

Nouvelles données sur l'architecture des Grandes Pyramides (IVe dynastie).

Suzanne Raynaud





Kheops

IVe dynastie, environ
2560 avant JC

hauteur initiale :
146,58 mètres

Hauteur actuelle :
137 m

Volume :
2 592 341 m³

Khephren

IVe dynastie, 2^e fils de Kheops

Hauteur : 143,5 m

Volume : 2 000 000 m³

D'après les égyptologues le temps nécessaire à la construction de Kheops fut environ de 20 ans. Les nouvelles données architecturales vont elles dans le sens de cette théorie?.

Quel est le problème posé?

Les différentes parties d'une pyramide



parement

cœur

Dashour

Kheops



cœur

restes de parement

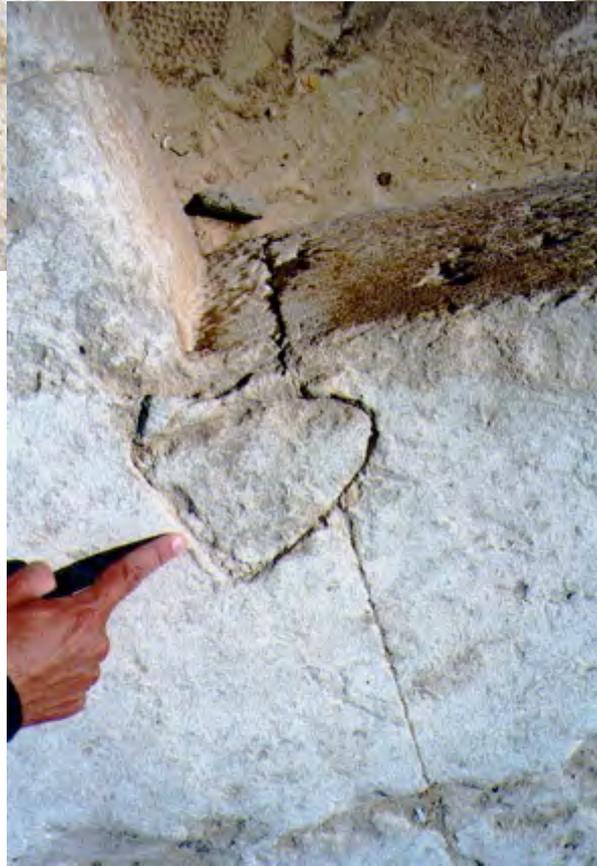
esplanade



Quel est le problème posé?



La question :
L'observation en différents endroits, ici des dallages au sud de Khephren, montre des assemblages de blocs extrêmement curieux irréalisables en taille de pierre. Quelle est la méthode utilisée?



HYPOTHESE : IL S'AGIT D'UN MATERIAU ARTIFICIEL







Farid Makroum Mansoura
Joel Bertho
Isabelle Bourdial rédactrice en chef
Science et Vie



Equipe des sédimentologues de l'université du Caire



إستخدام الطرق الجيولوجية ، البتروفيزيكية ، الجيوكيميائية ، والآثرية
فى دراسة أحجار بناء الآثار المصرية بمنطقة أهرام الجيزة – مصر



مشروع بحثى مقدم الى الهيئة المصرية العامة للآثار

Utilisation de méthodes géologiques, pétrophysiques, géochimiques et archéologiques pour l'étude des pierres qui ont servi à construire les Grandes Pyramides d'Egypte dans un but de restauration à l'identique.

Chef de Projet : *Dr Zahi Hawas Chef du Service des Antiquités Egyptiennes*

Coordinateurs du projet: *Dr Farid Makroum Université de Mansourah et Dr Suzanne Raynaud Université Montpellier II*

Collaborations : *Département de Géologie de l'Université de Mansoura
Département de Géologie de l'Université du Caire
Département de géoarchéologie de l'Université de Londres
Centre de Recherche de physique appliquée à l'archéologie de Bordeaux
Département de géologie physique et chimique de l'Université de Louvain*

2004-2005

Collaborations

Egypt

Faculty of Sciences of Mansoura University:

Dr Farid Makroum geologist microstructuralist

Pr Dr Adam El Shahat sédimentologist



France

National Center of Scientific Research
and Montpellier University II :

Dr Suzanne Raynaud petrophysician,

Dr Mireille Perrin archeomagnetism

Dr Jean Luc Seidel geochemist



Belgium

Katholieke Universiteit of Leuven :

Pr Jan Elsen specialist of ancient mortars

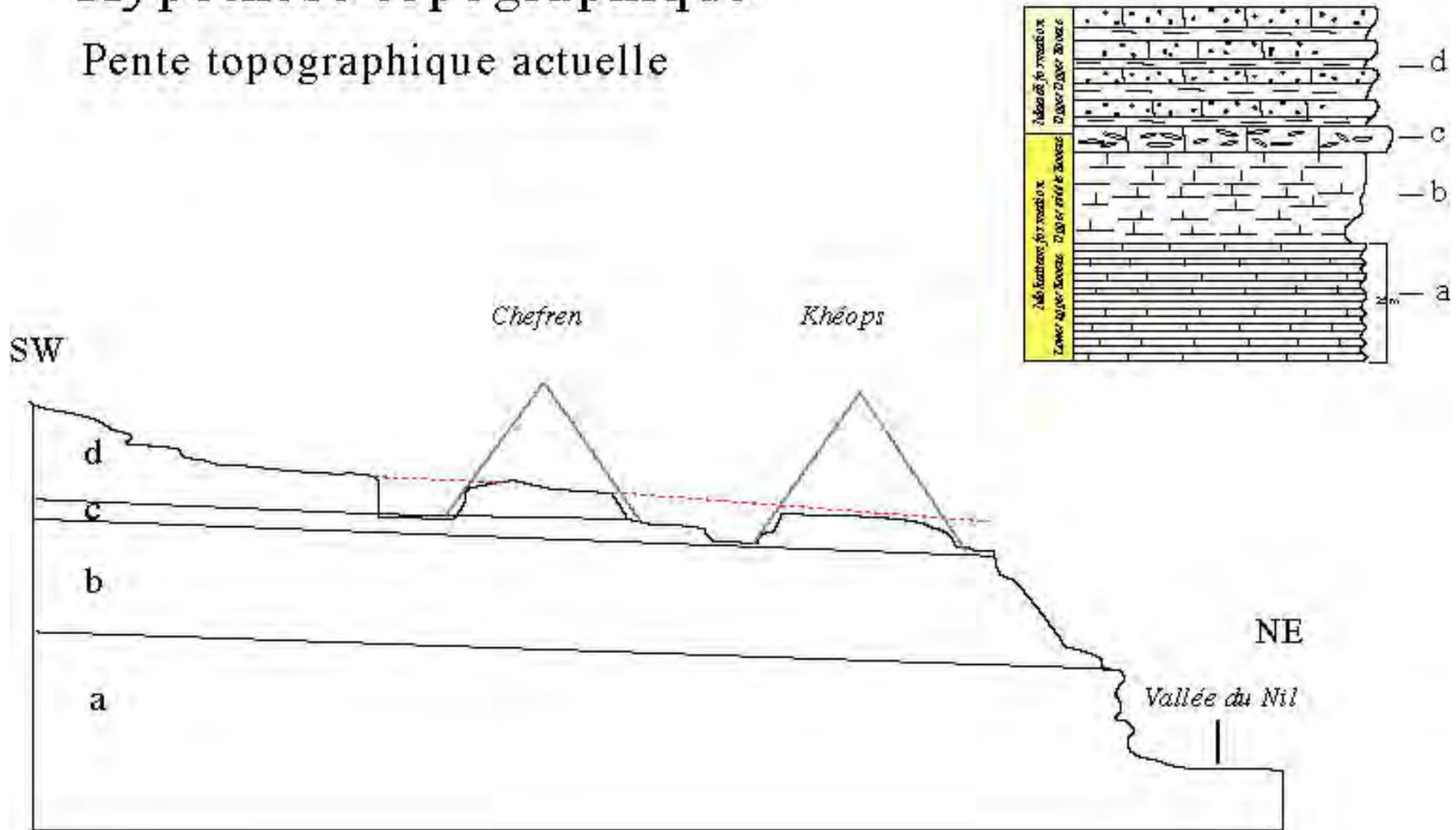
PLAN DE L'EXPOSE :

- 1. Le substratum des grandes pyramides : colline préexistante
- 2. Les carrières et la pierre naturelle
- 3. Le matériau reconstitué

- 1. Le substratum des grandes pyramides : colline préexistante

Hypothèse topographique

Pente topographique actuelle



Les pyramides de Khephren

et de Kheops ont perdu une grande partie des pierres du parement ainsi que de nombreux blocs en particulier à la base. Le résultat est qu'il est possible de voir sur quoi sont posés les blocs

Les blocs sont posés sur des marches d'escalier taillées dans le roc comme en témoigne les assises naturelles taillées.

Les assises inférieures sont différentes des blocs au dessus

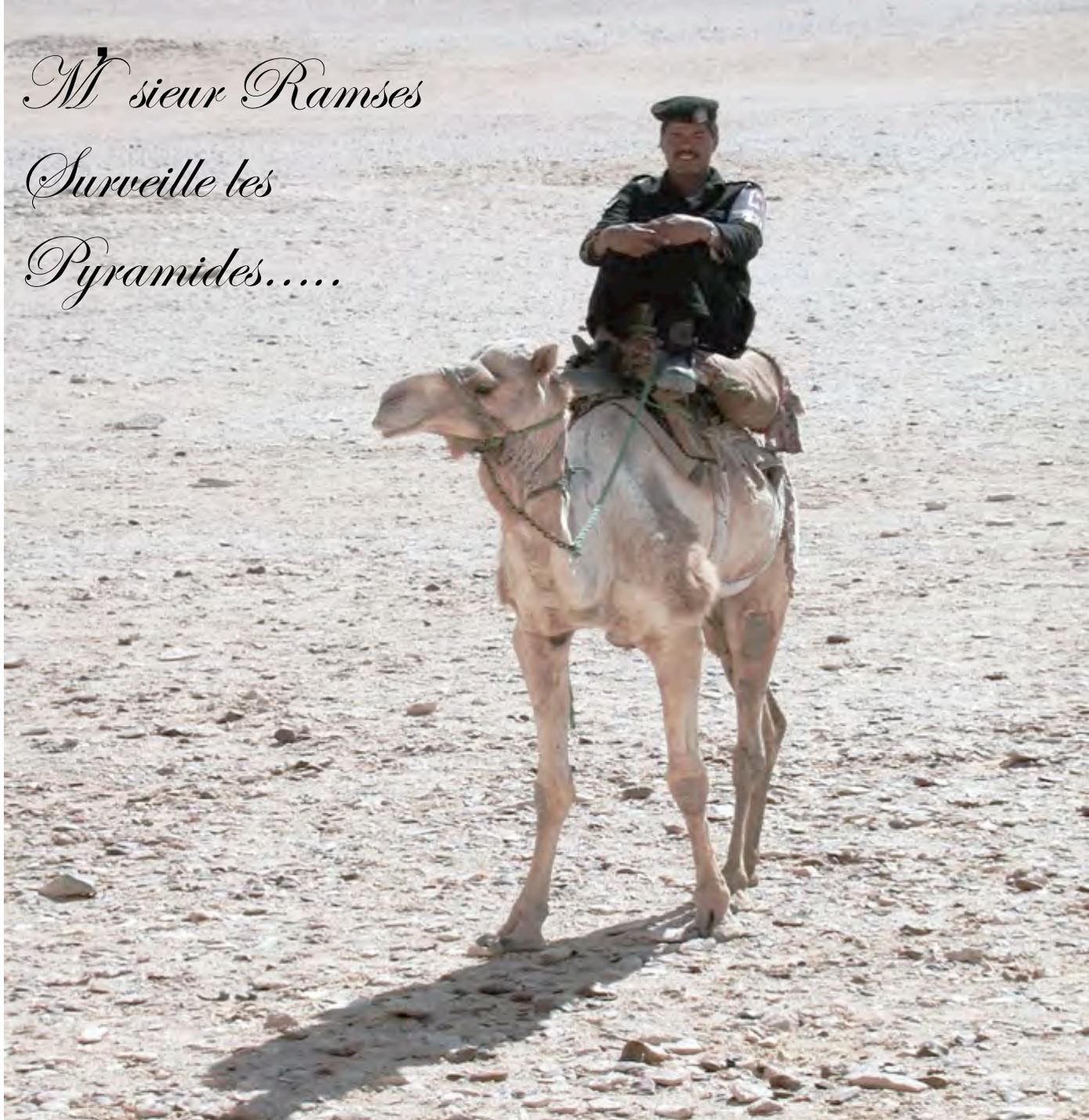


Face Est de Kheops Angle NE

M'sieur Ramses

Surveille les

Pyramides.....





La fracturation naturelle du plateau est visible dans les assises inférieures ainsi que des « trous » correspondant à des karsts.

Il n'y a pas de blocs mais la roche naturelle est taillée en escaliers.



Idem, Face Nord de Khephren Angle NW



Fracture naturelle
du terrain visible sur
plusieurs niveaux

Amoureux assis sur des marches d'escalier taillées dans la roche



K1 : fracture naturelle karstifiée, K2 : plan stratigraphique karstifié



Idem Face Ouest de Khephren Angle NW



Blocs

Gradins taillés dans la roche locale de la formation de Maadi

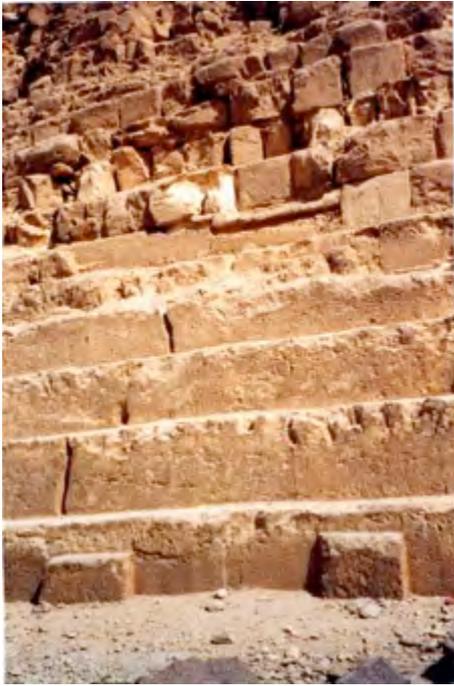
*Idem Face Ouest de
Khephren*



Idem Face Sud de Khephren

Le calcaire gréseux de la formation de Maadi dans les pyramides.

12 m



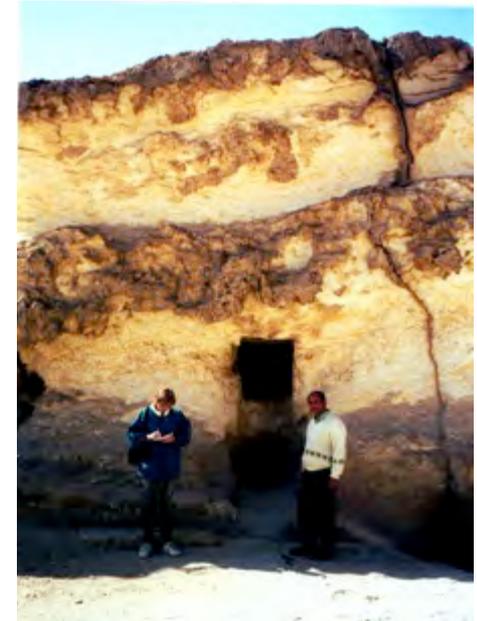
*Traces d'outils
de la largeur du cm*

l'érosion a sculpté les couches géologiques



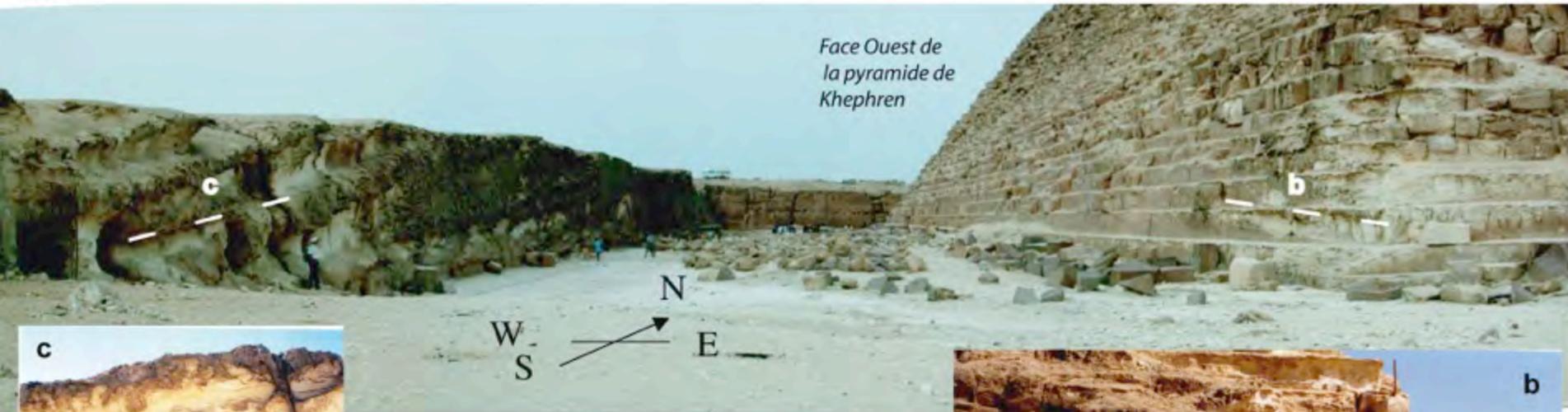
En vis à vis dans la falaise

À l'angle SW de Chephren :



l'angle Sud Ouest de la pyramide de Khephren et la falaise voisine montrent des couches géologiques naturelles sculptées par l'érosion

a



limite de couche naturelle



limite de couche naturelle

gradin horizontal taillé



Volume de l'édifice	Volume minimum de la butte originelle	Volume de pierres équivalent	Volume de pierres à rapporter
Pyramide de Kheops 2.500.000 m ³	23%	575.000 m ³	1.925.000 m ³
Pyramide de Khephren 2.000.000 m ³	12%	240.000 m ³	1.760.000 m ³



Autre exemple de pyramide construite sur une butte la pyramide de Didoufri (fils de Kheops) à AbbouRawash
A 8 km au N de Guizeh : Etude Pr Vallogia université de Genève.

Aspect extérieur actuel de la pyramide de Didoufri à Abbourawash : la butte aménagée constitue environ 40% du volume total de la pyramide (*Pr Vallogia*)



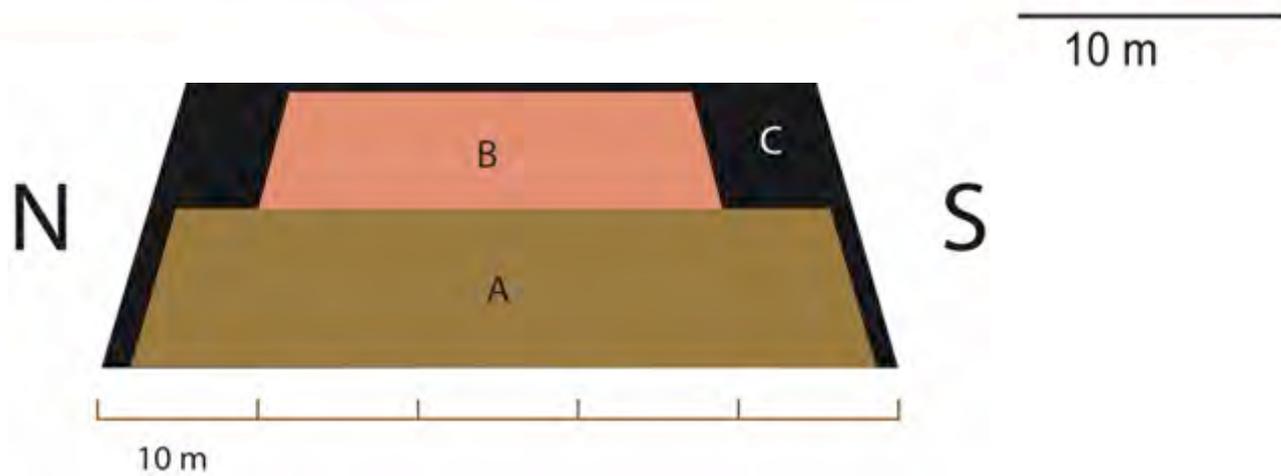
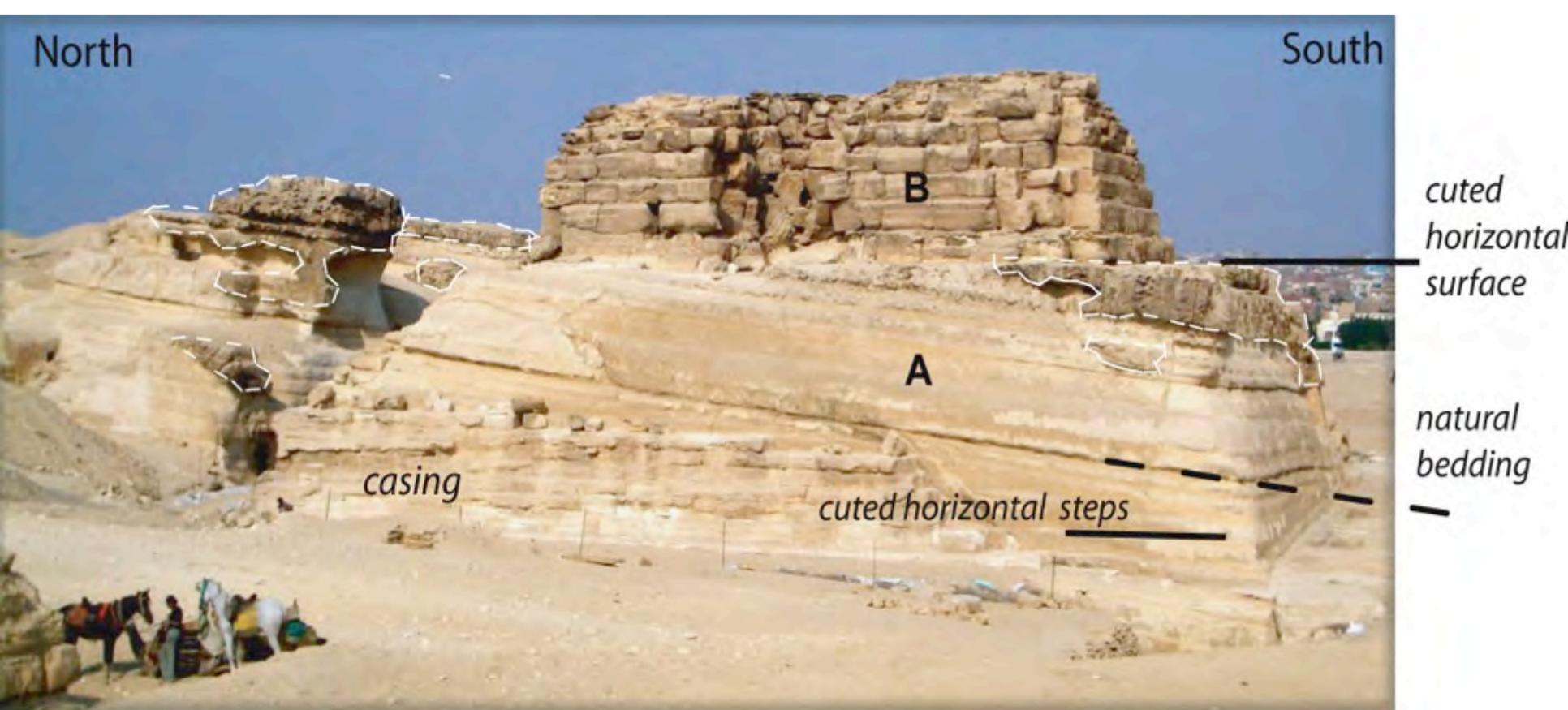


*Le cœur de la pyramide
d'Abourawach taillé dans
le rocher et reste d'un
revêtement fait de blocs
taillés*

A Guizeh : Autres exemples de monuments dont l'architecture s'appuie et englobe des buttes naturelles



Mastaba de la reine KenKaouss site de Guizeh







(s0)

(s0)

(s0)

parement

Djebel El Gourat



En regardant vers le SE depuis la pyramide de Khephren on voit d'abord le mastaba de la reine KK puis le cimetère bordé vers le SE par une colline dont la morphologie (voisine de celle d'un inselbeg) correspond tout à fait, avec ses flancs verticaux aux reliefs utilisés pour asseoir la construction des pyramides, ldu sphinx et du mastaba de la reine KK

Conclusion

Les tertres rocheux et la roche sculptée :

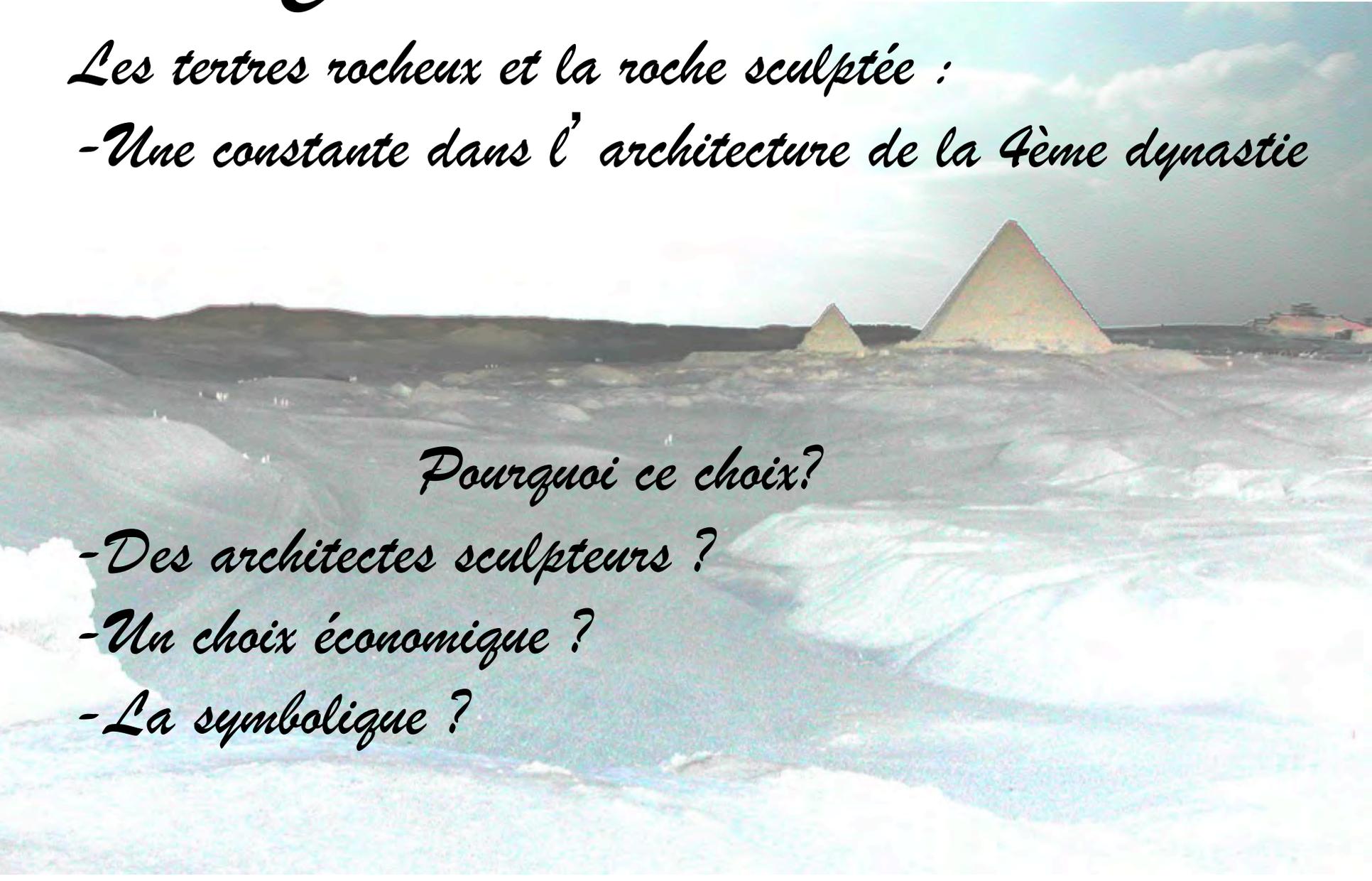
- Une constante dans l'architecture de la 4ème dynastie

Pourquoi ce choix?

- Des architectes sculpteurs ?

- Un choix économique ?

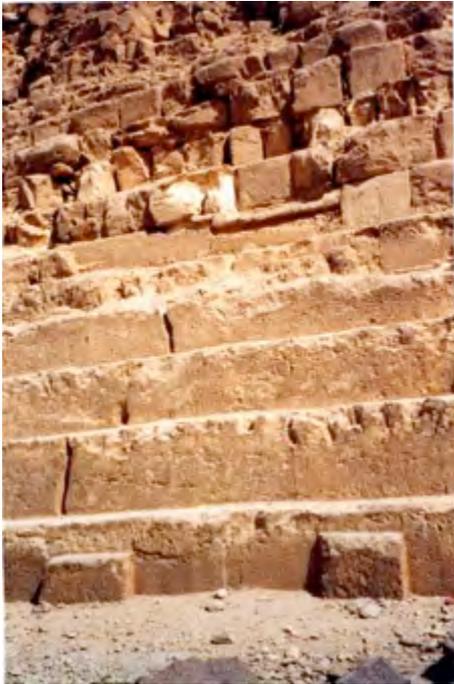
- La symbolique ?



- 2. Les carrières et la pierre naturelle

Le calcaire gréseux de la formation de Maadi dans les pyramides.

12 m

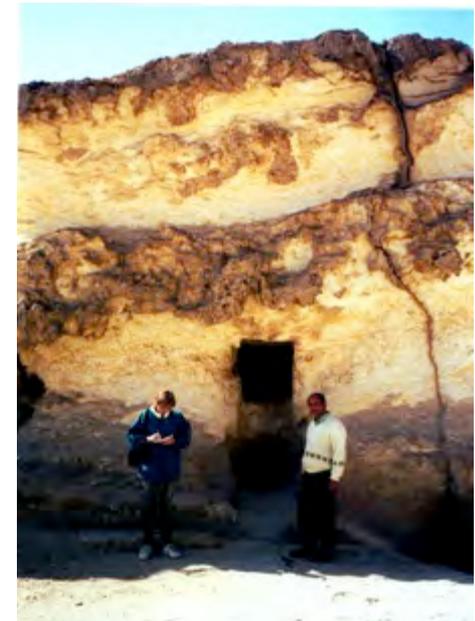


*Traces d'outils
de la largeur du cm*

l'érosion a sculpté les couches géologiques



En vis à vis dans la falaise



À l'angle SE de Chephren :

Pierres découpées en blocs posées sur les marches de la butte originelle taillée en escaliers à Kheops et à Khephren

1 pierres de la série locale :
formation de Maadi

2 pierres étrangères à la série locale et
présumées extraites des carrières de Tourah
à l'Est du Caire.





calcaire gréseux peu cohérent de la Formation de Maadi

***Provenance du calcaire gréseux de la formation de Maadi:
Environnement immédiat des pyramides :***



Esplanade entre la pyramide de Khephren et la falaise voisine



Carrière sur l'esplanade au Nord de Khephren



Par ailleurs des carrières souterraines sont connues sur le plateau

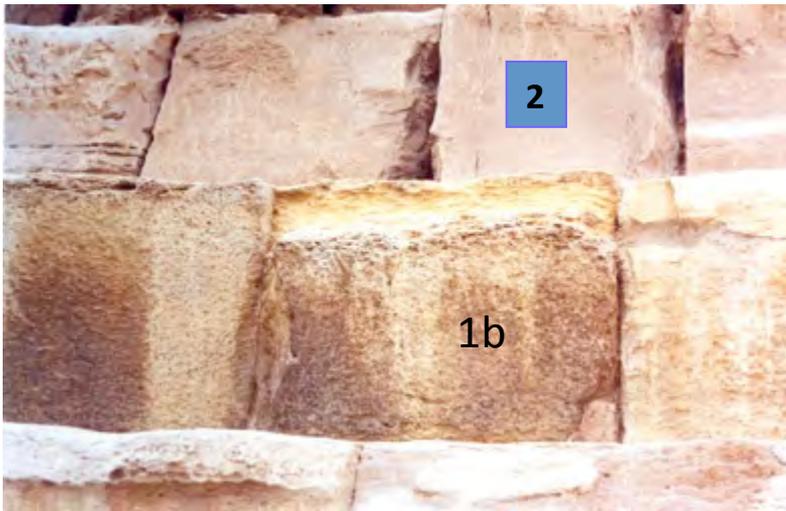
Sur les gradins de Khéops

1 pierres de la série locale :
formation de Maadi

2 pierres étrangères à la série locale et
présumées extraites des carrières de Tourah
à l'Est du caire



1a : pierre découpée et posée
perpendiculairement aux litage
naturel (en délit)

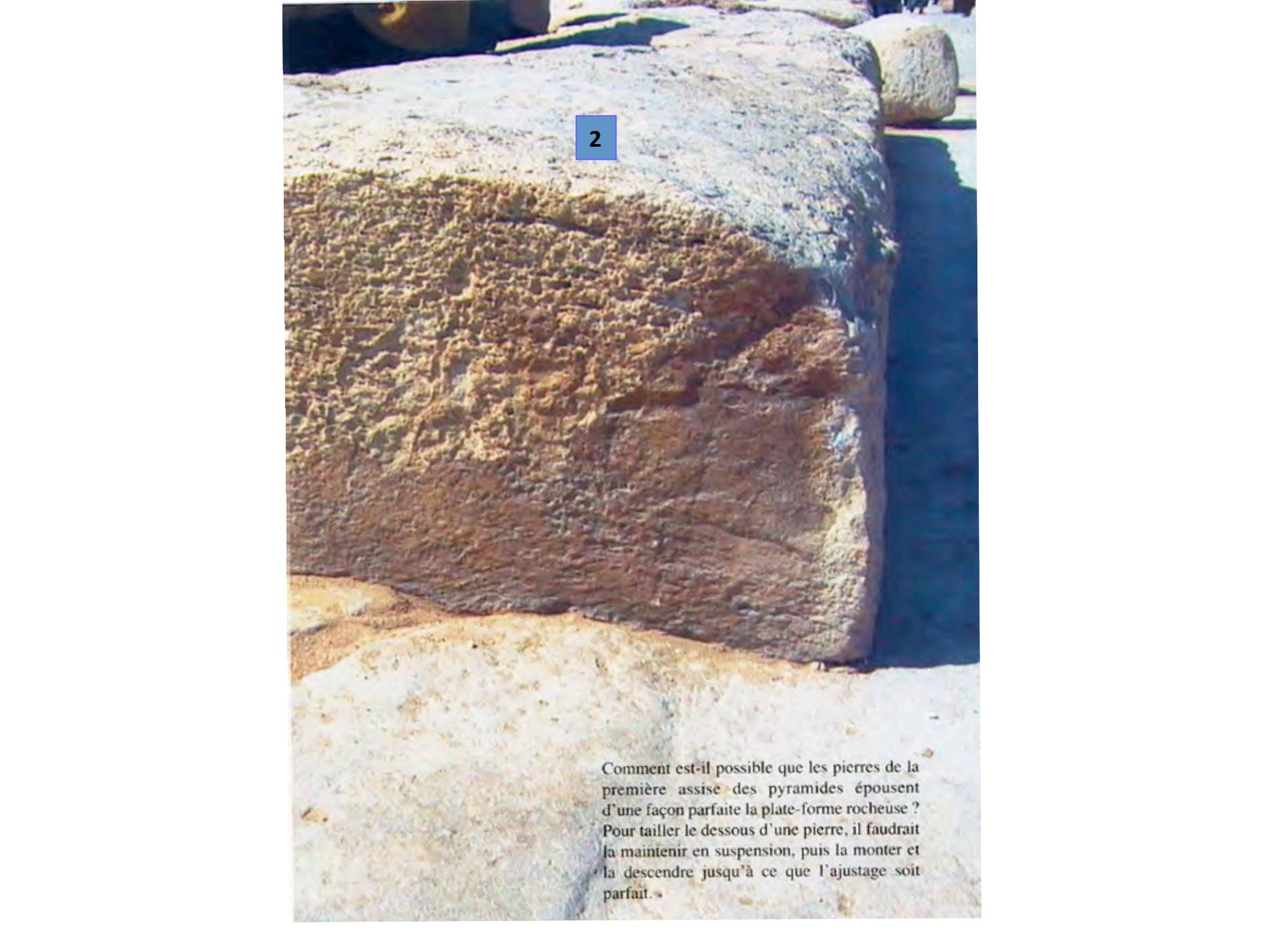


1b : pierre découpée et posée
parallèlement au litage naturel (en lit)

- 3. Le matériau reconstitué?

2 Différents exemples d'agencement de blocs dans des situations posant la question de la roche reconstituée pour les roches de type 2





2

Comment est-il possible que les pierres de la première assise des pyramides épousent d'une façon parfaite la plate-forme rocheuse ? Pour tailler le dessous d'une pierre, il faudrait la maintenir en suspension, puis la monter et la descendre jusqu'à ce que l'ajustage soit parfait.

2



2

2



Si certains blocs mis en œuvre sur les pyramides d'Égypte sont en pierre reconstituée pourquoi ne le savait on pas?

**Depuis le XVIIIème siècle,
différents auteurs affirment
que les pyramides d’Egypte
sont en pierre artificielle.**



Deux hypothèses.

“Les matériaux des pyramides sont fabriqués par les hommes”

Nous trouvons cette affirmation dans les travaux de :

- 1710. Travaux du Sire Lucas géographe du Roi Louis XIV.**
- 1777. Carnets de voyage de Mr de La Faye riche voyageur**
- 1978. J. Davidovits chimiste**
- 1993. M. Morris**
- 2000. G. Demortier chimiste**
- 2001. Joël Bertho architecte designer spécialiste des moulages**

Méthodes d'étude

Davidovits 1984 :

Turah quarry samples compared to Cheops and Teti casing samples
Stones geometry and chemical X-ray and X-ray diffraction analyses results

Folk and Campbell 1992 :

Stones observations : geological arguments
And Microscopy, X-ray diffraction on Cheops casing samples

Demortier 2000 :

Analyses of the Davidovits samples by Proton Induced Gamma Ray Emission
and NMR spectroscopy

Harrell and Penrod 1993:

Compared a core Cheops sample to a Djebell Mokattam quarry sample
And sample Davidovits made
by X-ray fluorescence spectrometry, X-ray diffractometry,
and thermogravimetric analyses

Joel Bertho 2001 : traces de coffrages et emboitements des pierres.`

“La pyramide reconstituée : les mystères des bâtisseurs égyptiens révélés”

Joel Bertho Editions Unic

Les matériaux des pyramides sont des pierres naturelles

Hypothèse soutenue par les études de :

- R. L. Folk and D. H. Campbell 1990; D. H. Campbell and R. L Folk 1991, 1992;
- J. A. Harrell and B. E. Penrod 1993;
- R. Klemm and D.D. Klemm 1979, 1981, 1993;
- A. Lucas and J.R. Harris 1962;
- M.S. Tite 1984

Ou est la vérité?

**La chaux utilisée pour fabriquer
une pierre artificielle se
transforme
avec le temps en une pierre
d'aspect naturel.**



Certaines pierres des pyramides pourraient être fabriquées à base de chaux : La chaux (CaO) est composée de : **Calcium + Oxygène**

Une pierre calcaire est composée de cristaux de calcite

La calcite (CaO+CO₂) est composée de:

Calcium + Carbone + Oxygène

L'air contient du gaz carbonique

Le gaz carbonique (CO₂) est composé de :

Carbone + Oxygène

Chaux + Gaz carbonique de l'air + Temps = calcite



Résultat : avec le temps une pierre artificielle acquiert les caractéristiques d'une pierre naturelle.

C'est ainsi que la description pétrographique et micropaléontologique

« à l'aveugle »

d'un échantillon de mortier scellant les blocs de granite du parement de la pyramide de Chephren a donné comme résultat :

« échantillon de calcaire pélagique à débris de foraminifères »

L'origine artificielle du matériau n'a pas pu être détectée par l'étude classique en microscopie optique.

MATERIAUX DES PYRAMIDES DE GIZEH

30 à 40% butte initiale in situ

**30 à 40% roche prélevée dans l'environnement
proche et mise en œuvre sous forme de blocs.**

**20 à 25% de pierre reconstituée sur place
(en cours d'étude)**

CONCLUSION

L'étude géologique du site des grandes pyramides menée en 2006 par Suzanne Raynaud et Farid Makroum, mandatés par le Service des Antiquités égyptiennes, montre que celles-ci ne sont pas construites sur un plateau horizontal comme on le croit généralement mais sur des petites collines préexistantes aménagées.

La majorité des blocs mis en œuvre sur ces buttes proviennent de la série géologique environnante

Il existe une forte probabilité pour qu'une partie des matériaux soient de la pierre reconstituée in situ.

D'après les égyptologues le temps nécessaire à la construction de Kheops fut environ de 20 ans, hypothèse que renforcent ces nouvelles données architecturales.