



**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)

- 5 APR 1977

07504

# ASSAINISSEMENT ET REORGANISATION DE LA CIMENTERIE DE MALBAZA

DP/NER/72/004

NIGER.

RAPPORT TECHNIQUE :  
résultats des sondages ,

Établi pour le Gouvernement nigérien par  
l'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel,  
organisation chargée de l'instruction pour le compte du  
Programme des Nations Unies pour le développement

Organisation des Nations Unies pour le développement industriel

Programme des Nations Unies pour le développement

ASSAINISSEMENT ET REORGANISATION DE LA CIMENTERIE  
DE MALBAZA

DP/NER/72/004  
NIGER

Rapport technique : résultats des sondages

Etabli pour le Gouvernement nigérien par  
l'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel,  
Organisation chargée de l'exécution pour le compte du  
Programme des Nations Unies pour le développement

D'après les travaux de M. J.M. Deschamps, géologue

Organisation des Nations Unies pour le développement industriel  
Vienne, 1976

### Notes explicatives

Sauf indication contraire, le terme "tonne" désigne une tonne métrique.

Les sigles suivants ont été utilisés dans la présente publication :

BRGM Bureau de recherches géologiques et minières

OFREMIG Office de recherches minières et géologiques

Les appellations employées dans cette publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part du Secrétariat de l'Organisation des Nations Unies aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites.

**RESUME**

Dans le cadre du projet DP/NER/72/004, "Assainissement et réorganisation de la cimenterie de Malbaza", une campagne de reconnaissance des gîtes calcaires par sondages a été faite par l'Office de recherches minières et géologiques (OFREMIQ) en juillet/aout 1976, dont la présente étude fait connaître les résultats.

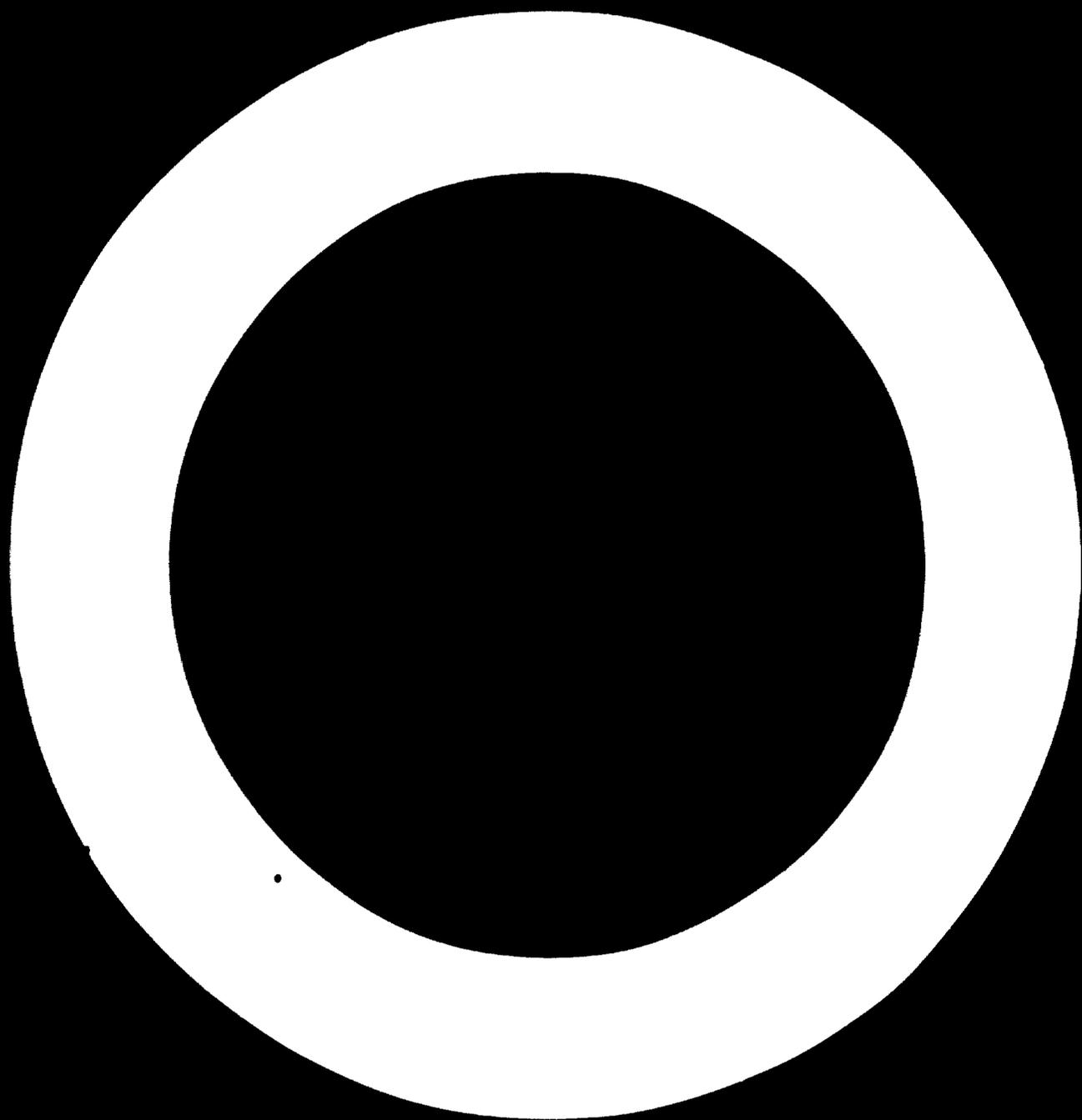


TABLE DES MATIERES

<u>Chapitres</u>	<u>Pages</u>
INTRODUCTION .....	6
I. RESULTATS DE LA CAMPAGNE DE SONDAGES - RESERVES .....	7
A. Considérations générales .....	7
B. Mode de calcul des réserves .....	9
C. Réserves .....	10
II. DOSAGE DU CARBONATE DE CALCIUM - ANALYSE CHIMIQUE .....	15
III. PROPOSITION D'UN SCHEMA D'EXPLOITATION DU GISEMENT - MARCHE DE LA CARRIERE .....	17
IV. RECOMMANDATIONS .....	19

Annexes

I. Coupe des puits exécutés par le BRGM en 1961 dans le secteur de Karni ouest .....	21
II. Dosage du carbonate de calcium .....	23

Liste des figures (additif EP/ID/SER.B/78/Add.1)

I. Secteur Karni est - Log des sondages avec illustration du pourcentage de récupération et dosage du carbonate de calcium	
II. Karni est - Réserves	
III. Secteur Karni ouest - Log des sondages avec illustration du pourcentage de récupération et dosage du carbonate de calcium	
IV. Karni ouest - Réserves	
V. Essai d'interprétation à l'aide de coupes schématiques	
VI. Proposition d'un schéma d'exploitation	
VII. Implantation de sondages de reconnaissance sur fond reproduit d'après le plan du BRGM	

## INTRODUCTION

Au cours du second séjour de l'expert à Malbaza du 7 au 30 septembre 1976, les résultats de la campagne de sondages faite par l'Office de recherches minières et géologiques (OFREMIG) en juillet-août 1976 pour reconnaître les gîtes calcaires ont été collationnés.

La campagne de reconnaissance a été faite sur un total de 477,18 m pour 51 sondages répartis en deux secteurs : Karni est et Karni ouest.

On a procédé à l'examen des carottes et à l'établissement des logs de sondage avec illustration du pourcentage de récupération et dosage du carbonate de calcium. Il est à souligner que le pourcentage de récupération des sondages est en général très mauvais - d'où l'imprécision des résultats - mais l'emplacement des gîtes calcaires existants a été défini et ils semblent susceptibles d'alimenter l'usine sur une période de 56 ans au moins.

Les réserves certaines, calculées en distinguant trois secteurs, se répartissent comme suit :

	<u>En tonnes</u>
Karni est { zone A	677 423
{ zone B	639 986
Karni ouest	2 172 950
Total	<u>3 490 359</u>

A ces réserves certaines viennent s'ajouter des réserves possibles, comprises entre 500 000 et 1 million de tonnes.

Le rapport stérile/calcaire se situe en moyenne entre 1,03 et 1,59.

Le dosage du carbonate de calcium effectué sur toutes les passes calcaires des carottes indique une teneur en général élevée, la coupure ayant été admise le plus généralement aux alentours de 80 %.

Enfin, une proposition de schéma d'exploitation découpant le gisement en panneaux exploitables selon un agencement général défini a priori a été établie. Il faut aussi recommander la nomination d'un chef de carrière (avec description du poste); l'établissement par un géomètre d'un levé précis du terrain occupé par le gisement (planimétrie, nivellement); la visite annuelle ou bisannuelle d'un géologue confirmé pour vérifier le déroulement harmonieux de l'exploitation, la mise à jour de tous les documents et faire toutes suggestions utiles en fonction de l'état d'exploitation.

I. RESULTATS DE LA CAMPAGNE DE SONDAGES  
RESERVES

A. Considérations générales

La précédente campagne de reconnaissance à Malbaza avait été organisée en définissant deux secteurs :

Karni est, où 29 sites avaient été marqués sur le terrain

Karni ouest, où 38 sites avaient été définis

Le démarrage des sondages a eu lieu le lundi 5 juillet 1976; la campagne sur le terrain s'est achevée le vendredi 6 août 1976. Cinquante et un sondages au total ont été exécutés sur 477,18 m et ainsi répartis :

Karni est : : 21 sondages (218,15 m)

Karni ouest : 30 sondages (259,03 m)

Sur un total de 67 sites marqués sur le terrain à l'origine, 16 ont été éliminés, soit pour des raisons géologiques (absence d'horizon calcaire ou recouvrement stérile excessif), soit pour des raisons d'accessibilité (cultures) : dans ce dernier cas sont à inclure les sondages S12 Karni est et S9 - S15 Karni ouest.

Il faut souligner, avant l'examen des résultats, le pourcentage très bas de récupération - très souvent de l'ordre de 15 à 30 %, voire moins - observé dans la quasi totalité des sondages. Ces pourcentages de récupération très défavorables affectent essentiellement le recouvrement grésolatéritique qui se présente en blocs non solidaires liés seulement par une matrice sableuse et les horizons calcaires, surtout lorsque ceux-ci se présentent en rognons. Du fait de la friction des morceaux durs dans le carottier il y a eu également élimination d'une certaine quantité d'argile, essentiellement au toit des calcaires. Les horizons les plus profonds, où la transition des calcaires aux argiles n'est pas brutale mais se produit par l'intermédiaire de calcaires marneux ou argileux puis de marnes argileuses, ont été mieux carottés, avec des pourcentages de récupération redevenant normaux, fréquemment de l'ordre de 80 à 100 %.

La main-d'oeuvre et le matériel mis à disposition par l'OFREMIG n'étaient pas, non plus, totalement rodés ou adaptés à ce travail particulièrement difficile en raison du peu de cohésion de certains horizons. On peut aussi, dans quelques cas, avoir un doute sur la bonne disposition des carottes dans les caisses.

En raison de cette récupération très médiocre les restrictions suivantes sur les résultats exposés ci-après doivent être faites :

a) Il n'est pas possible d'interpréter de façon rigoureuse la composition des éléments manquants : c'est par déduction avec ce que l'on a pu vérifier de la structure des calcaires à la carrière que l'on a pu dresser les logs de sondages;

b) Il n'est pas possible de déceler au moyen de ces sondages les passes argileuses qui pourraient être intercalées dans les calcaires; en effet, les éléments éliminés le plus facilement dans un contexte alternativement dur et tendre sont les plus tendres : s'agit-il de calcaires crayeux tendres ou de marnes argileuses ?

c) Ces sondages ne permettent pas d'apprécier les variations latérales de qualité du matériel calcaire, lequel semble, de ce fait, relativement homogène. Or, la carrière, dans son état d'exploitation actuel, montre que certains secteurs semblent affectés par des "poches" argileuses revêtant la morphologie de puits de dissolution. De tels accidents, localisés, ne sont pas décelables au cours de cette étude;

d) Les valeurs à retenir pour les puissances de la découverte, d'une part et de la formation calcaire, d'autre part, sont très floues et il a fallu, pour définir ces valeurs, prendre en considération les critères suivants : situation géographique et topographique du site du sondage; faciès observable des portions de carottes effectivement récupérées; taux de récupération; probabilité de faciès des éléments manquants, compte tenu du contexte stratigraphique observable; teneur en carbonate de calcium.

De là, des valeurs de puissance qui pourraient paraître discutables mais que l'expérience engage à maintenir et à confirmer, l'aspect du terrain et des carottes et l'interprétation des dosages du carbonate de calcium en fonction des facteurs précités paraissant déterminants.

En ce qui concerne, par exemple, le sondage S4 du secteur de Karni est (zone A), l'examen des résultats du dosage du carbonate de calcium indique des teneurs nettement supérieures à 85 % entre les profondeurs de 5,25 et 11,25 m. Si l'on déduisait aveuglément de ces éléments du dosage les puissances des terrains traversés par le sondage, on obtiendrait 5,25 m de découverte et 6 m de formation calcaire; or, l'examen du log de sondage entre 5,25 et 6,75 m montre que le taux de récupération n'est égal qu'à 56 %; les argiles ayant été

recupérées selon un taux égal à 100 % au toit immédiat des calcaires, on est amené à penser qu'entre les profondeurs de 5,25 et 6,75 m une partie de la carotte non récupérée correspond encore vraisemblablement à des argiles, d'autant que le faciès calcaire n'apparaît pas encore à l'oeil, comme totalement tranché sur la partie observable de cette portion de carottes. C'est pour cela que la valeur de 6 m de puissance pour la découverte (5,25 + 0,75 ?) et celle de 5,25 m pour la formation calcaire (6,00-0,75 ?) ont été retenues.

Enfin, il résulte de la lecture des puissances de la formation calcaire sur chacun des logs de sondage une impression de grande irrégularité de cette puissance des calcaires; il ne faut pas perdre de vue ici deux éléments essentiels : d'une part, le gisement calcaire exploitable de Malbaza est localisé en bordure de plateau et la morphologie même de cette bordure conditionne la puissance du calcaire qui a subi vers l'aval une érosion toujours plus poussée jusqu'à disparition totale de la série; les puissances seront donc d'autant plus faibles qu'on se rapprochera des zones basses de la topographie; d'autre part, les pourcentages de récupération très faible ont sans doute conduit, dans bien des cas, à sous-estimer, par esprit de prudence, la puissance réelle de la formation calcaire au profit de l'argile, voire de la latérite, sus-jacentes.

#### B. Mode de calcul des réserves

La maille de sondage étant égale à 100 m, il a été admis que la zone d'influence de chaque sondage serait représentée par un carré de 100 m de côté dans lequel le sondage serait placé à la croisée des diagonales. Cette zone d'influence a été réduite dans certains cas qui seront précisés en détail ultérieurement.

A été retenue pour le calcul toute coupe de sondage offrant une représentation calcaire suffisante (plusieurs mètres) dont le recouvrement n'exoède pas deux fois la puissance du calcaire (cas le plus défavorable) et dont la teneur en carbonate de calcium (dosage d'un composite par tranches de plusieurs décimètres de calcaire) soit égale ou supérieure à 80 %; dans quelques cas exceptionnels, justifiés par le contexte environnant, une teneur en carbonate de calcium légèrement inférieure ou bien des coupes de sondage où le rapport stérile calcaire peut être plus élevé, ont été admises. Ce sont des critères strictement géologiques qui ont conduit à faire ces choix.

Trois zones ont été distinguées : Karni est, zone A, au nord de la carrière actuelle, Karni est, zone B, au sud de la carrière actuelle, Karni ouest.

Chacune de ces trois zones a fait l'objet d'un calcul des réserves qui lui est propre. Dans chaque cas, la puissance moyenne de recouvrement stérile pour chaque sondage de la zone et la puissance moyenne de la formation calcaire ont été calculées. Ces valeurs ainsi que la superficie prise en compte déterminent des volumes qui permettent de déduire la masse (en tonnes) de la formation calcaire. Une valeur de 2,2 - qu'il conviendrait de vérifier - a été prise comme densité du calcaire, sans contrôle effectif; les variations de faciès des calcaires rendent, toutefois, les résultats d'une telle appréciation tout à fait problématiques.

Cependant, comme il a été tenu compte des imprécisions dues au carottage, le calcul des réserves indique pour la masse des calcaires des chiffres qui sont sans doute en-dessous de la réalité. D'ailleurs, les puissances moyennes des calcaires prises en compte demeurant toujours inférieures aux valeurs que l'on peut observer sur le front de taille de la carrière ou sur les coupes des divers puits exécutés par le BRGM en 1961 (voir annexe I) où l'indétermination du pourcentage de récupération, dont est victime cette étude, ne joue plus.

### C. Réserves

#### 1. Karni est - Zone A

<u>Sondages</u>	<u>Puissance de la découverte</u> (en mètres)	<u>Puissance de la formation calcaire</u>
S1	7,20	1,65
Puits C	4,00	3,00
S4	6,00	5,25
S5	4,50	3,00
S7	3,05	2,80
S8	10,50	1,85
S9	2,60	5,40
S11	7,80	5,20
S13	5,50	4,00
Total	51,15	32,15

Les sondages S1 et S8 ont été pris en compte malgré des valeurs très basses dues à la très mauvaise récupération dont ont souffert ces deux sondages parce que le contexte voisin paraissait favorable, du point de vue géologique.

Dans le cas du sondage S8, l'interprétation qui résulte de l'observation des carottes dans l'état où elles ont été trouvées dans les caisses ne reflète certainement pas la réalité. Il faut remarquer que les sondages S1, S5, S9 et S13, parce qu'ils avaient été poussés de 20 m à l'ouest, en fonction de la morphologie, ont vu leur zone d'influence réduite à 40 m vers l'est au lieu de 50 m, valeur retenue partout ailleurs. Enfin, le puits C, utilisé pour le calcul, n'a pas été poussé au-delà de 7 m de profondeur, ce qui implique une sous-estimation de la puissance réelle de la formation calcaire.

Eléments de calcul et estimation des réserves

Superficie utile (calcaire exploitable)		86 252 m <sup>2</sup>
Puissance moyenne du recouvrement stérile (découverte)	51,15 m : 9 =	5,68 m
Puissance moyenne de la formation calcaire exploitable	32,15 m : 9 =	3,57 m
Rapport stérile/calcaire		1,59
Volume de la découverte à éliminer pour exploitation du calcaire	86 252 x 5,68 =	489 911 m <sup>3</sup>
Volume du calcaire exploitable	86 252 x 3,57 =	307 920 m <sup>3</sup>
Masse du calcaire exploitable	307 920 x 2,2 =	677 423 tonnes

Le rapport stérile/calcaire paraît élevé; la carrière actuelle, cependant, présente un rapport stérile/calcaire compris entre 1,6 et 2, l'importance de la découverte étant compensée par la faible cohésion des calcaires qui sont abattus au bulldozer ripper sans explosif.

Karni est - zone B

<u>Sondages</u>	<u>Puissance de la découverte</u> ( en mètres)	<u>Puissance de la formation calcaire</u>
S8	6,50	8,10
S20	8,00	4,00
S21	5,00	3,50
S22	5,80	1,70
S23	5,50	3,50
S24	5,50	2,50
S26	4,30	2,20
S28	3,50	3,50
Total	44,10	29,00

La puissance de la formation calcaire des sondages S22 et S24 est anormalement faible mais la très mauvaise récupération des carottes sur ces deux sondages ne permet pas de connaître la puissance réelle. (Il est à noter que la maille des sondages S22 et S24 a été réduite).

Dans le calcul des réserves est inclus le triangle au sein duquel avait été défini le site S19 dont le sondage n'a pas été exécuté; ce triangle, compris entre un front de taille connu et des sondages estimés positifs peut être estimé connu au même titre que la zone d'influence d'un sondage positif.

Eléments du calcul et estimation des réserves

Superficie utile (calcaire exploitable)		72 000 m <sup>2</sup> + 8 360 (triangle)
Puissance moyenne de la découverte	44,10 m : 8	5,51
Puissance moyenne de la formation calcaire exploitable	29 m : 8	3,62 m
Rapport stérile/calcaire =		1,52
Volume de la découverte à éliminer	80 360 x 5,51 =	442 784 m <sup>3</sup>
Volume du calcaire exploitable	80 360 x 3,62 =	290 903 m <sup>3</sup>
Masse du calcaire exploitable	290 903 x 2,2 =	639 986 t

Karni ouest

<u>Sondages</u>	<u>Puissance de la découverte</u> (en mètres)	<u>Puissance de la formation calcaire</u>
S1	3,66	8,76
S2	9,20	5,10
S3	8,75	2,85
S4	4,00	6,60
S5	4,00	4,50
P3	4,90	2,10
S6	6,00	3,60
S7	3,50	3,00
S8	2,70	4,60
S10	2,80	4,40
S11	1,80	4,30
S12	4,30	1,70
S13	2,00	1,00
S14	1,30	0,70
P1	0,40	5,10
S16	2,50	3,50
S17	6,00	4,90
S18	1,50	2,00
P6	1,10	2,90
S25	4,20	3,40
S26	5,00	5,80
S29	3,20	3,70
S30	6,60	3,75
S33	5,00	3,50
S34	1,80	2,20
S38	3,50	2,70
Total	99,61	96,66

Les puits P3, P1 et P6 ont été exécutés en 1961 par le BRGM; les coupes sont reproduites à l'annexe I.

Eléments du calcul et estimation des réserves

Superficie utile (calcaire exploitable)		265 512 m <sup>2</sup>
Puissance moyenne de la découverte	99,61 m : 26	3,83 m
Puissance moyenne de la formation calcaire exploitable	96,66 m : 26	3,72 m
Rapport stérile/calcaire =		1,03
Volume de la découverte à éliminer	265 512 x 3,83	1 016 910 m <sup>3</sup>
Volume du calcaire exploitable	265 512 x 3,72	987 705 m <sup>3</sup>
Masse du calcaire exploitable	987 705 x 2,2	2 172 950 t

On remarque ici que le rapport stérile/calcaire est plus faible que sur le secteur Karni est, ce qui confère un très grand intérêt à cette zone.

Réserves totales - durée d'exploitation

Si l'on additionne les masses de calcaire des trois zones, on obtient les réserves certaines suivantes :

Karni		<u>En tonnes</u>
Karni est	zone A	677 423
	zone B	639 986
Karni ouest		2 172 950
Total		<u>3.490 359</u>

La consommation annuelle de l'usine de Malbaza peut être définie comme suit :

<u>Produit brut</u>	<u>En %</u>
Calcaire	75
Argile	20
Sable	5

La production de l'usine porte sur 330 jours de travail par an à raison de 140 t de clinker/jour au maximum, soit 46 200 t/an. Le clinker représente 56 % du poids de la farine, ce qui correspond à  $\frac{46\ 200 \times 100}{56}$  soit 82 500 t de farine, soit une quantité annuelle de calcaire de  $\frac{82\ 500 \times 75}{100}$  = 61 875 t ou bien 62 000 t/an en arrondissant.

La durée d'exploitation du gisement calcaire de Malbaza est donc, au stade actuel, assurée pour une durée de :  $\frac{3\ 490\ 359}{62\ 000} = 56$  ans

Dans le secteur Karni est, on ne pense pas pouvoir étendre de façon appréciable l'exploitation des calcaires au delà des réserves certaines. A titre indicatif, on pourrait imaginer sur la zone A une extension de 40 à 50 m au-delà de la limite nord-est de la zone des réserves certaines. En ce qui concerne la zone B, on ne voit guère de possibilités d'extension notoires, les réserves certaines représentant la quasi totalité des quantités qui pourront être extraites. Toutefois, parmi les trois dimensions considérées lors de la reconnaissance, longueur, largeur et hauteur, la dernière est la moins connue en raison de la très médiocre récupération; des quantités supplémentaires appréciables devraient pouvoir être extraites, qui ne peuvent être incluses dans les calculs.

Dans la zone Karni ouest, la situation est différente. Pour des raisons pratiques (accessibilité, culture) il n'y a pas eu de reconnaissance sur le territoire qui se trouve au nord-est et comprend la zone incluse entre S1-P1-P2 et l'usine. Il y a là une superficie voisine de  $60\ 000\ m^2$  qui serait susceptible de fournir une quantité de calcaire de l'ordre de 500 000 t permettant de porter la durée de l'exploitation de 52 à 60 ans. Au sud des réserves certaines il n'y a pas d'extension de l'exploitation. Au nord-ouest des sondages S10, P3, S2, S3 et S4, une tranche d'une largeur de 10 et 70 m selon les points pourra peut-être être gagnée.

Ces indications ont servi de guide pour l'établissement d'un schéma d'exploitation et en particulier pour la délimitation des zones de décharge de la découverte.

## II. DOSAGE DU CARBONATE DE CALCIUM - ANALYSE CHIMIQUE

Pendant que l'on effectuait les sondages, il a été procédé, simultanément, au dosage du carbonate de calcium au laboratoire de l'usine; le mode du choix des passes de carotte à tester avait été illustré par l'expert lors de sa précédente mission. On trouvera, en annexe II, les résultats de ces dosages.

La constitution d'un échantillon "composite" laissée au choix de l'opérateur appelle quelques commentaires. Les logs des sondages n'ayant pas encore été établis, il avait été recommandé, les dosages ayant lieu avant le second séjour de l'expert, de prélever ici et là de petits morceaux de carottes avec le souci d'obtenir un échantillon global, dit "composite", le plus représentatif possible de la passe dont les morceaux ont été extraits, mais aussi avec le souci de ne pas perturber par des vides trop importants ou continus la disposition des carottes afin de ne pas fausser l'établissement ultérieur des logs de sondage. Il résulte de cette façon de procéder une certaine indétermination qui pourrait conduire, en cas de contrôle de ces dosages, à de légères variations; l'importance de ces dernières paraît devoir demeurer négligeable à l'échelle du problème posé.

On observera à la suite de ces dosages, qu'il n'y a pas une concordance absolue entre les puissances retenues comme recouvrement stérile ou comme calcaire exploitable et les teneurs en carbonate de calcium dosées par passes sélectionnées tel qu'il est décrit ci-dessus.

Là encore, on a tenu à introduire généralement un élément modérateur afin de ne pas surestimer (ou sous-estimer de façon excessive parfois) le gisement, élément modérateur basé sur l'examen visuel des faciès sur les carottes, compte tenu du pourcentage de récupération - ce qui se voit d'ailleurs sur les logs de sondage.

La tendance générale, qui semble ressortir d'un examen global des teneurs en carbonate de calcium, est d'isoler une série calcaire à très forte teneur en carbonate de calcium, le plus généralement incluse entre deux séries très argileuses; la transition entre calcaires et argiles semble très progressive vers le bas, tous les intermédiaires du type calcaire marneux, marne calcaire, marne, marne argileuse, argile pouvant être rencontrés; vers le haut, cette transition des calcaires aux argiles est quelque peu similaire, mais, en général, plus rapide lorsqu'elle n'est pas escamotée dans les parties topographiquement les plus basses du gisement par un contact direct latérite-calcaire.

Enfin, dans quelques cas, il semble que de petites passes marneuses, voire argileuses, puissent être incluses dans les calcaires; mais ce phénomène ne paraît pas, a priori, devoir être dominant. On l'observe dans les logs des sondages suivants :

Karni ouest : S6 - S13 - S14 - S25 - S29 - S34 - S37

Karni est : S3 - S5 - S7 - S13 - S25 - S29

Si ces inclusions argileuses, modifiant verticalement le faciès au sein de la masse calcaire, sont gênantes pour l'exploitation, elles semblent toutefois ne pas présenter un caractère critique, le calcaire entrant pour 75 % dans la composition de la farine avec nécessité d'un ajout argileux à raison de 20 %. Mais l'attention des responsables de l'exploitation devra être attirée sur la nécessité de modifier le plan d'exploitation si, le cas échéant, on rencontrait un secteur par trop argileux; l'attitude à adopter alors pourrait être l'attaque simultanée de deux fronts (la disposition du gisement facilitera cette tactique), le front le plus argileux étant abattu simultanément avec un autre front dont les argiles seraient absentes. Il est demandé ici à l'exploitant un effort continu d'observation et d'adaptation.

Cet aspect du problème concernait les variations verticales de faciès en milieu calcaire; les variations latérales prendront une allure très similaire avec une incidence identique à celle des variations verticales.

L'exploitant devra donc, là aussi, faire preuve d'observation et d'adaptation.

Dans certains cas, il s'avèrera peut-être préférable de contourner tel obstacle argileux au sein des calcaires; mais une telle solution paraît devoir demeurer tout à fait exceptionnelle.

Enfin, une analyse plus complète a été pratiquée sur le calcaire du sondage Karni est S8, de 10,35 à 11,85 m, avec les résultats suivants :

$\text{SiO}_2 = 10,30$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 1,00$	$\text{Mg} = \text{traces}$
$\text{Al}_2\text{O}_3 = 1,21$	$\text{CaO} = 74,254$	$\text{Perte au feu} = 40,75$	

### III. PROPOSITION D'UN SCHEMA D'EXPLOITATION DU GISEMENT - MARCHE DE LA CARRIERE

L'observation des résultats de cette campagne de sondages indique de toute évidence que la partie du gisement la plus économique à exploiter se trouve être la zone de Karni ouest. On trouve là, en effet, la puissance moyenne de calcaire la plus élevée avec le recouvrement le plus faible.

Toutefois, la disposition de l'usine est telle (concasseur situé à l'est de la route à proximité de la zone A de Karni est), qu'il semble que l'on ne doit pas encourager des changements à court terme, qui mèneraient à exploiter directement la "meilleure part du gâteau".

Un schéma d'exploitation est donc proposé (voir figure VI). Il convient de préciser, avant d'entrer dans le détail de ce plan, que ce document ne constitue pas une pièce conforme, sous l'angle de la précision, des mesures des zones les unes par rapport aux autres, par rapport à la route et à l'usine. Des variations de plusieurs mètres, voire d'une dizaine de mètres, peuvent exister, dues au fait qu'aucun plan d'assemblage de ces zones entre elles n'était disponible.

Il conviendrait donc, à l'avenir, de ne pas considérer ce plan comme une bible et, ainsi qu'il est recommandé, plus loin, un levé de surface fait par géomètre serait une sage précaution à ce stade des connaissances du gisement.

Chacune des zones a été découpée en panneaux dont la superficie va généralement de 8 500 à 11 250 m<sup>2</sup>, représentant une quantité moyenne de matériau calcaire comprise entre 60 000 et 92 000 t. Chaque panneau représente donc le plus souvent un minimum d'une année de consommation de calcaire par l'usine (moins dans les panneaux proches des dépressions topographiques, davantage dans ceux qui se trouvent plus à l'intérieur du plateau).

Le plan est conçu de telle sorte que l'exploitation ait lieu, autant que possible, toujours en descendant (à l'exception de Karni est, zone A, qu'il a semblé préférable de présenter de façon légèrement différente), avec décharge de la découverte dans un premier temps au delà de la zone des réserves certaines et des réserves possibles, puis dans un second temps d'un panneau à celui qui le précède dans l'ordre d'exploitation. Il semble que ce mode d'exploitation sera le plus économique.

On prendra un soin particulier à respecter le tracé des voies d'accès et de dégagement, soit tel qu'il est présenté, soit d'une autre façon, s'il en est de plus judicieuse, afin de ne pas être conduit à remanier la décharge.

Il pourrait être intéressant, en cours d'exploitation, afin de conserver la qualité des calcaires la plus homogène possible de travailler simultanément deux fronts de taille sur deux zones différentes (Karni est, zone A, et Karni ouest par exemple). Une telle méthode aurait pour autre avantage de ne pas créer trop d'écart dans les itinéraires au fur et à mesure que les années passeront; il ne faut pas oublier que les panneaux XIV à XVII de la zone Karni ouest sont situés à 1 500 m environ du concassage, tandis que les panneaux IX et X de Karni est, zone A, n'en sont qu'à 150 m. Autre avantage enfin, la puissance de la découverte à remuer, généralement beaucoup plus importante sur Karni est par rapport à Karni ouest pourrait ainsi être ramenée à une valeur moyenne plus modeste. A cet égard, il n'y aurait aucune contre-indication à ce que l'on modifie le schéma proposé dans l'avenir afin de réduire, une année ou l'autre, l'importance de la découverte à remuer. Si une telle modification devait être entreprise il conviendrait de ne pas perdre de vue l'ordre et la logique en gardant toujours pour règle impérative de ne jamais décharger de découverte sur des zones non encore exploitées.

Il faut encore remarquer que l'exploitation du secteur Karni ouest aura à surmonter l'ennui du passage des eaux rejetées par l'usine; un petit ruisseau traverse en effet la zone à proximité de S9, P1, S15, S23. On pourra ici détourner provisoirement le cours du ruisseau en plaçant des buses, le cas échéant, pour la traversée des voies d'accès et de dégagement. D'autre part, la zone hachurée matérialisant les réserves possibles n'a pas été envisagée pour l'exploitation au stade de ce plan; l'exploitation devra être pratiquée ici en respectant le schéma jusqu'à épuisement des réserves possibles partout où cela n'entravera pas la bonne évolution des travaux selon ce plan. C'est ainsi qu'à Karni est, zone A, panneau I, par exemple, sera exploité en plus du panneau lui-même, tout calcaire séparant ce panneau de la carrière actuelle, d'éventuels reliquats calcaire au nord-est, d'éventuels calcaires exploitables (puissance de la découverte non excessive) vers le sud-ouest en direction du puits B. Cet exemple sera suivi dans tous les cas où on pourra lui trouver une application.

#### IV. RECOMMANDATIONS

Les résultats de la campagne de reconnaissance par sondages exécutés en 1976 sur le gisement calcaire de Malbaza constituent une bonne base de départ pour une orientation désormais harmonieuse de l'exploitation.

Il convient maintenant de procéder à la nomination à titre permanent d'un chef de carrière dont la mission peut être énoncée comme suit :

Il organisera le travail sur le terrain : délimitation de chaque panneau; définition du mode d'enlèvement des sites de décharge de la découverte; abattage des calcaires; surveillance des travaux; contrôle de l'évolution du gisement : le chef de carrière devra veiller à ce que la qualité des calcaires extraits demeure la plus homogène possible. Pour cela, il procédera à un examen fréquent des faciès qu'il pourra confirmer par des dosages du carbonate de calcium (échantillonnage par saignées verticales de haut en bas d'un front de taille). Si besoin est, pour qu'une certaine homogénéité de la qualité soit observée, il prendra toutes décisions utiles pour ouvrir un nouveau front.

Il mettra à jour mensuellement ou bimensuellement un plan d'exploitation et un plan prévisionnel d'avancement.

Il sera responsable du matériel et du personnel travaillant dans son service.

Il gardera un lien étroit avec le laboratoire d'analyses, d'une part, et la direction technique, d'autre part.

Il devra veiller à un approvisionnement prudent des stocks à l'entrée du concasseur, en particulier avant la saison des pluies.

Il sera responsable de l'approvisionnement en argile, sable et gypse, matériaux pour l'exploitation desquels il dressera et tiendra à jour les plans nécessaires (exploitation, prévision).

Il tiendra la direction de l'usine directement informée de l'état de l'exploitation et de tous problèmes rencontrés à la carrière.

Aucun plan rigoureux du gisement n'est à la disposition de l'usine de Malbaza. Les plans établis à l'occasion de la présente étude l'ont été avec toute la rigueur autorisée par les documents existants. Il conviendrait désormais de faire procéder à un levé précis du territoire occupé par le

gisement (planimétrie, nivellement) par un géomètre. Ce levé servirait alors de base pour supporter toute donnée de la présente étude qui pourrait y être transcrite, suivre et prévoir l'évolution de l'exploitation dans l'avenir. Il a été demandé que les piquets jalonnant les sites de sondage sur chacune des zones soient conservés à leur place. Mais avec le temps tout s'efface et l'intervention d'un géomètre dans de brefs délais pour exécuter le levé global préconisé paraît constituer une bonne garantie pour une progression harmonieuse de l'exploitation. Il devrait disposer des bornes cimentées sur le terrain.

Il paraît utile, enfin, de recommander une visite annuelle ou bisannuelle de la carrière par un géologue. Ce dernier pourra être un géologue du Ministère des mines qui aura pour mission de contrôler la bonne marche de la carrière en conformité avec les données de la présente étude. Il devra, en outre, prendre toutes décisions utiles pour s'adapter aux difficultés qu'on ne manquera pas de rencontrer et présenter le cas échéant de nouvelles options. Une telle mission demanderait une durée de deux à trois jours à Malbaza chaque année ou tous les deux ans et trois à quatre jours de travail de bureau pour le contrôle, la mise au point et l'établissement des documents graphiques. L'expert, qui connaît bien le gisement de calcaire de Malbaza, serait disposé à remplir cette fonction, le cas échéant.

Annexe I

COUPE DES PUIITS EXECUTES PAR LE BRGM EN 1961  
DANS LE SECTEUR DE KARNI OUEST

En mètres

Puits No 1

0,00 à 0,40	Terres et calcaires
0,40 à 2,00	Eboulis calcaires et calcaire à texture en rognons
2,00 à 2,35	Calcaires marneux
2,35 à 3,00	Calcaires crayeux disloqués
3,00 à 4,00	Calcaires crayeux
4,00 à 5,50	Calcaires marneux
5,50 à 8,20	Marnes très calcaires
8,20 à 8,50	Calcaires jaunes, durs
8,50 à 13,80	Argiles vertes papyracées avec, vers 10-11 m, plusieurs strates de gypse de 0,03 à 0,05

Puits No 2

0,00 à 0,90	Terres
0,90 à 1,80	Eboulis de grès et oolithes
1,80 à 2,40	Oolithes de fer
2,40 à 3,20	Argiles jaunes et limonites
3,20 à 5,30	Argiles en plaquettes
5,30 à 6,50	Argiles jaunâtre à débit grossier et fissuration
6,50 à 7,00	Marnes
7,00 à 7,60	Calcaires
7,60 à 8,00	Marnes
8,00 à 8,95	Calcaires crayeux
8,95 à 11,30	Calcaires blancs en rognons
11,30 à 13,90	Calcaires blancs crayeux massifs

Puits No 3

0,00 à 0,35	Terres
0,35 à 1,05	Eboulis de grès et oolithes
1,05 à 2,50	Oolithes de fer
2,50 à 3,20	Argiles grasses
3,20 à 4,10	Argiles schisteuses parfois marneuses
4,10 à 4,90	Blocs calcaires dans marnes

En mètres

4,10 à 4,90	Blocs calcaires dans marnes
4,90 à 6,10	Calcaires blancs disjoints
6,10 à 7,00	Calcaires blancs massifs

Puits No 6

0,00 à 1,10	Terres
1,10 à 1,60	Calcaires crayeux, marnes
1,60 à 2,70	Calcaires crayeux disloqués
2,70 à 4,00	Calcaires crayeux massifs
4,00 à 5,50	Calcaires marneux
5,50 à 6,50	Marnes très calcaires

Annexe II

DOSAGE DU CARBONATE DE CALCIUM

A. Kani est

Son- dages	Profondeur de l'échantillon composite (m)	Teneur en CaCO <sub>3</sub> (%)	Son- dages	Profondeur de l'échantillon composite (m)	Teneur en CaCO <sub>3</sub> (%)
81	1,50 à 4,25	< 50	89	1,90 à 2,00	< 50
	4,25 à 7,20	< 50		2,00 à 3,05	94,4
	7,20 à 7,80	80,6		3,05 à 7,35	90,6
	7,80 à 8,35	87		7,35 à 8,05	75,6
	Composite 7,20 à 10,65	72,3	811	7,15 à 8,15	79,4
83	6,20 à 8,25	63,3		8,15 à 9,65	94,0
	8,25 à 9,45	< 50		9,65 à 11,15	84,5
	9,45 à 9,75	97		12,65 à 14,15	79,6
	9,75 à 11,25	98		14,15 à 15,27	68,7
	11,25 à 12,75	78		15,27 à 15,65	< 50
	12,75 à 14,20	68	813	4,00 à 5,50	55,6
84	3,75 à 5,25	< 50		5,50 à 7,00	89,4
	5,25 à 6,75	94,6		7,00 à 8,50	88,4
	6,75 à 8,25	96,3		8,50 à 9,00	90,2
	8,25 à 9,75	94,7		9,00 à 10,00	71,4
	9,75 à 11,25	88,9		10,00 à 11,00	54,4
	11,25 à 12,75	63,6		11,50 à 12,20	< 50
85	2,00 à 3,50	< 50	814	9,00 à 10,35	88,2
	3,50 à 5,00	68,8		10,35 à 11,65	< 50
	5,00 à 7,05	90,7		11,65 à 13,35	82,7
	7,05 à 8,40	79,1	818	2,00 à 3,05	< 50
	8,40 à 9,40	61,8		3,05 à 7,35	88,7
	9,40 à 10,10	56,3		7,35 à 8,00	75,0
87	2,00 à 5,05	79,7		8,00 à 11,90	81,4
88	10,35 à 11,05	88,5		11,90 à 13,40	92,4
				13,40 à 14,90	85,6

Son- dage	Profondeur de l'échantillon composite (m)	Teneur en CaCO <sub>3</sub> (%)	Son- dage	Profondeur de l'échantillon composite (m)	Teneur en CaCO <sub>3</sub> (%)
820	5,65 à 6,60	62,6	824	4,45 à 5,75	65,0
	6,60 à 8,74	89,1		5,75 à 7,25	75,0
	8,74 à 10,10	96,9		7,25 à 8,75	75,6
	10,10 à 11,60	89,1			
	11,60 à 11,82	83,2		825	2,60 à 4,10
821	2,60 à 5,00	95,4 ?		4,10 à 5,60	70,6
	5,00 à 7,35	93,6	826	1,50 à 5,00	95,7
	7,35 à 8,85	80,0		5,00 à 8,85	73,6
822	5,00 à 7,30	83,6	827	-	-
	7,30 à 8,80	63,9			
823	2,00 à 4,30	< 50,0	828	0,00 à 2,70	< 50,0
	4,30 à 5,80	66,0		2,70 à 4,25	< 50,0
	5,80 à 7,30	85,3		4,25 à 5,75	93,6
	7,30 à 8,80	83,6		5,75 à 7,25	83,0
	8,80 à 10,30	68,7		8 29	-

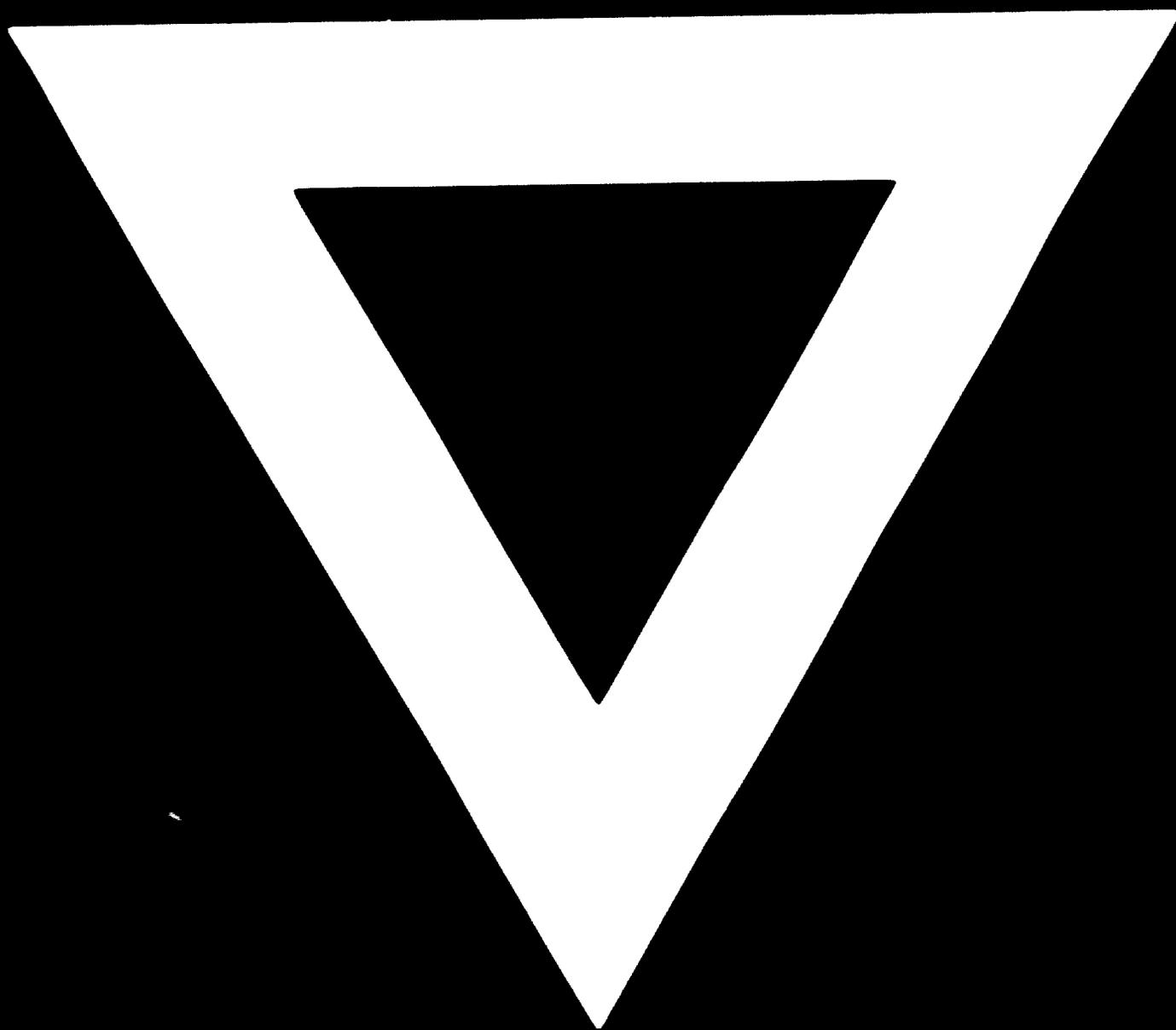
B. Karni ouest

81	2,61 à 3,66	< 50,0	84	2,90 à 4,10	< 50,0
	3,66 à 4,28	78,7		4,10 à 5,90	85,1
	4,28 à 6,00	69,2		5,90 à 7,10	93,4
	6,00 à 7,20	92,0		7,10 à 8,30	96,3
	7,20 à 9,00	91,8		8,30 à 9,50	78,8
	9,00 à 10,20	98,0		9,50 à 9,80	86,7
	10,20 à 11,25	92,6		9,80 à 10,57	92,5
	11,25 à 12,42	89,6		10,57 à 11,67	66,5
82	9,20 à 10,10	96,9	85	2,47 à 3,97	84,4
	10,10 à 11,90	93,5		3,97 à 5,47	93,8
	11,90 à 14,30	82,5		5,47 à 8,47	95,0
	14,30 à 15,56	62,5		8,47 à 9,97	71,9
	15,56 à 15,66	66,9		86	5,81 à 6,24
83	8,75 à 9,75	96,9		6,24 à 7,44	91,5
	9,75 à 11,25	90,0		7,44 à 8,64	93,7
	11,25 à 12,25	68,1		8,64 à 10,00	76,6

Son- dages	Profondeur de l'échantillon composite (m)	Teneur en CaCO <sub>3</sub> (%)	Son- dages	Profondeur de l'échantillon composite (m)	Teneur en CaCO <sub>3</sub> (%)	
87	2,54 à 3,74	< 50,0	817	2,00 à 3,00	< 50,0	
	3,74 à 3,95	95,1		7,48 à 8,68	92,4	
	3,95 à 5,45	94,8		8,68 à 9,10	95,1	
	5,45 à 6,95	80,4		9,10 à 9,70	92,7	
88	0,00 à 2,75	92,1 ?	818	9,70 à 10,90	93,0	
	2,75 à 4,25	94,3		10,90 à 11,70	73,5	
	4,25 à 5,75	91,9		1,43 à 2,63	83,4	
	5,75 à 7,25	91,3		2,63 à 3,20	88,1	
	7,25 à 8,75	74,6		3,20 à 4,40	72,6	
810	0,00 à 2,84	< 50,0	820	1,20 à 2,45	67,5	
	2,84 à 4,39	84,7		2,45 à 3,95	68,8	
	4,39 à 5,79	93,7		3,95 à 4,55	61,4	
	5,79 à 7,19	89,2		4,55 à 6,05	< 50,0	
	7,19 à 8,99	69,1		-	-	
811	1,80 à 3,30	93,4	825	3,38 à 4,21	< 50	
	3,30 à 4,10	96,3		4,21 à 6,00	93,3	
	4,10 à 5,36	94,0		6,00 à 7,60	89,6	
	5,36 à 6,11	85,0		826	5,52 à 7,33	94,5
	6,11 à 6,71	66,8			7,33 à 8,53	95,1
812	4,30 à 5,20	89,3	827	8,79 à 10,89	81,9	
	5,20 à 7,30	70,5		1,20 à 2,40	69,2	
813	1,37 à 2,57	76,0		2,40 à 3,05	74,4	
	2,57 à 3,77	68,0	3,05 à 4,75	51,9		
	3,77 à 4,37	71,6	829	3,20 à 3,80	90,4	
814	1,30 à 1,90	79,9		3,80 à 4,20	86,2	
	1,90 à 3,40	64,9		4,20 à 5,70	89,6	
	3,40 à 4,52	< 50,0	5,70 à 6,90	90,6		
	5,80 à 7,00	63,1	6,90 à 7,33	70,1		
816	2,50 à 4,20	92,5	830	7,33 à 8,60	66,2	
	4,20 à 5,50	87,7		5,75 à 7,25	57,6	
	5,50 à 6,70	74,6		7,25 à 8,75	95,3	
	6,70 à 8,00	60,4		8,75 à 10,25	91,8	
				10,25 à 11,75	64,4	

<u>Son- dages</u>	<u>Profondeur de l'échantillon composite (m)</u>	<u>Teneur en CaCO<sub>3</sub> (%)</u>	<u>Son- dages</u>	<u>Profondeur de l'échantillon composite (m)</u>	<u>Teneur en CaCO<sub>3</sub> (%)</u>
831	- -	-	8 37	3,05 à 4,00	79,6
832	3,00 à 3,40	68,1	838	4,00 à 5,25	61,5
	3,40 à 4,40	73,9		5,25 à 6,08	58,3
	4,40 à 6,00	59,2		6,08 à 6,85	< 50,0
833	1,80 à 2,40	< 50,0		6,85 à 7,37	< 50,0
	5,70 à 7,50	89,9		7,37 à 8,57	63,0
	7,50 à 8,50	84,5		2,40 à 3,50	67,2
	8,50 à 9,10	71,6	4,10 à 5,30	86,7	
834	1,80 à 3,80	78,9	5,30 à 5,90	85,0	
	5,00 à 5,60	58,9	5,90 à 7,00	82,2	
	7,45 à 8,60	88,5			
	8,60 à 8,90	80,5			
	8,90 à 9,60	75,6			
835	- -	-			

**G - 332**



**77 . 09 . 26**