancs dolomitiques très durs de 2 à 4 m avec des niveaux marneux de 5 à 20 cm.

CAPACITE : 50 T/H

EFFECTIF : 42

OBSERVATION : Faute de matériel bien entretenu, la carrière fonctionne grâce à une pléthore d'ouvriers prélevé sur le personnel du Développement rural. Donc travail à caractère artisanal malgré les besoins fort importants formulés par les services de T.P. de la région. Le concasseur aurait été arrêté depuis plus de 8 mois faute de pièces de rechange.

SOCIETE : LA BONNE CARRIERE

EL FAYEJH

SITUATION GEOGRAPHIQUE : El Fayedh : Délégation de Sidi BouZid

GEOLOGIE : Dolomie fortement tectonisée du crétaé inférieur

CAPACITE : 200 T/H

EFFECTIF : 40 .

PRODUCTION REELLE : 180 000 m<sup>3</sup>/an

OBSERVATION : La saturation de concassage relativement récenté (concassages primaire et secondaire) est bien étudiée et adaptée pour ces dolomies dures et siliceuses.  
Mais la topographie fortement cahutée et le redressement à la verticale du niveau dolomitique risquent de limiter les possibilités d'aménagement de gradins pour l'abatage réduire ainsi progressivement la capacité réelle de production.  
Les investissements engagés sont suffisamment importants pour justifier un encadrement technique valable pour suivre de près l'évolution de la carrière afin d'éviter à plus ou moins brève échéance ces problèmes.

SOCIETE DES INDUSTRIES DE MATERIAUX  
DE CONSTRUCTION

SIEGE SOCIAL : Route de Tunis - Hammam Sousse  
Tél : 22 455

SITUATION GEOGRAPHIQUE : El Haouareb : Délégation de SbiKha -  
Kairouan à 45 km - accessible par la route  
Kairouan - Gafsa

GEOLOGIE : Calcaire dolomitique du Jurassique de l'axe  
Nord-Sud du Jebel Kara

CAPACITE INSTALLEE : 150 T/H

EFFECTIF : 45

OBSERVATION : L'installation date de 1978; elle est composée  
de deux stations installées en parallèle dont  
l'une arrêtée faute de pièces de rechange.  
front de 25 à 30 m.  
L'encadrement de la carrière par un personnel  
qualifié en exploitation minière, et l'approvi-  
sionnement de l'installation actuellement sure-  
gnipée, en pièces de rechange permettront à l'ex-  
ploitant de doubler facilement sa production actuelle  
qui atteint à peine 300 m<sup>3</sup>/jour destinée essentiellement  
à l'approvisionnement de la région de Sousse Monastir.

S O M A T R A (Grombalia)

SITUATION GEOGRAPHIQUE : à 10 km à l'Ouest de Grombalia, sur la route de Tuburnik

GEOLOGIE : calcaires éocènes massif

CAPACITE INSTALLEE : 100 T/H

EFFECTIF : 20 ouvriers

OBSERVATION : Carrière installée par l'entreprise SOMATRA pour l'alimentation du chantier de l'autoroute Turki-Hammamet.  
Site géologique pratiquement vierge et potentiellement favorable pour l'installation de nouvelles carrières susceptibles de remplacer celles de Ben Arous en voie d'épuisement.

CARRIERE THABET

SITUATION GEOGRAPHIQUE : Ben Arous au bord de l'autoroute

GEOLOGIE : calcaire éocène en bancs subhorizontaux

EFFECTIF : 85

CAPACITE INSTALLEE : 85 T/H

OBSERVATION : La carrière se trouve à proximité du château d'eau de la SONEDE. En outre tous les terrains limitrophes sont soit occupés par des logements populaires, soit aménagés pour de nouvelles constructions. L'exploitant se trouve obligé d'évoluer en profondeur tout en réduisant considérablement la quantité d'explosif utilisée à chaque tir, d'où réserves exploitables limitées et en voie d'épuisement.

- rendement à l'abattage : dérisoire
- problèmes aigus de pollution par les poussières, le tir et les bruits
- éloignement du front par rapport à la station de concassage

A plus ou moins brève échéance, l'exploitant est amené à chercher un nouveau site suffisamment éloigné des zones urbaines.

CARRIERE SOCIETE DU NORD

SITUATION GEOGRAPHIQUE : Jebel Ammar : par Oued El lil

AGE GEOLOGIQUE : Campanien

CAPACITE : 100 T/H

EFFICACITE : 40

OBSERVATIONS : - Carrière en voie d'extinction .  
- possibilité d'extinction en surface, limitée  
proximité des logements et installations du  
propriétaire du terrain qui aurait déjà engagé  
un procès contre la Société pour récupérer son  
terrain.  
l'exploitation aurait largement dépassé la sur-  
face louée. Elle se développe actuellement en  
profondeur.  
Cette carrière se trouve bien située pour alimenter  
les chantiers de construction de la banlieu Nord  
Ouest de Tunis (Le Bardo-Manouba).  
Une reconnaissance détaillée du secteur devra  
permettre d'identifier un autre site géologique  
sur la même barre calcaire du campanien, susceptibl  
de remplacer le site actuel en voie d'épuisement.

CARRIERE FATHI AKROUF

SITUATION GEOGRAPHIQUE : Borj Turki

AGE GEOLOGIQUE : Campanien

CAPACITE : 60 T/H

EFFECTIF : 33

OBSERVATIONS : Conditions d'exploitation difficiles et dangereuses  
terrains fracturés, front très haut et surface limit  
Conditions géologiques peu favorables, faible puissance  
de la couche exploitable avec des passages marneux.  
Surface louée pour l'exploitation très réduite ne permettant  
pas l'aménagement d'un bon front pour  
l'exploitation.  
L'intérêt de la carrière réside dans sa proximité de  
l'Ariana malgré les deux kms de piste difficilement  
carrossables par temps de pluie.

CARRIERE BECHIR CHANNOUF

- SITUATION GEOGRAPHIQUE : Nahli (Ariana)
- AGE GEOLOGIQUE : Campanien
- CAPACITE : 160 T/H
- EFFECTIF : 36
- EXPLOITATION : installation sous alimentée faute de produits abattus - front limité .
- OBSERVATIONS : installation moderne et bien équipée mais surface exploitable et front limités réserves en voie d'épuisement.  
Le propriétaire projeté de déplacer toute son installation sur un nouveau site identifié à Jebel Mayana.

COOPERATIVES DES CARRIERES DE L'ICHKEUL

SITUATION GEOGRAPHIQUE

: flanc Sud Est du Jebel Ichkeul - desservie par la voie ferrée et une route goudronnée de 7 km la reliant à travers le lac Ichkeul à la route Mateur-Menzel BouGriba.

GEOLOGIE

: Calcaire dolomitique très dur submétamorphique du Jurassique.

CAPACITE INSTALLEE

: deux unités une très ancienne et une moderne type mobile, pouvant traiter ensemble plus de 220 T/j.

EMPLACEMENT

: 63

OBSERVATIONS

: L'absence de gradins aménagés a poussé les exploitants à évoluer surtout en largeur : le front actuel, constitué par plusieurs attaques successives s'étend sur plus de 400 m de long. Il en résulte une productivité réduite à l'abat.  
Des travaux préliminaires importants sont nécessaires pour aménager le front en gradins successifs de 20 m de hauteur susceptibles de donner les meilleures performances au tir et à l'abattage.

CARRIERE AMOR LAHZAMI

SITUATION GEOGRAPHIQUE : Jaafar (Ariana)

AGE GEOLOGIQUE : Campanien

CAPACITE : 280 T/H

EFFECTIF : 65

EXPLOITATION : front avec un seul gradin de plus de 40 m.  
Exploitation irrationnelle malgré l'importance  
des investissements engagés dans les équipements.  
Station de concassage et moyens de chargement  
et transport.

- gros risques d'accident
- abattage en gros blocs nécessitant un  
débitage manuel constant.

Le propriétaire pourrait nettement améliorer ces  
conditions de travail et sa productivité q'il raisait  
appel à des techniciens spécialisés en exploitation  
minière.

CARRIERE KHLIL AOUIDAD

SITUATION GEOGRAPHIQUE : Mayana (Tebourba)

AGE GEOLOGIQUE : Jurassique

CAPACITE : 15 T/H

EFFECTIF : 15 ouvriers

OBSERVATIONS : Travail presque artisanal : petit concasseur à machoires alimenté manuellement, donnant une proportion importante de gros 25 - 40 qu'on reprend après stockage à la main.

- front important
- possibilité d'améliorer la production si la carrière était doté d'une station de concassage, de plus grosse capacité est adaptée aux calcaires durs de Mayana.

CARRIERE SOCIETE BARCHE

SITUATION GEOGRAPHIQUE : Béja

AGE GEOLOGIQUE : Eocène

CAPACITE : 20 T/H

EFFECTIF : 60

EXPLOITATION : alimentation du concasseur, par tracteur  
et dégagement manuel des produits finis.

OBSERVATIONS : travail artisanal.

calcaires et front d'excellentes qualités.  
La production pourrait être largement améliorée si on équipait la carrière en conséquence - Trax, concasseur, crible....  
Mais le développement de la production semble limité par le marché réduit, dans la région de Béja, aux constructions de logements qui ne s'activent que durant la saison sèche.  
Lors de notre passage, la Société disposait d'un stock important de produits finis.

CARRIERE SOTECA

SITUATION GEOGRAPHIQUE : Fondouk Jedi (Nabeul)

AGE GEOLOGIQUE : Eocène

CAPACITE : 120 T/H

EFFECTIF : 44

PRODUCTION : ne peut s'aturer ses installations de concassage à cause de sa surface limitée et son front réduit.  
La carrière voisine appartenant à la SOCOIAT dont les équipements sont plus modernes et plus puissants réduits toute possibilité d'extention et de développement sans compter les préjudices et légats matériels résultant des tirs de la carrière voisine.

LES CARRIERES TUNISIENNES

SITUATION GEOGRAPHIQUE : Sidi Tathallah (Ben Arous)

GEOLOGIE : Calcaires éocènes, en bancs massifs subhorizontaux

CAPACITE INSTALLEE : 200 T/H

EFFECTIF : 101

OBSERVATIONS : L'effectif groupe à la fois la carrière produisant des granulats et celle de Jebel Jeloud alimentant la Cimenterie en tout venant :  
Les fronts de la carrière de Sidi Tathallah, bien que bien aménagés s'approchent très vite du chateau d'eau de la SONEDE.  
En outre les constructions ce sont trop rapprochées de la carrière (école et habitations), donc les seules possibilités de productions à plus ou moins brèves échéances se trouvent limitées à un gradin inférieur qui reste à amorcer; Mais sans études préalables du schéma de tir... La production ne peut évoluer normalement sans porter préjudices aux logements voisins.

CARRIERE MANNAI

SITUATION GEOGRAPHIQUE : Flanc Sud du Jebel Ressas

GEOLOGIE : Calcaires durs en bancs massifs du Lias

CAPACITE INSTALLEE : 200 T/H

EFFECTIF : 45

OBSERVATIONS : La carrière doit évoluer sur une surface de 100 ha achetés par l'exploitant et couvrant pratiquement la totalité du flanc Sud du grand Ressas. La pente relativement raide de la montagne, et l'absence de travaux préparatoires pour l'aménagement de gradins successifs ont poussé l'exploitation à évoluer surtout en largeur : le front actuel fait plus de 300 m de long et 20 à 30 m de haut. De ce fait, la station fixe de concassage s'éloigne de plus du front et le transport des produits abattus devient lourd et onéreux.

mais la qualité du produits finis, fort appréciés par tous les utilisateurs de granulats encourage l'exploitant à élaborer un projet d'investissement pour porter sa capacité à 780 T/H.

Il serait plus logique d'investir d'abord pour améliorer les rendements à l'abattage et saturer l'installation existante dont la production ne dépasse guère les 110.000 m<sup>3</sup>/an pour une capacité de 250.000 m<sup>3</sup>.

CARRIERE SOMACAR

Siège Social : 12 Bis, rue d'Autriche -Tunis -

- SITUATION GEOGRAPHIQUE : Flanc Sud Ouest de Jebel Oust - Bir M'Chergua
- GEOLOGIE : Calcaire dur en bancs massifs du Lias fort  
apprécie pour tous les usages de T.P. et Bâtiments
- CAPACITE INSTALLEE : 450 T/H  
Un concasseur primaire giratoire type habilles  
( $\phi$  3 m) suivi d'un transport aérien sur 2 km  
une station de criblage et concassage secondaire.
- EFFECTIF : 147
- OBSERVATIONS : La carrière amorcée dans les années 30 a évolué  
avec un seul gradin qui atteint plus de 100 m de  
hauteur d'où un surequipement en un bull dozer  
(deux) et trax pour assurer à peine 50 % de la  
capacité nominale 2000 T/J contre 4000 possible.  
La réhabilitation de l'entreprise, déjà engagée con-  
siste à entretenir le matériel existant, l'aména-  
gement de gradins avec piste d'accès pour améliorer  
sensiblement la production à l'abattage en la  
portant à 3200 T/J et saturer la station de con-  
cassage existante.

CARRIERE MAHMOUD ACACHA

SITUATION GEOGRAPHIQUE : Sidi Fathallah (Ben Arous)

AGE GEOLOGIQUE : Eocène

CAPACITE : 40 T/H

EFFECTIF : 18

PRODUCTION : Consommée exclusivement par l'entreprise Acacha.

OBSERVATIONS :

- .Carrière en pleine zone urbaine
- .Carrière relativement tendre en bancs de 20 à 50 cm subhorizontaux.
- .Font de 15 à 20 m.
- .Possibilité de développement en surface limitée

Le propriétaire prévoit l'achat d'une ancienne carrière juxtaposée à la sienne totalement arrêtée pour épuisement des réserves.

Il prévoit l'installation d'une nouvelle unité de 1000 T/J qui exploitera les réserves situées du gradin inférieur (sur une surface de 1,5 à 2 ha soit 150 à 200.000 m<sup>3</sup>).

L'exploitation de ces réserves ne manquera pas de poser des problèmes du point de vue environnement ( les logements sont à moins de 50 m de la carrière).

Néanmoins, elle permettra au propriétaire de récupérer plus de 2 ha de terrains utilisables pour la construction.

CARRIERE SOCIETE ENNAHDA

SITUATION GEOGRAPHIQUE : Médenine (Tajra Kebira)

AGE GEOLOGIQUE : Jurassique

CAPACITE : 50 m<sup>3</sup>/jour

EFFECTIF : 20

OBSERVATIONS :

- Front de taille : 15 à 20 m
- Dolomie et calcaires dolomitiques en bancs épais de 1 à 3 m.  
Le gisement affleure approximité de la route GP 1 (Medenine - Gabès) à 7 km de Médenine.
- Réserves importantes et possibilité de développement de l'unité d'exploitation.

CARRIERE S O G E T R A

SITUATION GEOGRAPHIQUE : Mayana (Tébourba)

AGE GEOLOGIQUE : Jurassique

CAPACITE : 150 T/H

EFFECTIF : 50

OBSERVATIONS : L'installation comprend un seul concasseur à choc un concasseur primaire à machoir s'userait moins et augmenterait la production de l'actuel concasseur

Réserves importantes, calcaire dur subcristallin.

L'exploitant a intérêt à aménager des gradins pour éviter des fronts trop hauts (actuellement 20 à 25 m) et pouvoir exploiter toutes les réserves disponibles tout en améliorant nettement ses rendements à l'abattage avec de meilleures conditions de sécurité pour son personnel.

CARRIERE EL HAUREB - Travaux Publics -

SITUATION GEOGRAPHIQUE : Kairouan

AGE GEOLOGIQUE : Jurassique

CAPACITE : 100 T/H

EFFECTIF : 52

OBSERVATIONS : Très beau front de 20 à 25 m, mais le manque d'entretien du matériel constamment en panne réduit considérablement la capacité de production de ce chantier.

CARRIERE KSANTINI FRERES (Mornag)

- SITUATION GEOGRAPHIQUE : Mornag
- AGE GEOLOGIQUE : Calcaires éocènes en bancs redressés à la verticale
- CAPACITE : 150 T/H avec concassage primaire et secondaire
- EFFECTIF : 55
- OBSERVATIONS : Installation moderne, et bien entretenue mais insuffisamment alimentée en T.V. à cause des mauvais rendements à l'abattage.

CARRIERE CASA

SITUATION GEOGRAPHIQUE : Sidi Khlifa (Bouficha)

GEOLOGIE : Calcaire éocène

CAPACITE : 150 T/H

EFFECTIF : 21

OBSERVATIONS : Carrière récemment installée pour alimenter les chantiers de construction de Sousse Monastir. Installation et équipements modernes mais l'abattage et le développement de la carrière sont laissés à l'initiative d'un chef mineur formé sur le tas - D'ou productivité à l'abattage réduite et front mal aménagé.

CARRIERE FORTE ANTOINE

SITUATION GEOGRAPHIQUE : Béja

AGE GEOLOGIQUE : Eocène

CAPACITE : 25 T/H

EFFECTIF : 26

OBSERVATIONS : Outre la production de granulats, cette carrière alimente la Sucrierie de Béja en carbonate de chaux. Mais, outre la proximité des zones urbaines, le terrain de cette carrière est trop facturé, l'exploitation nécessite une surveillance continue pour éviter des catastrophes comme celle survenue il y a quelques années effondrement du front entraînant la mort de plusieurs ouvriers.

CARRIERE AYECH BEL KAHLA & CARRIERE SONOCADO

SITUATION GEOGRAPHIQUE : Flanc Sud de Jebel Oust

GEOLOGIE : Calcaires durs du Lias

CAPACITE : Bel Kahla : 120 T/H  
SONOCADO : 120 T/H

EFFECTIF : Bel Kahla : 26  
SONOCADO : 36

OBSERVATIONS : Ces deux entreprises installées l'une à côté de l'autre, au bord de la route Tunis - Zaghouan entre la station thermale de Jebel Oust et le terrain réservé pour la carrière de la Cimenterie de l'Oust posent déjà des problèmes de pollution par les poussières à la station balnéaire de Jebel Oust.

CARRIERE SOMAG

SITUATION GEOGRAPHIQUE : Mezzouna

AGE GEOLOGIQUE : Campanien fortement tectonisé.

CAPACITE : 100 T/H

EFFECTIF : 40

OBSERVATIONS : Vieille carrière exploitant un banc de calcaire blanc relativement tendre redressé à la verticale et fortement tectonisé.  
• Les réserves exploitables sont limitées.  
• La station de concassage relativement moderne donne une proportion de fine importante.

