



TOGETHER
for a sustainable future

OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50th 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.

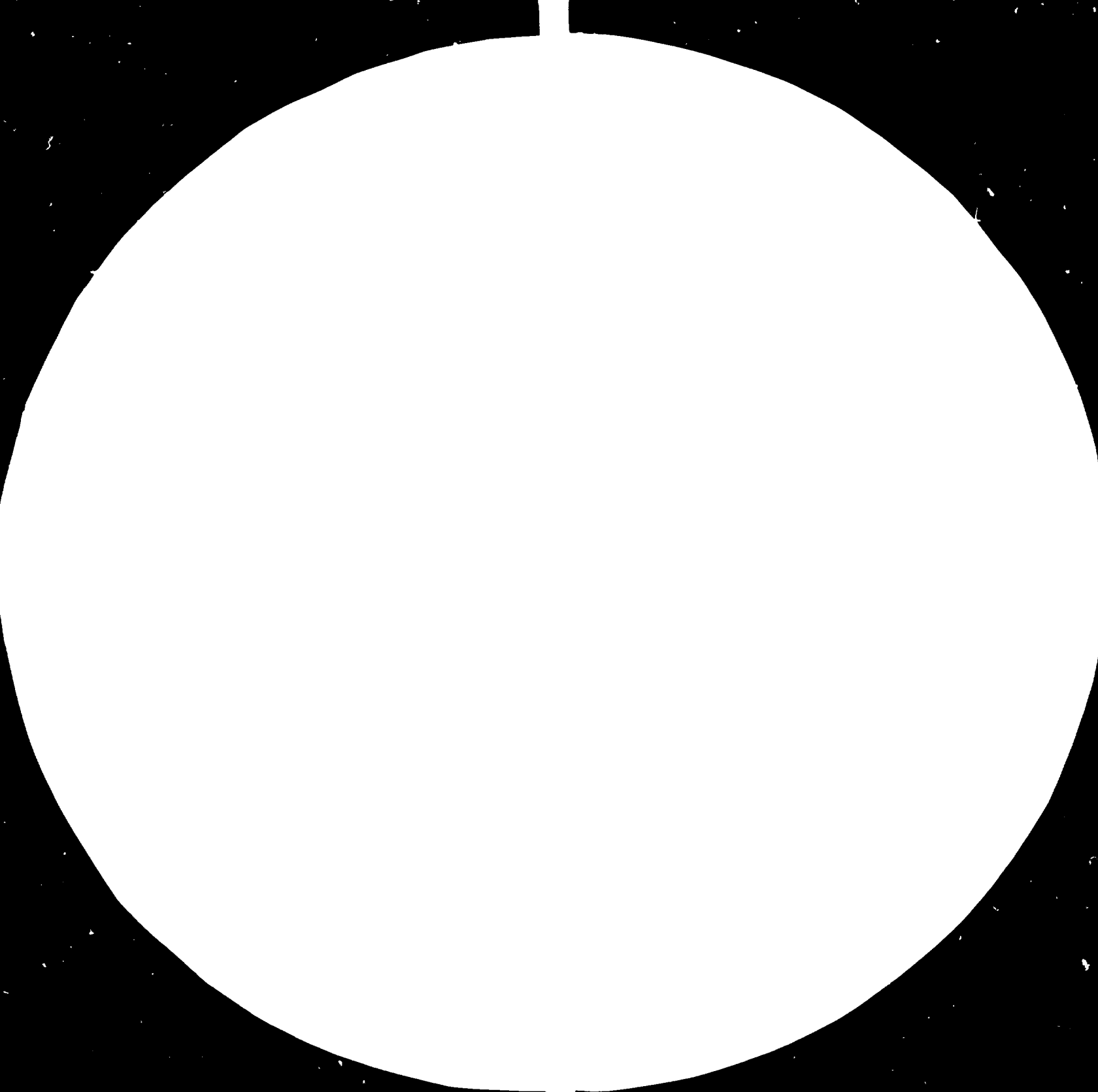
FAIR USE POLICY

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 for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at www.unido.org





2.8



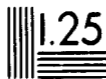
3.2



4



5



MICROCOPY RESOLUTION TEST CHART

NATIONAL BUREAU OF STANDARDS
1000 COLLEGE PARK DRIVE
GAITHERSBURG, MARYLAND 20884
ASTM DESIGNATION: Z39.18-77

REPUBLIQUE TUNISIENNE

MINISTÈRE DE L'ECONOMIE NATIONALE

Centre Technique des Matériaux
de Construction, de la Céramique et du Verre

Etablissement Public créé par la loi 82-46 du 25-5-82

المركز التقني لمواد البناء

والخزف والبلاتور

مؤسسته المزمع بموجبه قانون 25 ماي 1982

13855

Tunisie

ETUDE DU
GISEMENT DE MARBRE
DU
JBEL OUAHCHI BOUAOUANA

DP/TUN/82/005

1984

C . T . D D . C C . C / .

GISEMENT DE MARBRE

-----*-----

JBEL OUAHCHI - BOU AOUANA

-----*----- 6

// O M M A I R E

	<u>Page</u>
+ <u>PREAMBULE - BUT DE L'ETUDE</u>	
+ <u>ETUDE DU GISEMENT</u>	
- SITUATION GEOGRAPHIQUE	1
- APERCU GEOLOGIQUE	2
- APERCU TECTONIQUE	3
- CARACTERISTIQUES MINERALOGIQUES ET PETROGRAPHIQUES	4
- CARACTERISTIQUES CHIMIQUES	5
- ESTIMATION DES RESERVES	6
+ <u>ESSAIS</u>	7 à 11
+ <u>CONCLUSIONS</u>	
- ETUDE DU GISEMENT	12
- ESSAIS	12
- CONCLUSIONS GENERALES	12 à 13
+ INDEX BIBLIOGRAPHIQUE	14

PREAMBULE - BUT DE L'ETUDE

Dans le cadre du Programme d'Assistance Technique dans le domaine de l'Identification de Projets Industriels P.M.E., l'Organisation (O.N.U.D.I.) a confié au Centre Technique des Matériaux de Construction, de la Céramique et du Verre (C.T.M.C.C.V.) le soin d'étudier les possibilités d'exploitations du gisement de marbre de Bou Aouana (Tunisie).

Cette mission, telle que définie dans la lettre du 25 Août 1983 adressée au Centre National d'Etudes Industrielles (C.N.E.I), comportait :

- Une étude géologique avec carte
- Une estimation des réserves
- les essais de qualité en particulier :
 - la résistance à la pression
 - le polissage
- l'analyse chimique des quelques échantillons

La mission, qui a débuté fin décembre après la signature par le C.T.M.C.C.V. du contrat N° 83/90 - N°15-3-0090 du 2 Décembre 1983, s'est achevée le 27 mars 1984 par l'établissement du présent rapport d'étude.

ETUDE DU GISEMENT

-----*

I. Situation Géographique :

La carrière d'ONYX du Djebel Ouahchi est située à environ 12,5 Km du village de Sedjenane (Feuille topographique au 1/50.000e n° 11 des Hedil) et à 110 Km de Tunis par la route de Mateur à Sedjenane.

L'accès à la carrière est possible, à partir de la G.P 7 soit par :

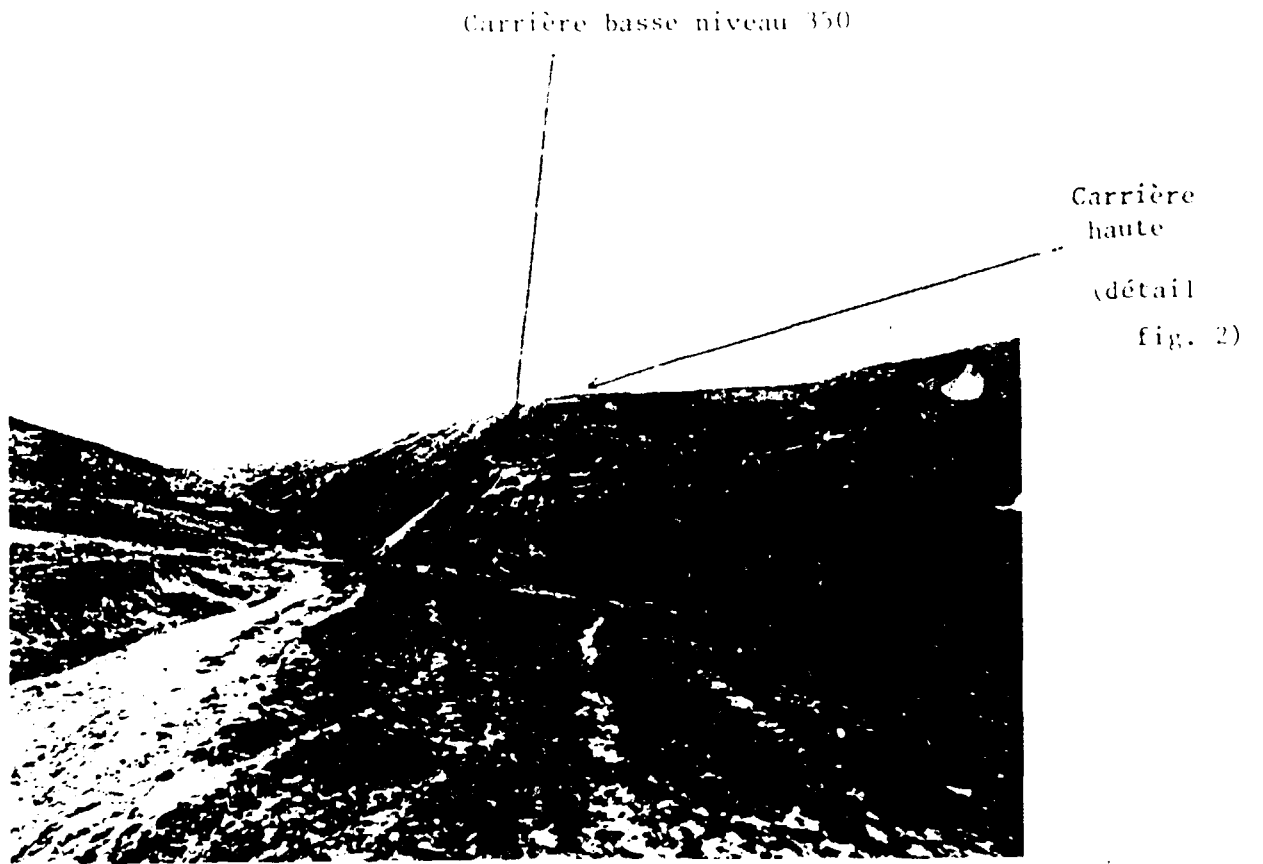
- Une piste, en mauvais état, partant de la G.P 7 et traversant la voie ferrée au Km 13 environ qui permet de rejoindre par le Ncrd la carrière basse. (Photo fig. 1)

- Une piste carrossable partant de la station de chemin de fer d'El Aouana vers la Mine de Bazina qui permet de rejoindre par le Sud la carrière haute. (Photos fig. 2 et 2bis).

La zone du Djebel Ouahchi, où se trouve la veine d'ONYX, est limitée :

- Au Nord par l'Oued Ksour
- Au Sud par l'Oued El Trounia
- A l'Est par la piste d'accès au flanc Nord
- A l'Ouest par le Djebel Fedj El Bab

La veine d'ONYX, visible à partir du flanc Nord Est du Djebel Ouahchi, a été partiellement exploitée dans sa partie basse au niveau 350/400 mts environ et d'une manière plus intensive dans sa partie haute qui culmine au niveau 450 mts.



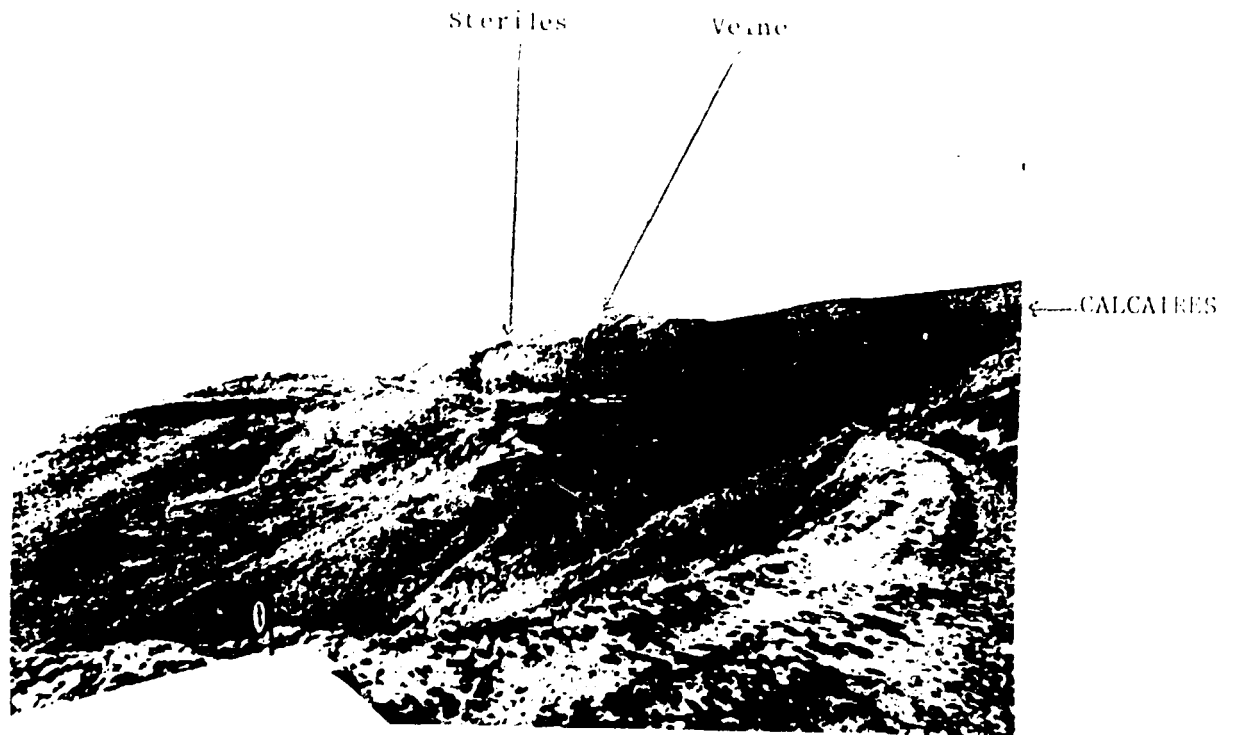
Carrière basse vue flanc Nord

Fig. 1



Carrière haute vue flanc Nord

Fig. 2



Carrière haute vue flanc Sud

Fig. 2bis

II. Aperçu Géologique :

1/ Djebel Ouahchi :

Les formations du Djebel Ouahchi sont d'âge Campanien-Maestrichtien inférieur. L'ensemble est formé de deux séries d'alternances (marnes-calcaires) et de deux barres calcaires. L'épaisseur de cette série Abiod est très importante et peut atteindre dans certaines zones jusqu'à 1000 m de puissance. Dans le périmètre étudié, deux failles principales sont visibles ; l'une de direction Nord-Sud et l'autre de direction Est-Ouest. (voir Esquisse Géologique).

A cet ensemble de failles majeures sont liées d'autres failles importantes ; l'une de ces fractures a donné naissance à la veine d'ONYX.

2/ Veine d'ONYX :

Le terme d'ONYX attribué à cette veine pour qualifier une roche calcaire est impropre. Toutefois cette appellation sera conservée en raison de l'aspect extérieur de la roche ; cet aspect se rapprochant beaucoup de celui de la roche siliceuse (calcedoine rubannée) appelée ONYX par les marbriers.

La veine d'ONYX du Djebel Ouahchi est une fracture ouverte ayant affecté les calcaires du Campanien ; cette fracture directe, subverticale à légèrement inclinée vers le Nord, a été remplie de calcite.

III. Aperçu tectonique :

1/ Failles :

La zone de la veine d'ONYX a été soumise à un jeu de fractures assez important. La fracture principale est de direction $170^{\circ}/180^{\circ}$. Le miroir de faille est très visible sans qu'il soit possible de déterminer avec précision le rejet de cette faille principale directe, subverticale. Un autre jeu de faille semble limiter, à la carrière haute, le filon d'ONYX. Ce jeu est de direction $130^{\circ}/140^{\circ}$.

A la carrière basse une faille très visible de direction 135° décroche horizontalement le filon donnant à celui une puissance apparente de près de 15 mètres.

2/ Dislocations et fissures :

Plusieurs dislocations et fissures, qui empruntent les directions de ces fractures, apparaissent dans la roche en place et sur les blocs d'ONYX au sciage.

3/ Diaclases :

La roche est très diaclasée.

Failles, fissures dislocations et diaclases sont souvent comblées par de la calcite cristallisée de couleur variable.

Il est à signaler que les dislocations sont en majeure partie des témoins de déplacements horizontaux, les décrochements verticaux étant assez faibles. Parfois la veine d'ONYX prend l'allure d'une brèche tectonique.

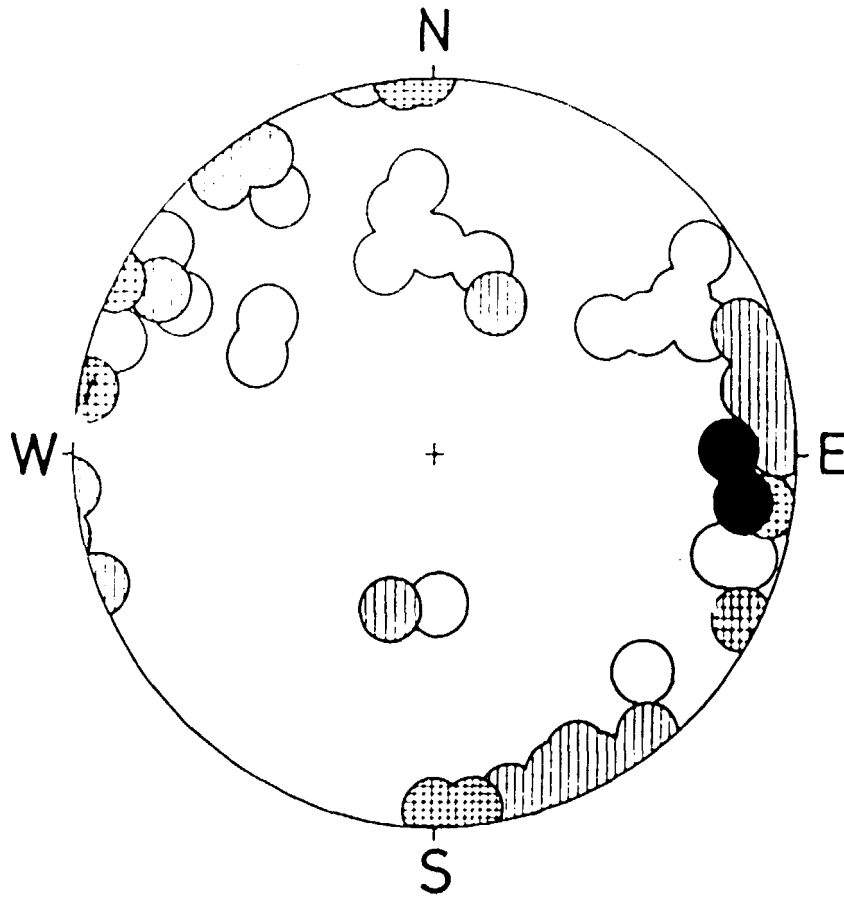
4/ Diagramme des pôles de fissures :

Le diagramme des pôles de fissures établi par Salzgitter, et vérifié par nous-même, peut être considéré comme traduisant la réalité (fig. 3)

Les zones de cumul des points polaires se trouvent dans les secteurs Est, Nord-Sud, et Nord-Ouest. Le secteur Sud-Ouest est moins affecté.

Cette répartition irrégulière, et presque "tous azimuts", des fissures peut avoir un effet négatif sur la tenue des blocs à la compression, au choc et au sciage industriel

Diagramme des pôles de fissure.



Nombre des fissures mesurées: 94

Densité de répartition:





-  9 points de pôle
-  6 points de pôle
-  4 points de pôle
-  2 points de pôle

Fig. 3 (d'après Salzgitter)

IV. Caractéristiques minéralogiques et pétrographiques :

1/ Les roches encaissantes :

Les roches encaissantes du filon d'ONYX sont composées de bancs de calcaires.

Ces calcaires se présentent sous forme de couches blanches à grises dont les fissures et diaclases sont riches en calcite. Les fissures ou diaclases, très nombreuses, se recoupent souvent fragilisant de ce fait la roche et la prédisposant à un délitage et une érosion rapide. Les fissures sont très souvent teintées en brun (photo fig. 4)

2/ Le filon d'ONYX :

Le filon, coïncé entre deux miroirs de faille très visibles, a l'aspect d'une énorme brèche (photo fig. 5)

Des éléments d'aspect anguleux, composés en général de calcite presque pure de couleur blanche à ocre avec parfois une teinte saumon, se trouvent enrobés par un ciment de calcite de couleur rouille à brune.

Accolée à ces éléments une masse calciteuse cristallisée en strates ou rubans de couleur variées caractéristique de l'appellation ONYX.

3/ Calcite :

La calcite se présente sous forme fibreuse composée de cristaux allongés de taille et de couleur variable.

Les cristaux sont disposés en couches parallèles avec parfois des formes sphériques, rubannées ou en rosaces.

4/ Autres éléments :

Il est possible de rencontrer dans le filon d'ONYX des éléments, tels que :

- du sulfure de plomb ou galène sous forme de cristaux de petites dimensions ou de mouches.
- de la Baryte très difficilement différenciable de la calcite
- des carbonates de fer.



CALCAIRES ENCAISSANTS

- Au contact de la veine d'ONYX les calcaires encaissants sont très diaclasés, fissurés avec présence de géodes.
- Les diaclases et fissures ont une couleur brune probablement due à la calcite ferrugineuse.
- Les géodes sont tapissées de grains de calcite bien cristallisés.

Fig. 4



BLOC ONYX

- Calcite blanche à ocre (1) sous forme de breche enrobée de calcite brune (2) probablement ferrugineuse.
- Calcite blanche, ocre, rose à rouge (3), cristallisée en longues fibres parallèles.
- Des fissures (4) parcourent les rognons et blocs de calcite.

(fig. 5)



BLOC ONYX

- Calcite blanche à ocre (1) sous forme de breche enrobée de calcite brune (2) probablement ferrugineuse.
- Calcite blanche, ocre, rose à rouge (3), cristallisée en longues fibres parallèles.
- Des fissures (4) parcourent les rognons et blocs de calcite.

(fig. 5)

V. Caractéristiques Chimiques :

Les analyses chimiques effectuées sur deux échantillons ont donné les résultats suivants :

Elements	Echantillons	
	1 *	2 **
Perte au feu	42,94	42,73
Si O ²	0,21	0,17
Al ² O ³	0,26	0,21
Fe ² O ³	2,61	2,69
Mg O	0,32	0,13
Ba O	0,11	0,09
Ca O	49,00	49,79

Ces résultats confirment la nature calcitique de la roche. Quant à la présence en grosse quantité de carbonate de fer, telle qu'annoncée dans le rapport Salzgitter, celle-ci n'est pas confirmée par l'analyse. En effet l'échantillon n° 2, prélevé dans la partie qualifiée de zone de carbonate de fer par les études antérieures, a une teneur en fer pratiquement équivalente à celle de l'échantillon 1.

Le pourcentage de silice est très faible ce qui plaide en faveur du rejet du terme d'ONYX pour qualifier la roche du Djebel Ouahchi Bou Aouana. Il est à signaler toutefois qu'au Mexique une variété de calcite, exploitée pour la confection de petits objets, est vendue sous le nom d'ONYX mexicain. Une matière similaire, nommée "albâtre oriental" était exploitée dans l'ancienne Egypte.

La coloration de la roche en brun, rouge ou noir est due aux oxydes de métaux tels que le fer, le manganèse etc...

* 1 Echantillon de couleur blanche

** 2 Echantillon de couleur brune à rouille

VI. Estimation des réserves :

Le filon d'ONYX a une puissance variable oscillant entre 5 et 12 mètres dans les zones visibles.

Cette puissance peut être plus importante dans les zones de décrochement et atteindre une puissance apparente de 15 mètres.

Les réserves probables estimées à partir de la carrière basse au niveau 350 jusqu'au niveau 450 de la carrière haute et sur la base :

- d'une puissance moyenne du filon de 10 mètres
- et d'une longueur moyenne de la veine de 100 mètres.

sont de :

$$100 \times 100 \times 10 = 100.000 \text{ m}^3 \text{ en place}$$

E S S A I S

SUR LES ECHANTILLONS

DU JEBEL OUAHCHI- BOU AOUANA

-----*

Les essais ont été effectués par le Centre par référence aux normes italiennes.

Ces essais ont porté sur :

- 1/ Les masses volumiques réelles et absolues
- 2/ La porosité
- 3/ Les taux d'humidité et d'absorption
- 4/ Les essais de décoloration
- 5/ Les essais de compression
- 6/ Les essais de chocs

Les résultats obtenus sont comparés, à chaque fois que cela est possible, aux résultats des essais effectués en 1963 par la Société allemande SALZGITTER suivant les normes Allemandes (DIN 52103-52104-52102-52105-52106)

ESSAIS

1) Masses volumiques :

a) Masse volumique réelle :

Les mesures ont été effectuées sur quatre échantillons. Les pesées sont au centième de gramme et les volumes au millième de litre.

La masse volumique réelle moyenne des quatre échantillons est de :

$$M_v = \underline{2,7 \text{ gr/cm}^3}$$

b) Masse volumique absolue :

La méthode du densimètre Le Châtelier a été utilisée. Les résultats des quatre échantillons analysés ont donné une valeur moyenne de :

$$M_s = \underline{2,70 \text{ gr/cm}^3}$$

N.B. : La moyenne des mesures effectuées sur les échantillons de Aouana par Salzgitter a permis de constater une densité par volume =
2,71 gr/cm³.

2) Porosité :

La porosité calculée pour les quatre échantillons est pratiquement nulle du fait que les masses volumiques réelle et absolue sont sensiblement les mêmes.

3) Taux d'humidité et d'absorption :a) Teneur en eau (humidité absolue)

Les échantillons sont pesés, puis séchés dans une étuve à 110°C pendant 48 heures et pesés à leur sortie de l'étuve.

Le résultat moyen obtenu sur les échantillons analysés est de :

0,045 %

b) Taux d'absorption d'eau :

Après refroidissement les échantillons sont conservés dans l'eau pendant 48 heures, puis pesés de nouveau.

Le résultat moyen obtenu sur les échantillons analysés est de :

0,064 %

Les résultats obtenus aussi bien au niveau de la porosité que des taux d'humidité et d'absorption prouvent que la roche de Aouana n'est pas susceptible d'absorber beaucoup d'eau. Ce fait est intéressant en ce sens qu'il confirme que le marbre ou Onyx de Aouana n'est pas une roche gélive.

N.B. : Le taux d'absorption d'eau à la pression atmosphérique calculé par la Salzgitter est de :

0,19 pour cent de poids d'eau

4) Essais de décoloration :

Une éprouvette de 7 cm x 7 cm x 7 cm placée à moitié dans l'eau pendant 28 jours à température ambiante a été observée afin de déterminer de possibles alterations de l'échantillon.

L'essai n'a pas permis de constater d'alteration apparente.

N.B. : Les essais effectués par la Société Salzgitter suivant la même méthode, mais à une température de salle d'essai stable à 20°C, ont été défavorables le matériau n'ayant pas résisté aux intempéries.

5) Essais de compression :

Les essais ont été effectués sur des échantillons cubiques de 7 cm d'arête dans deux laboratoires différents.

Les résultats obtenus ont oscillé entre 332 kg/cm² et 872 kg/cm² avec une moyenne de :

624 kg/cm ²

N.B. : La résistance à la pression obtenue par Salzgitter est de :

Résistance à la pression = 681 kg/cm²

6) Essais aux chocs :

Les essais ont été réalisés sur des plaques de tailles différentes mais d'épaisseur de 3 cm. Sur ces plaques posées sur un lit de sable, une boule de métal d'un poids de un kilogramme a été lâchée à partir de hauteurs progressives

.../...

Les résultats des essais effectués sur quatre plaquettes
de dimensions :

21	cm	X	11	cm	X	3	cm
10,5	cm	X	16	cm	X	3	cm
22	cm	X	16	cm	X	3	cm
25	cm	X	12	cm	X	3	cm

ont donné une hauteur de rupture aux chocs de :

$$h = 15 \text{ cm}$$

Ces résultats dénotent une mauvaise tenue aux chocs, la fragilité
du produit et confirment l'inaptitude de ce marbre pour des revêtements de
sol.

N.B. : Un essai de polissage a été effectué dans une marbrerie à Tunis
(Marbrerie SOTIMACO).
L'essai a révélé la facilité d'acquisition du poli et la qualité
esthétique du produit tout en confirmant sa relative fragilité.

C O N C L U S I O N S

-----*

1/ Etude du Gisement :

Le gisement du Djebel Ouahchi-Bou-Aouana, qui est un gisement d'accès assez facile, est une fracture remplie de calcite fibreuse colorée.

Ce filon calcitique, qui a une puissance moyenne de 10 mètres, est parcouru par un réseau de fissures irrégulières et dispersées.

Les réserves probables estimées du gisement sont de 100.000 m³.

2/ Essais :

Les essais de laboratoire effectués sur les échantillons prélevés ont permis de constater que le marbre du Djebel Ouahchi-Bou-Aouana, indépendamment de ses bonnes qualités :

- de densité
- de porosité
- d'absorption d'eau

et d'un relatif bon comportement vis à vis du gel, n'a toutefois pas satisfait aux exigences minimales de tenue à la compression et aux chocs pour des marbres à utilisation multiple (dallages, marches, appuis etc...)

3/ Conclusions Générales :

Il appert de ce qui précède qu'une éventuelle exploitation du gisement donnera lieu à :

- des blocs de petite dimension ayant une arête moyenne de 50 cm
- des pertes importantes à l'abattage et au sciage avec une production considérable de déchets,

et ce au vu des :

- fissures, diaclases et autres cassures affectant le filon
- essais de résistance à la compression et aux chocs.

.../...

En résumé :

L'étude du gisement et les essais effectués sur les échantillons semblent prouver que l'ONYX du filon de Djebel Ouahchi Bou Aouana est inapte à une utilisation comme produit de revêtement de sol et ce en raison de sa fragilité et de sa faible résistance à la compression et aux chocs. Cette inaptitude diminue les possibilités d'une exploitation rentable à l'échelle industrielle.

Toutefois, et vu les qualités esthétiques remarquables de ce marbre, il serait judicieux d'examiner la possibilité d'une utilisation plus spécifique de ce matériau comme produit de décoration, de revêtement mural ou pour la fabrication d'objets artisanaux.

Cet examen pourrait se faire dans le cadre d'une étude plus poussée qui nécessitera des moyens d'investigations plus importants (fil hélicoïdal, monolame, débiteuse et autres articles...).

Tunis, Le 30 Mars 1984

/E CENTRE TECHNIQUE DES MATERIAUX
DE CONSTRUCTION, DE LA CERAMIQUE
ET DU VERRE

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

-----*

BIBLIOGRAPHIE

- GASTANY G. (1951) : Etude géologique de l'Atlas Tunisien oriental- An. Mines et Géol. n° 8 Tunis
- KUJAWSKI H. (1969) : Contribution à l'étude de la région des Hedil et du Bejaoua oriental. An. Mines et Géologie n° 24 (Tunis)
- ROUVIER H. (1977) : Géologie de l'Extreme Nord Tunisien . Thèse Doct. es-Sciences Univ. Paris VI
- SOCIETE SALZGITTER (1963) : Les possibilités d'exploitation des gisements de marbre en Tunisie 10eme Partie - Rapport inedit-Archives O.N.M Tunisie
- SOLIGNAC. M. (1927) : Etude Géologique de la Tunisie Septentrionale. Thèse Doct. es-Sciences, Univ. Lyon.

CARTES ET NOTICES

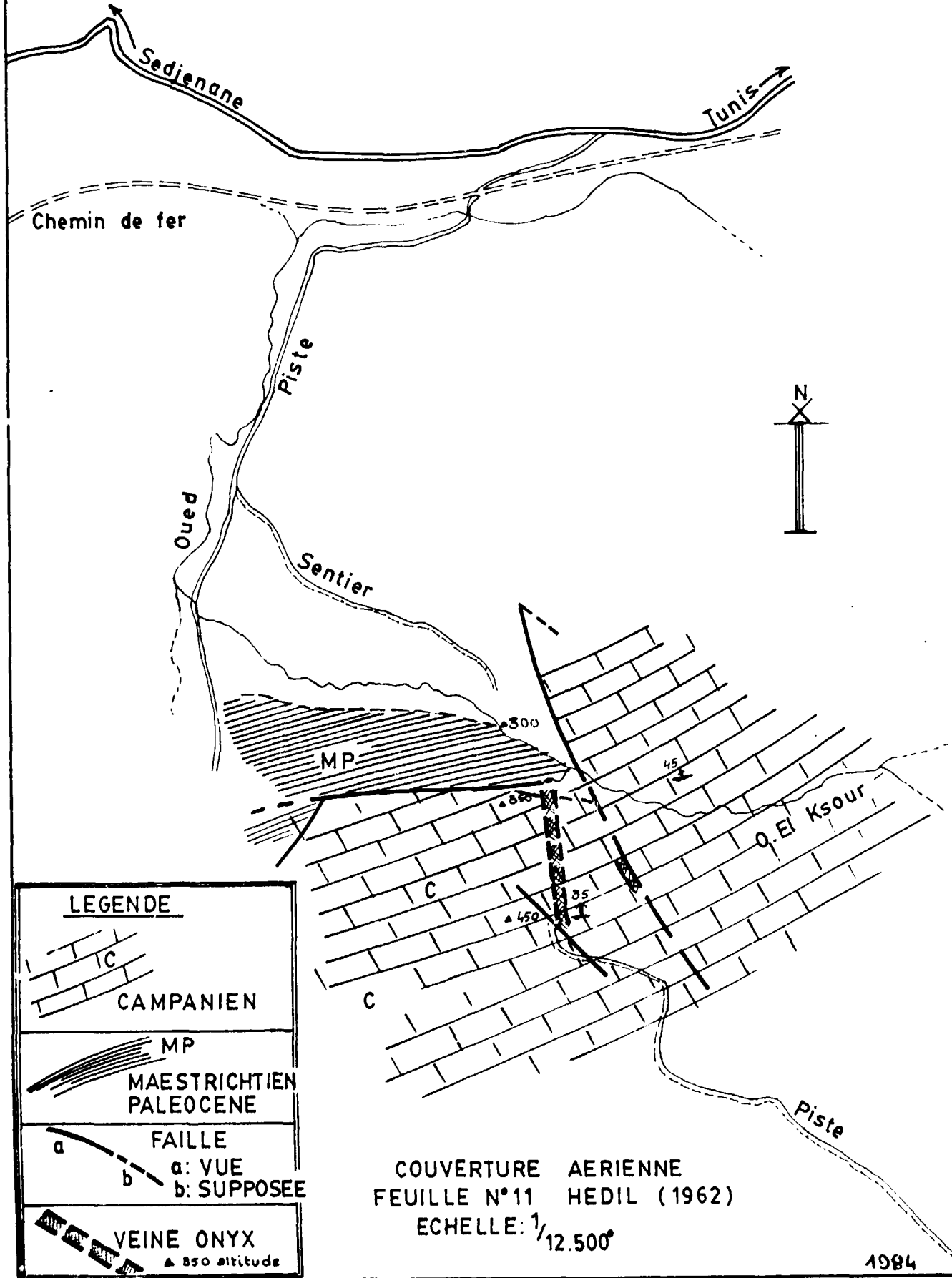
- CARTE GEOLOGIQUE DE LA TUNISIE au 1/500.000e
- CARTE GEOLOGIQUE DE LA TUNISIE au 1/50.000e
Feuille N° 11 - HEDIL -
- NOTICE EXPLICATIVE-
Feuille N° 11 - HEDIL - par BATIK. P. (1976)
Publications Dir. des Mines et de la Géologie - TUNISIE-
- COUVERTURE AERIENNE au 1/12.500e MISSION 1962 - TUNISIE

ITMCLV

CARRIERE "ONYX"

DJEBEL OUAHCHI

ESQU' SSE GEOLOGIQUE



LEGENDE



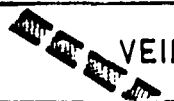
CAMPANIEN



MP
MAESTRICHTIEN
PALEOCENE



FAILLE
a: VUE
b: SUPPOSEE



VEINE ONYX
▲ 350 altitude

COUVERTURE AERIENE
FEUILLE N°11 HEDIL (1962)

ECHELLE: 1/12.500°

1984

