



Dégradation des pierres en œuvre

S.Guédon-Dubied

Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (Paris)

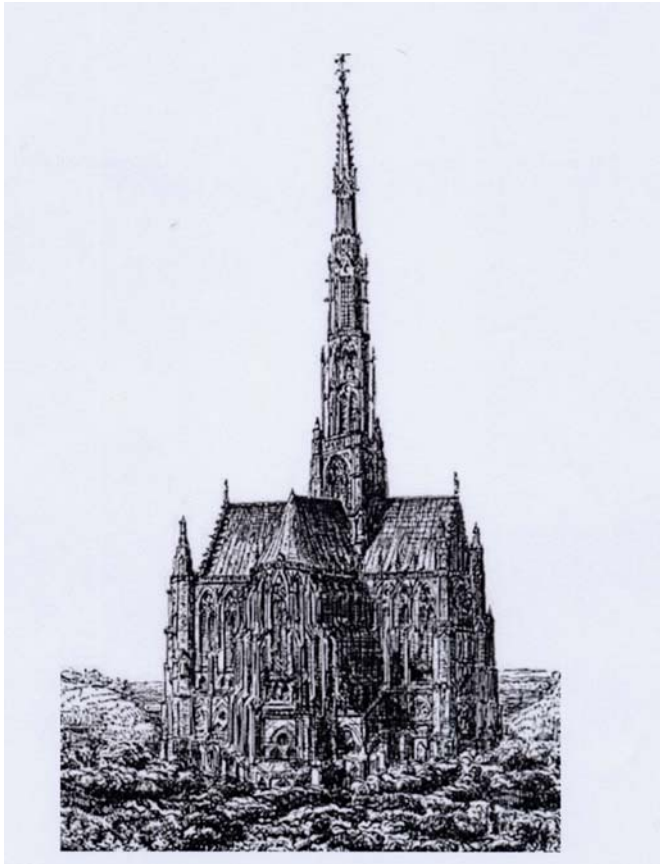
GN-MEBA CAEN 7 Juillet 2005

« Observation et analyse des processus de dégradation et de vieillissement des matériaux »

- Introduction
- De la roche à la pierre en oeuvre
- Altérations des pierres en oeuvre
- Diversité des matériaux
- Conclusions

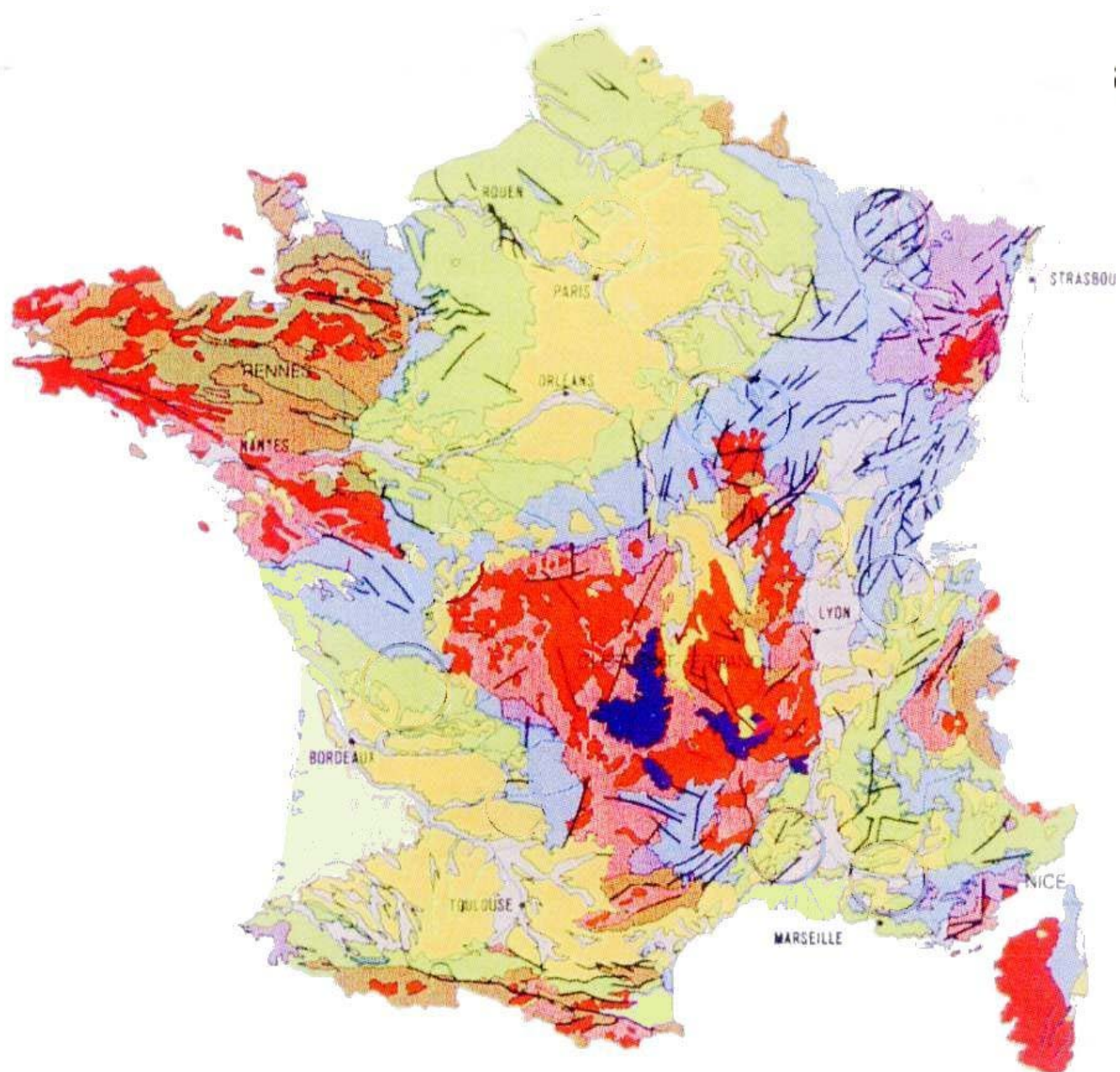
Introduction

un exemple parmi tant d'autres: La cathédrale de BEAUVAIS

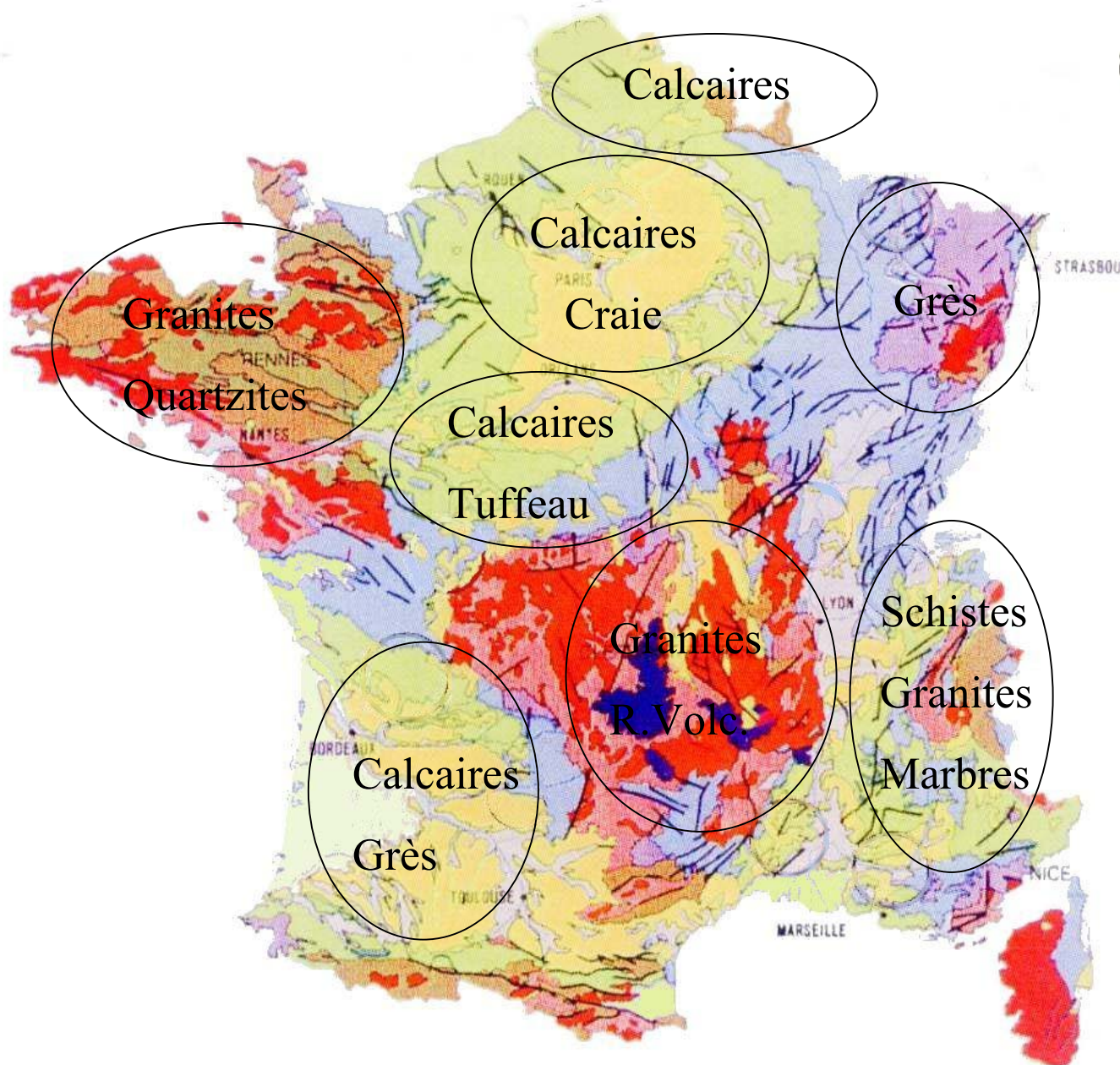


- Le plus haut coeur gothique du monde
- 1225 début de la construction
- 1272 premier office
- 1284: les voutes du choeur s'effondrent: choeur remodelé jusqu'au milieu du Xvème
- Flèche construite en 17 ans effondrée 6 ans après
- milieu XVIIème « terminée »

De la roche à la pierre en oeuvre



De la roche à la pierre en oeuvre

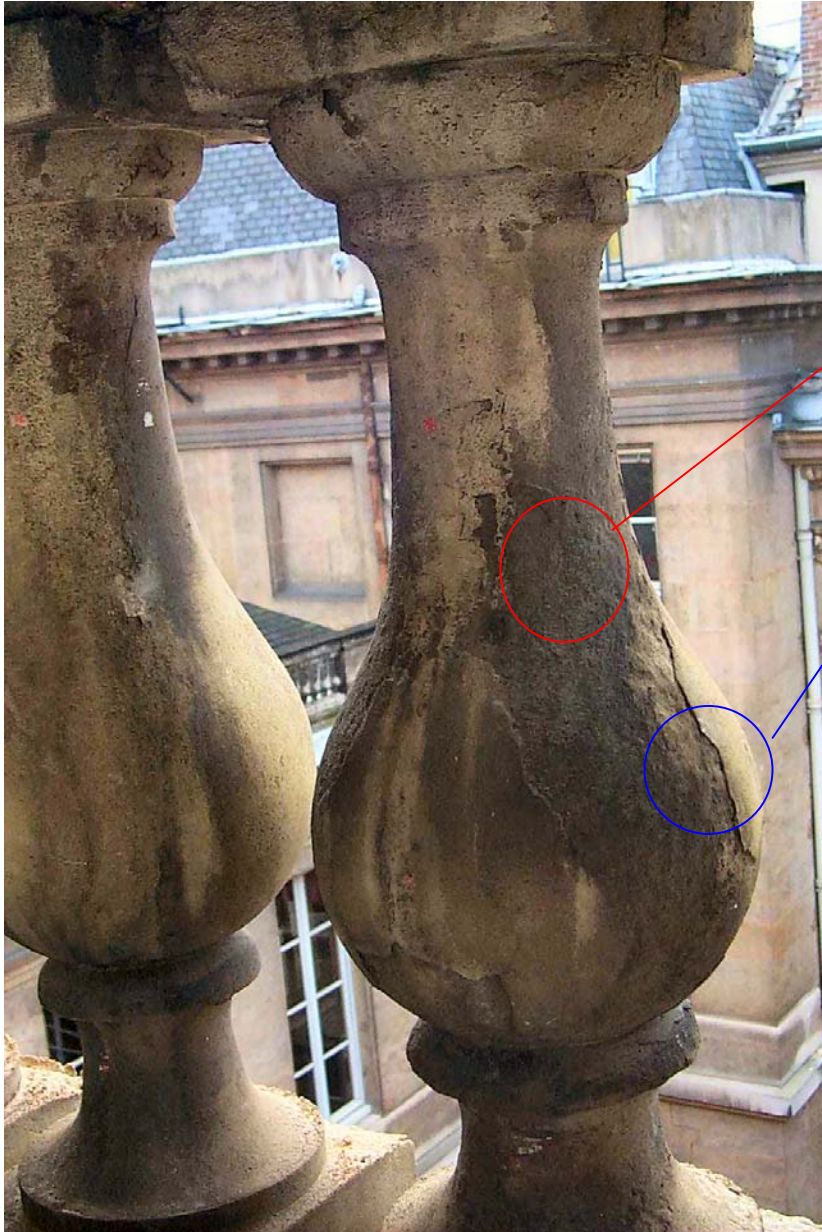


Les altérations

- L'altération naturelle : Les matériaux s'altèrent différemment suivant leur composition, mais tous sont \pm altérés avant leur mise en œuvre, ce qui affecte leur caractéristiques mécaniques.

- L'altération en place : Elle continue à dégrader la roche, mais outre la nature pétrographique, la situation dans l'ouvrage et l'environnement sont des paramètres importants. Il conviendra donc, face à un ouvrage inconnu d'en faire une cartographie précisant la nature, l'altération et la position des matériaux dans l'ouvrage.

Les mécanismes d'altérations en oeuvre



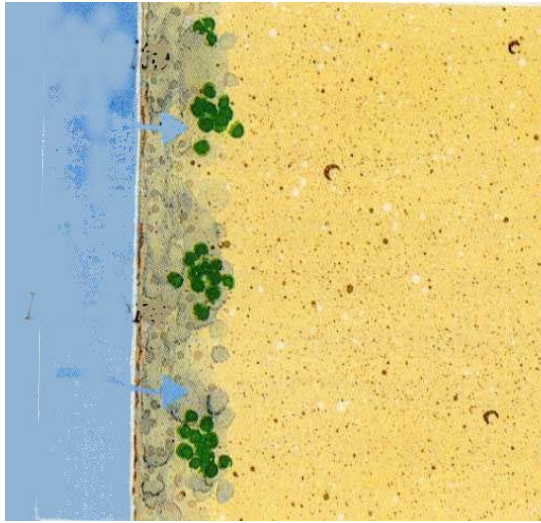
Alvéolisation (1)

Desquamation (2)

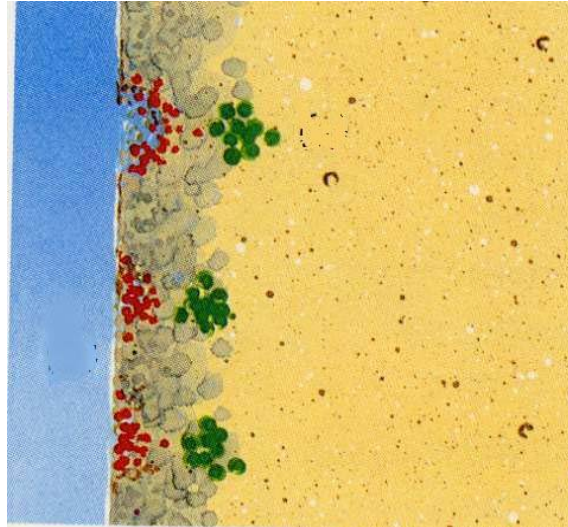
Désagrégation (3)



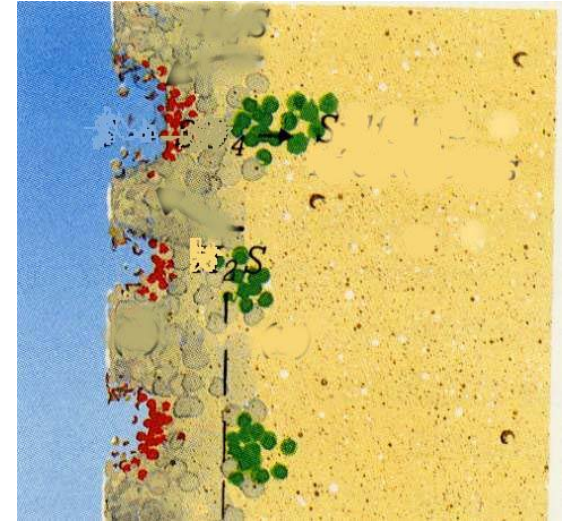
L'alvéolisation: mécanisme bactérien



1- A cause de la porosité de surface des bactéries vont se développer

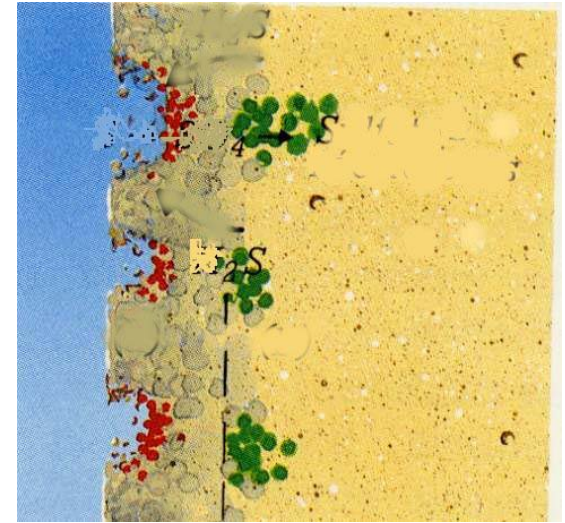
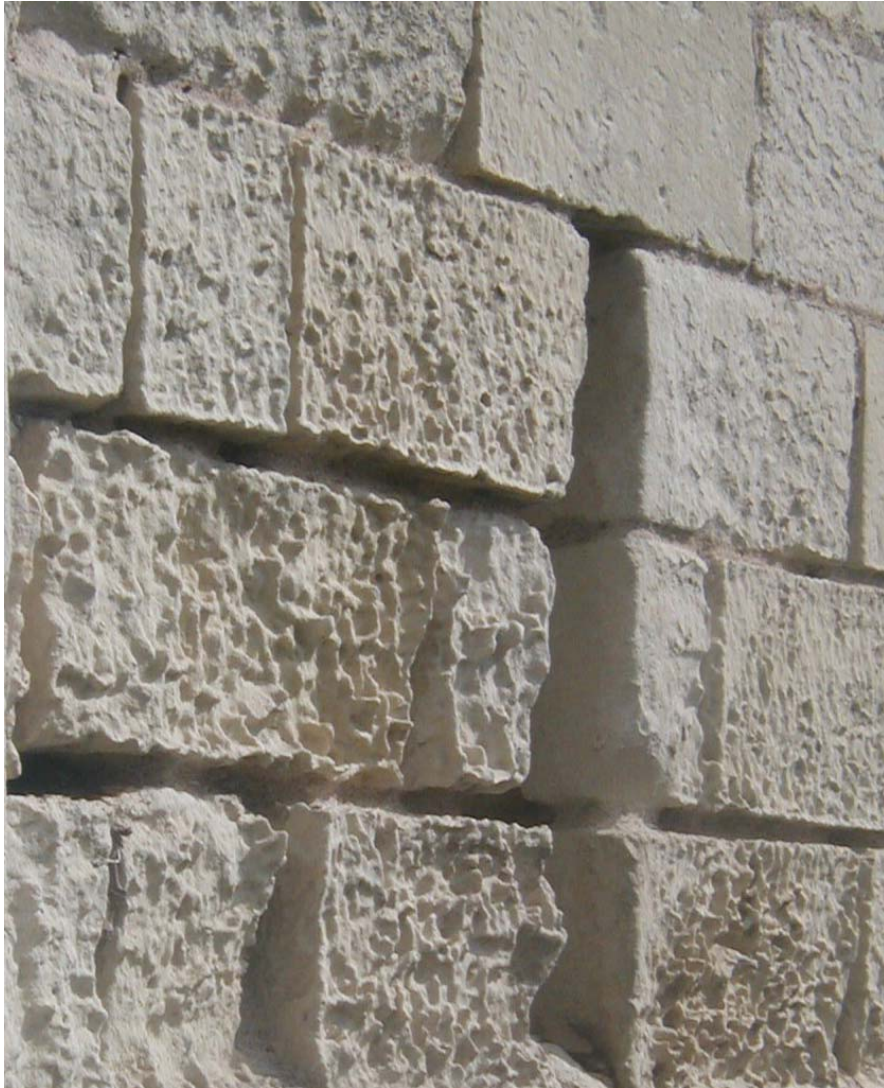


2- Elles digèrent progressivement le CaCO_3



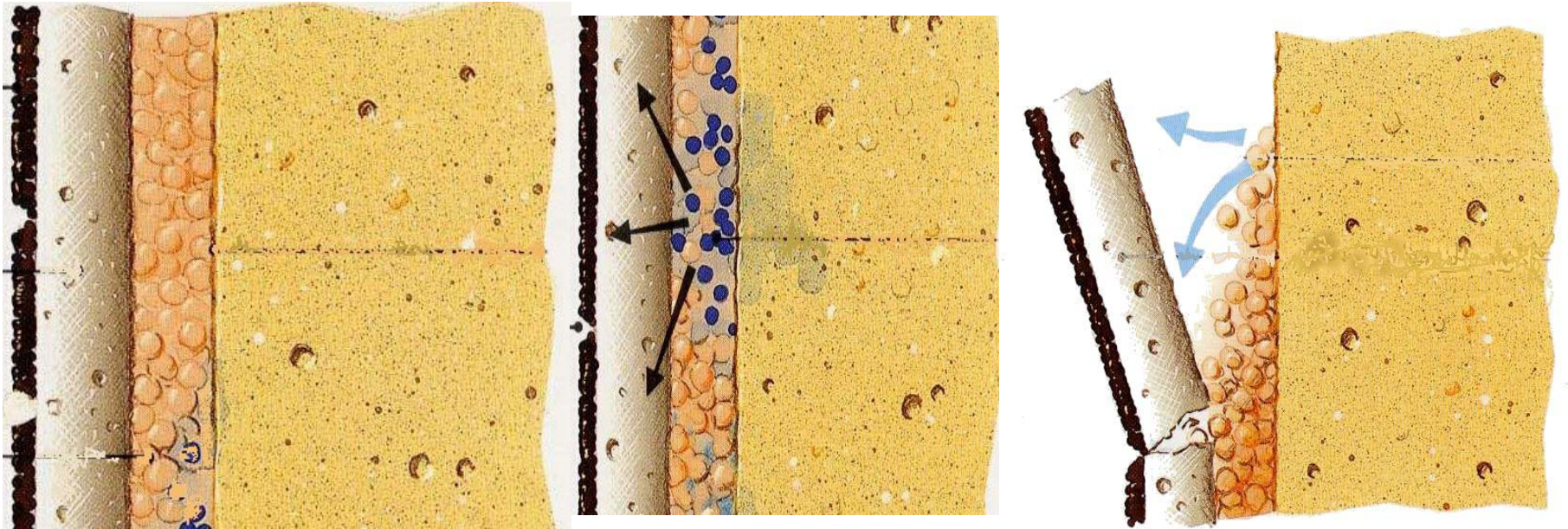
3- La roche va s'effriter et donner naissance à des alvéoles qui vont devenir coalescente

L'alvéolisation: mécanisme bactérien



3- La roche va s'effriter et donner naissance à des alvéoles qui vont devenir coalescente

La desquamation



Cas des roches carbonatées: le calcin naturellement protectrice peut constituer une barrière étanche

Les pressions de cristallisation engendrées conduisent à la rupture et au décollement du calcin

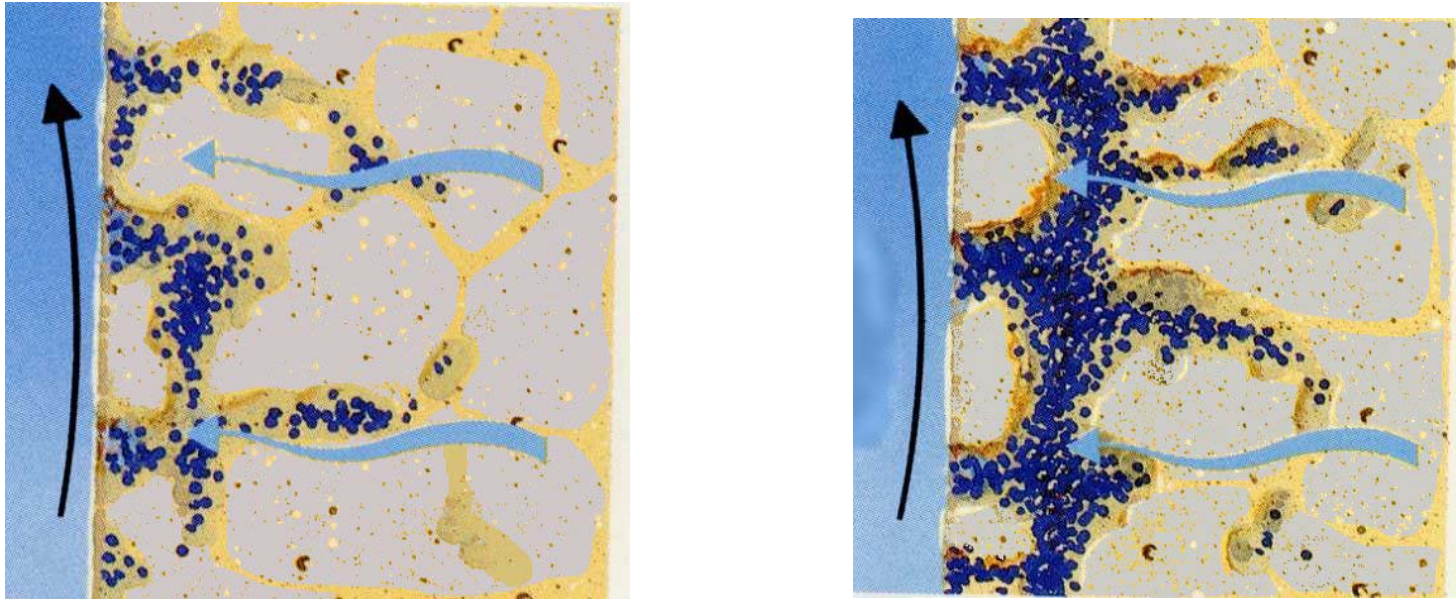
La roche ou la maçonnerie mise à nu va subir de nouvelles attaques chimiques, physiques, bactériennes.

La desquamation



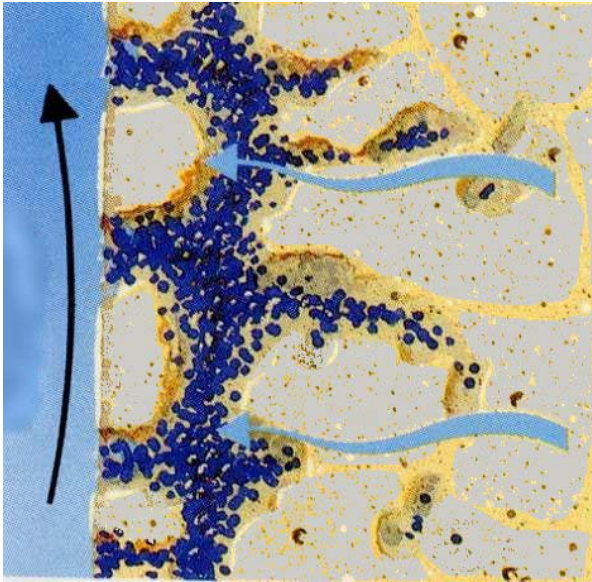
La roche ou la maçonnerie mise à nu va subir de nouvelles attaques chimiques, physiques, bactériennes.

La désagrégation



Les circulations d'eau se font à la faveur du litage stratigraphique, ou par l'intermédiaire du ciment

La désagrégation



Les circulations d'eau se font à la faveur du litage stratigraphique, ou par l'intermédiaire du ciment

Diversité des matériaux

les roches calcaires



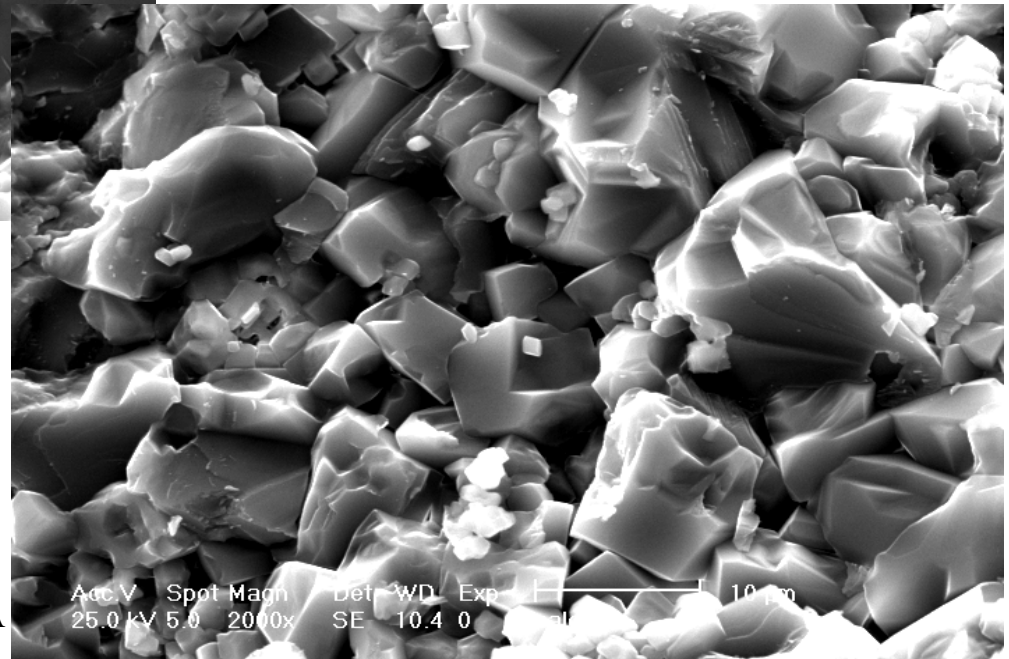
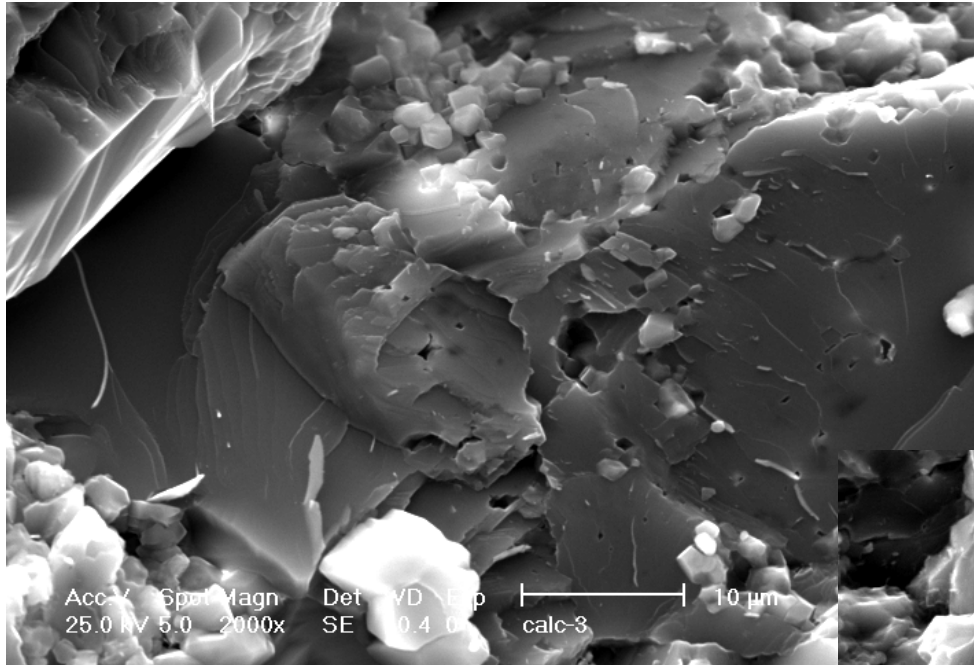
Château d'Azay-le-Rideau

Base de la construction en calcaire peu poreux pour éviter les remontées capillaires.

Surélévations en tuffeau (calcaire poreux) mais plus blanc.

Les roches carbonatées - les calcaires

Deux tailles de cristaux, la sparite et la micrite



Diversité des matériaux: la craie

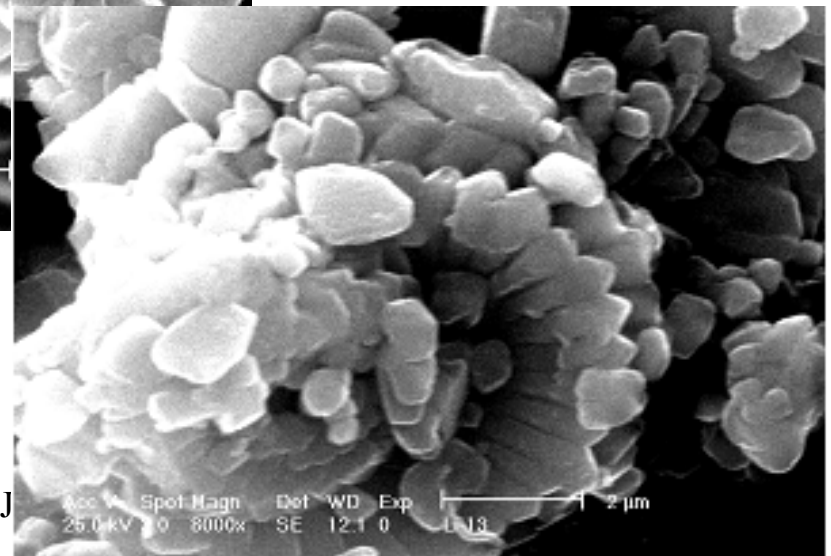
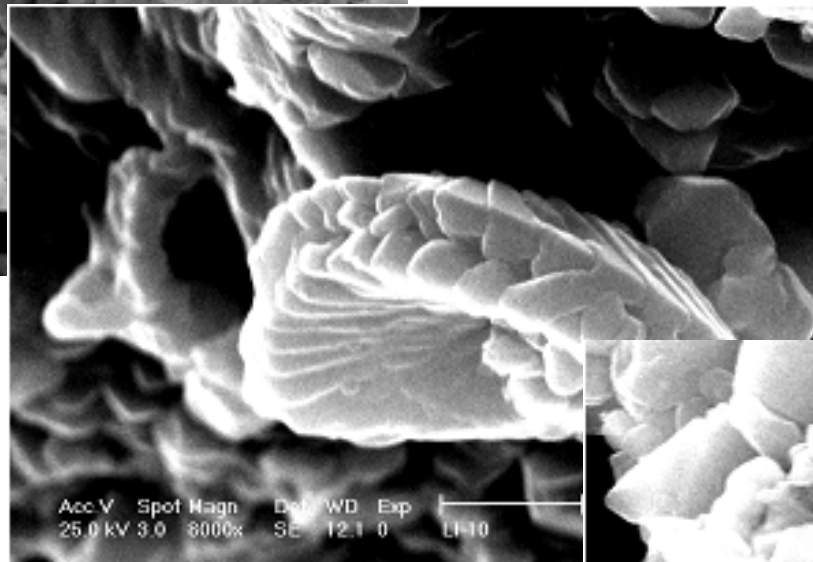
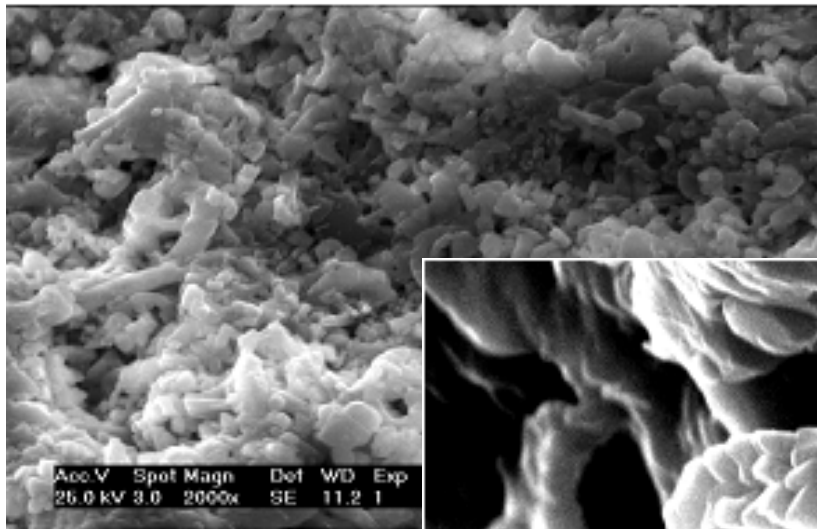


Souterrain creusé dans la craie:

Noter la courbure des voûtes dues à la grande faculté de sculpture de cette roche

Les roches carbonatées - les craies

Abondance de coccolithes caractéristiques



Les roches carbonatées - les marbres

Pierre de prestige?

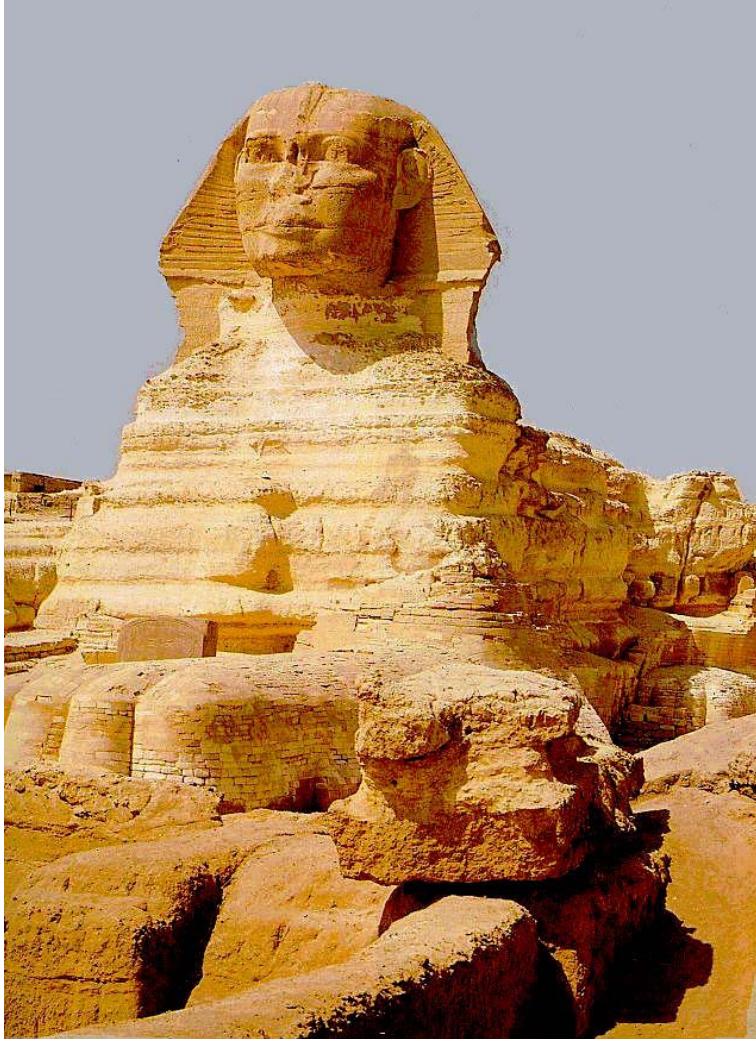


Les roches carbonatées - les marbres



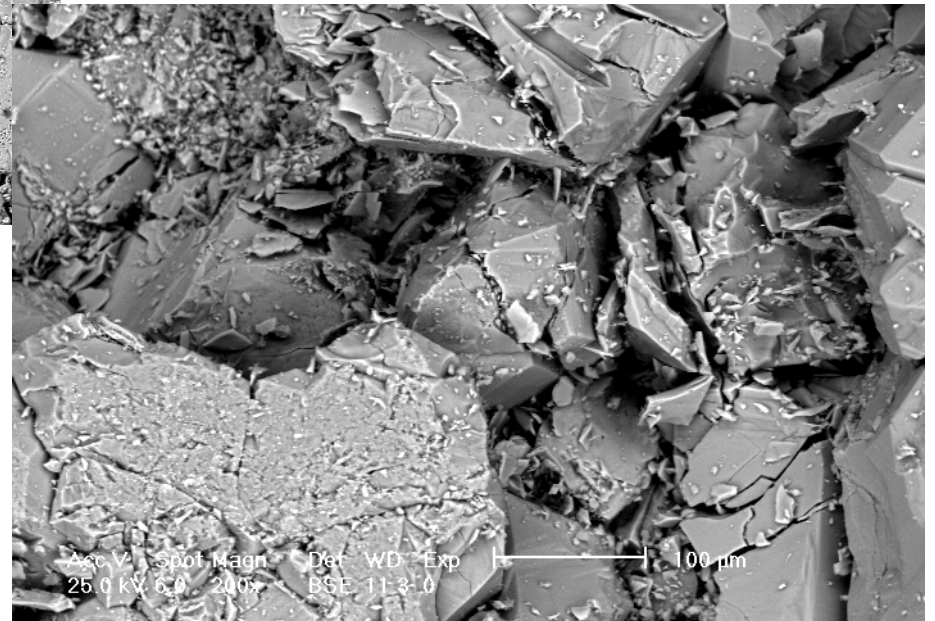
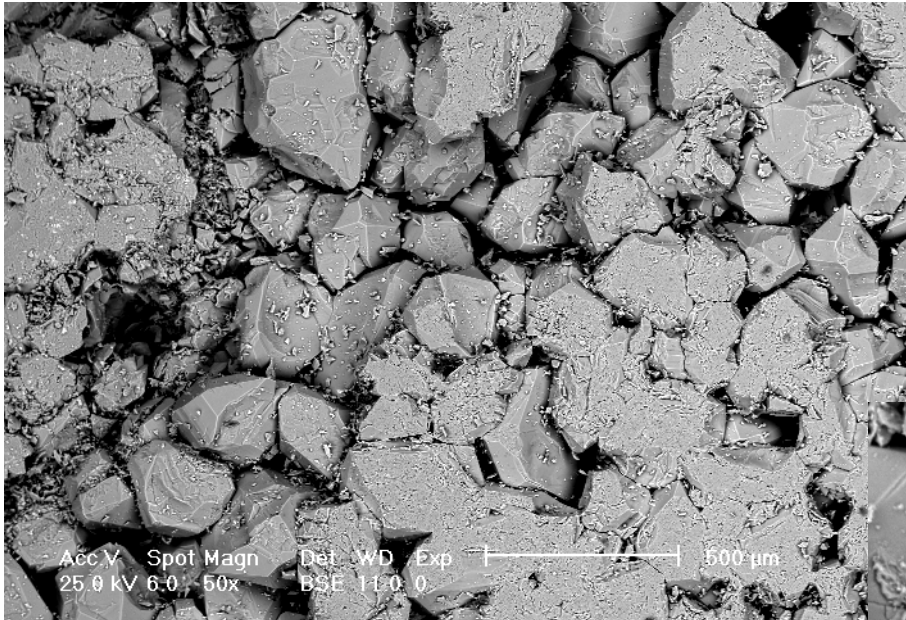
Espace inter-granulaire
large
et parfois indenté

Les roches siliceuses - les grès Pierre durable?



Tout dépend de la macro et micro-porosité, et de la stratigraphie.

Les roches siliceuses - les grès



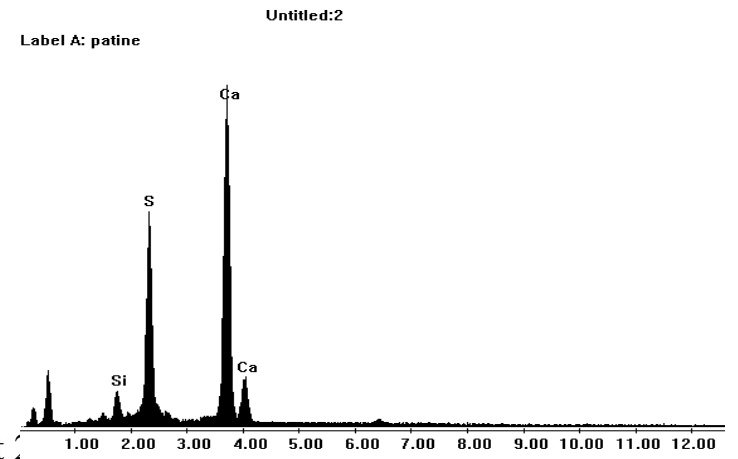
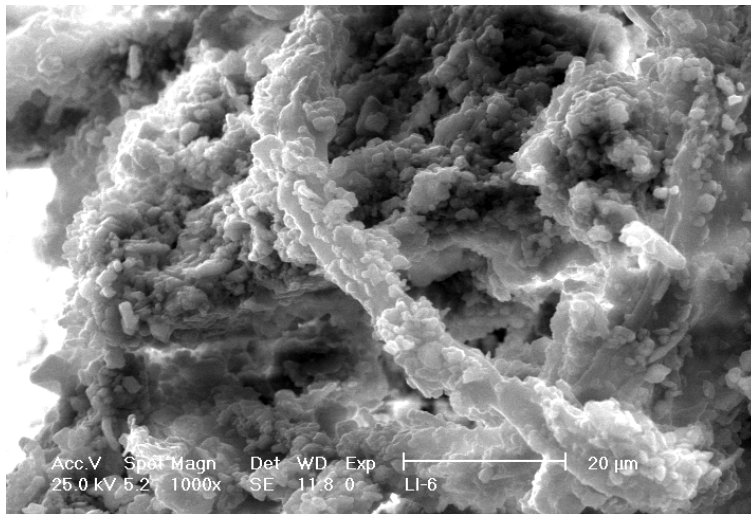
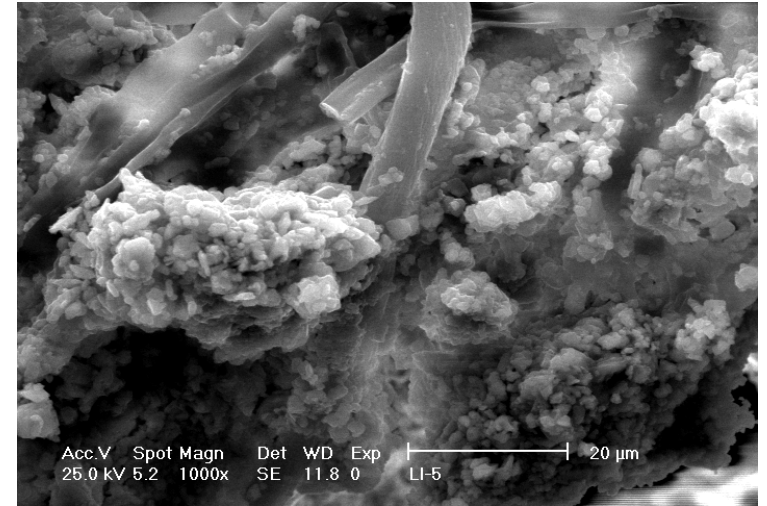
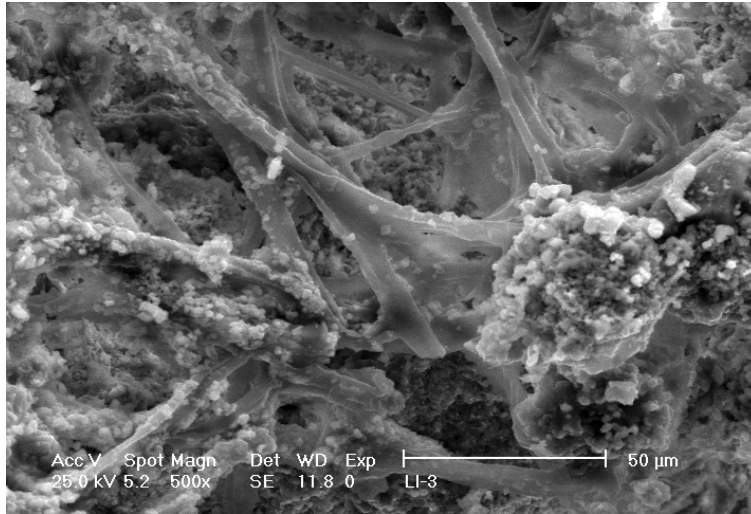
Les conditions rencontrées sur les affleurements naturels sont encore amplifiées sur les bâtiments où les pierres sont soumises à des conditions exceptionnelles

- Influence de la nature minéralogique → ■ La composition minéralogique peut avoir un rôle déterminant dans les dissolutions chimiques
- Influence des structures de porosité → ■ La porosité mais aussi les différences de granulométrie provoquent une accélération des altérations.
- Influence des conditions d'exposition → ■ Des délitages imputables au gel peuvent occasionner des éclatements

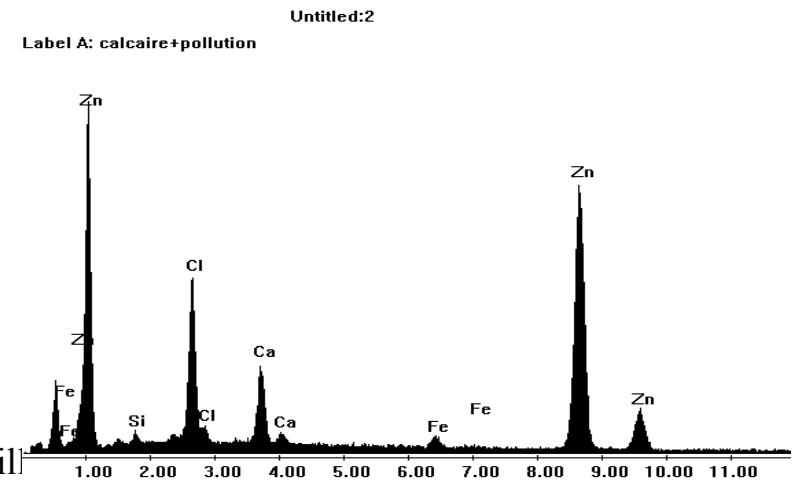
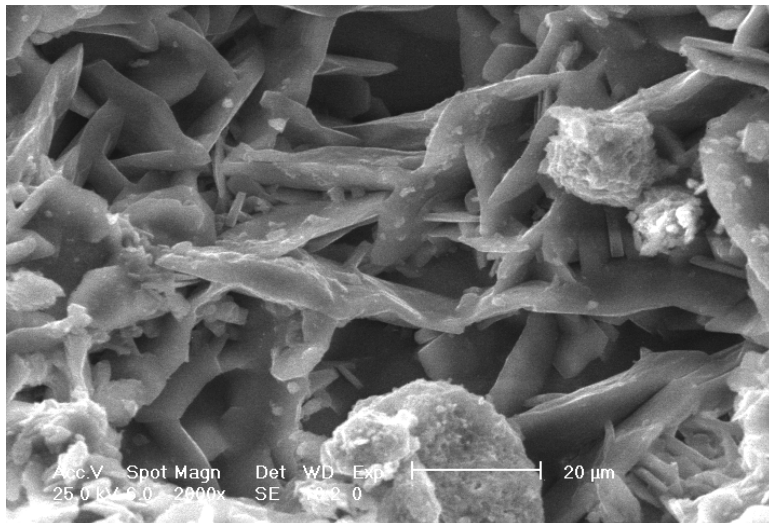
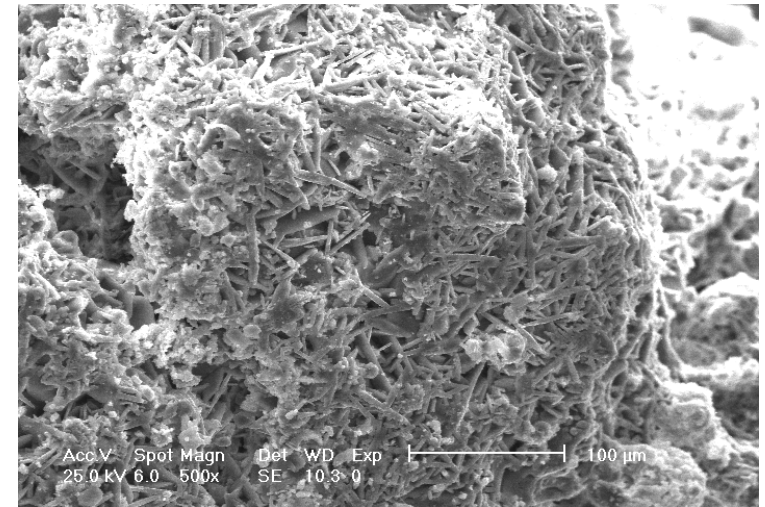
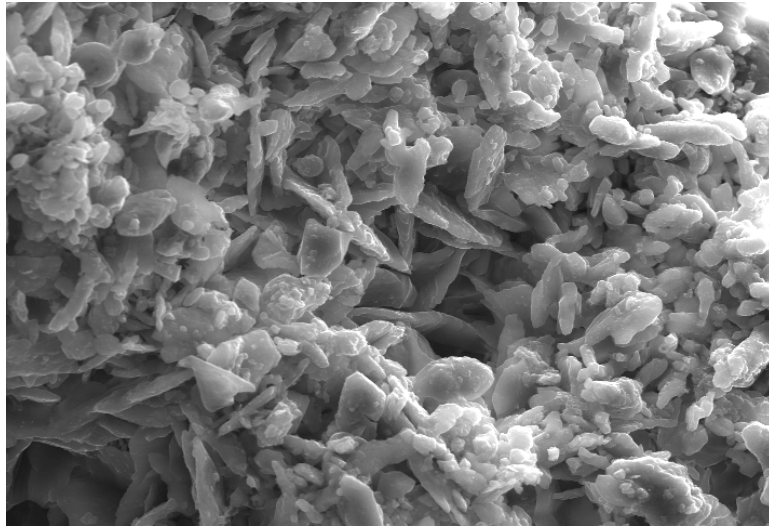
Les manifestations de l'altération



Facteur non négligeable: l'altération d'origine biologique, pouvant servir de support aux cristallisations de gypse.

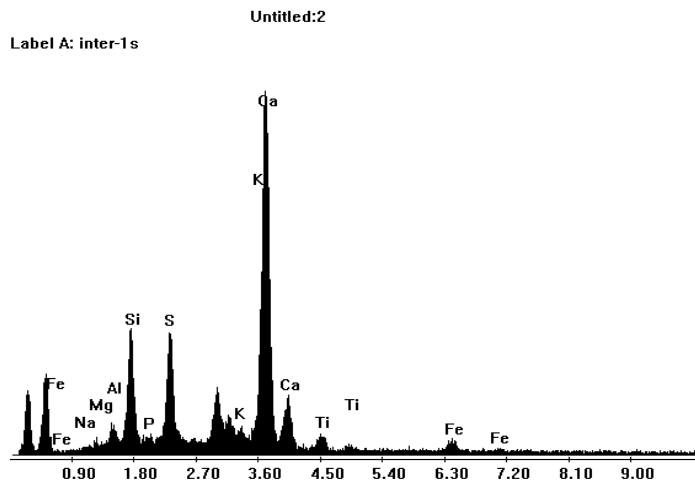
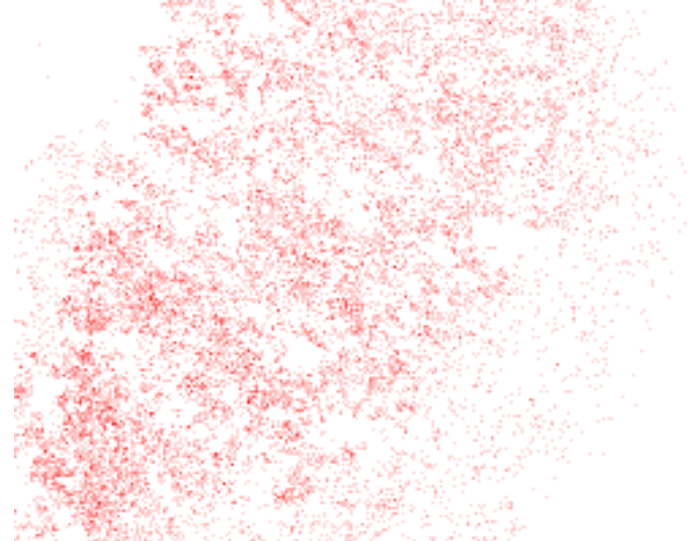
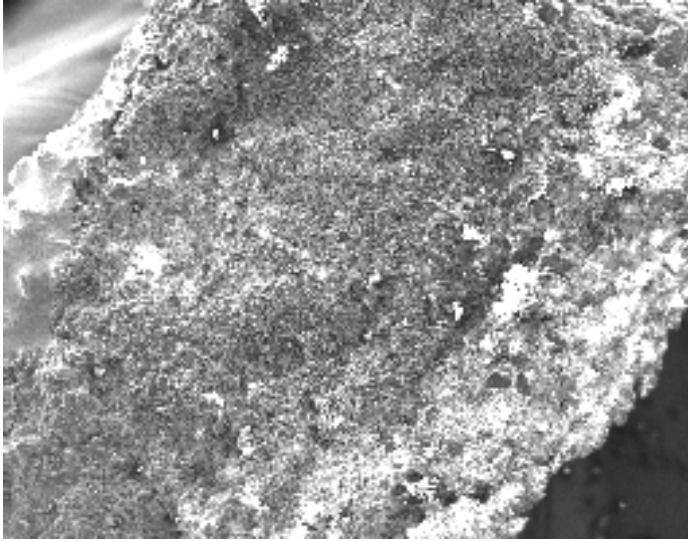


Différentes apparences du gypse qui cristallise suite à la dissolution du calcaire par réaction à l'acidité des pluies. La texture imbriquée permet le piégeage de corps étrangers: le zinc dissous des toitures

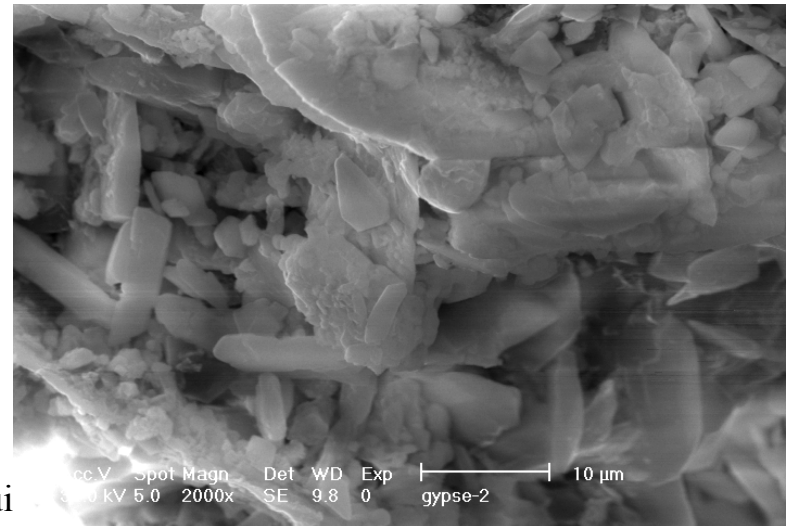


BA CAEN - 7 Juill

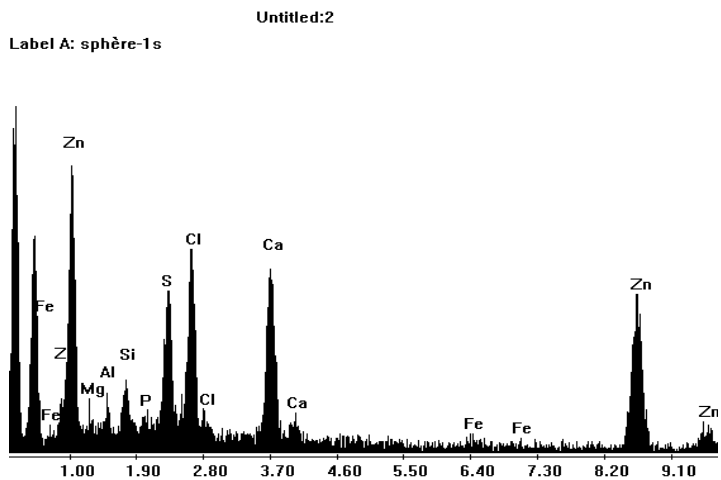
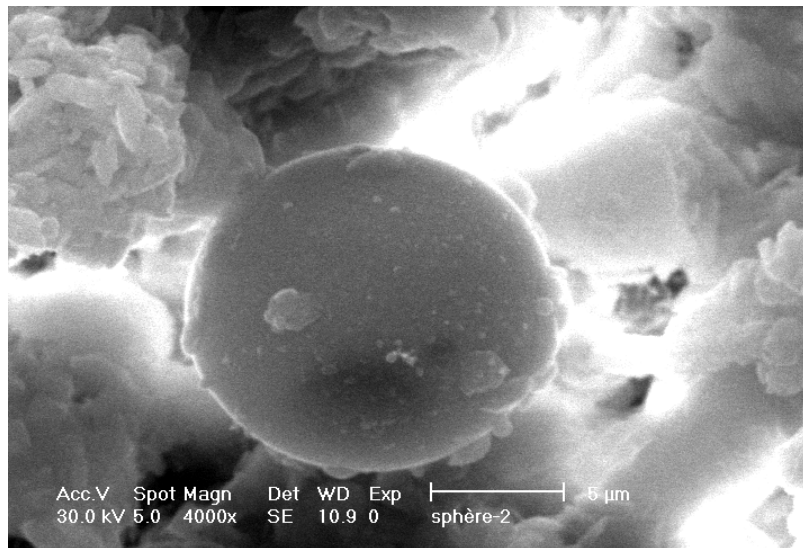
Cristallisations de gypse pouvant pénétrer sur plusieurs mm à l'intérieur du calcaire



MEBA CAEN - 7 Jui

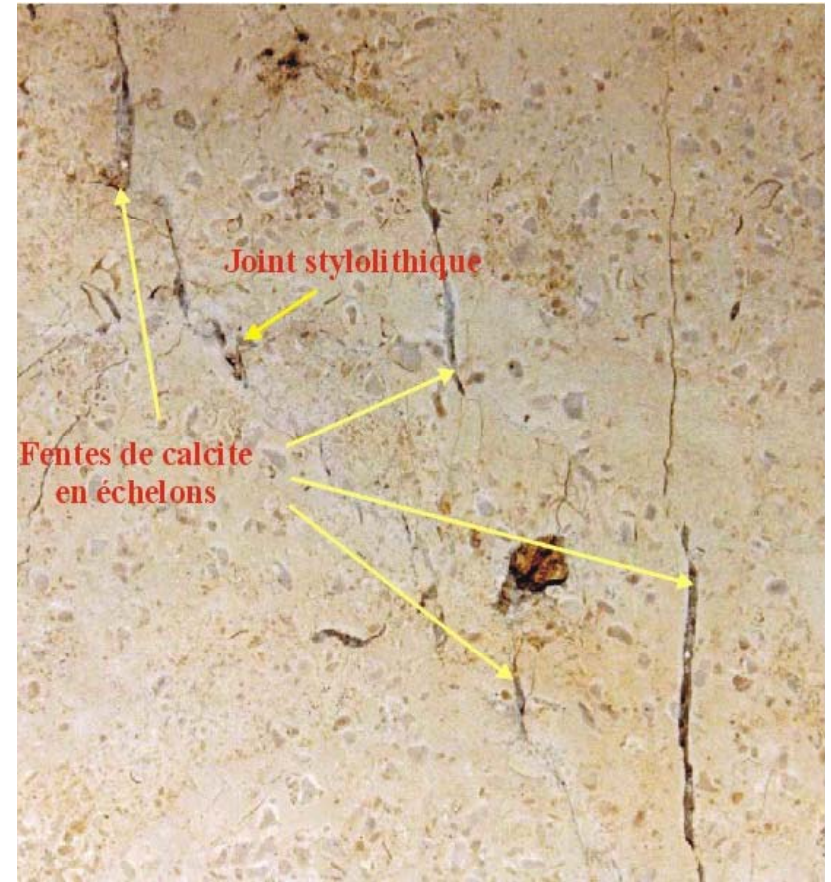


La texture imbriquée du gypse permet le piégeage de corps étrangers: des sphérules de pollution

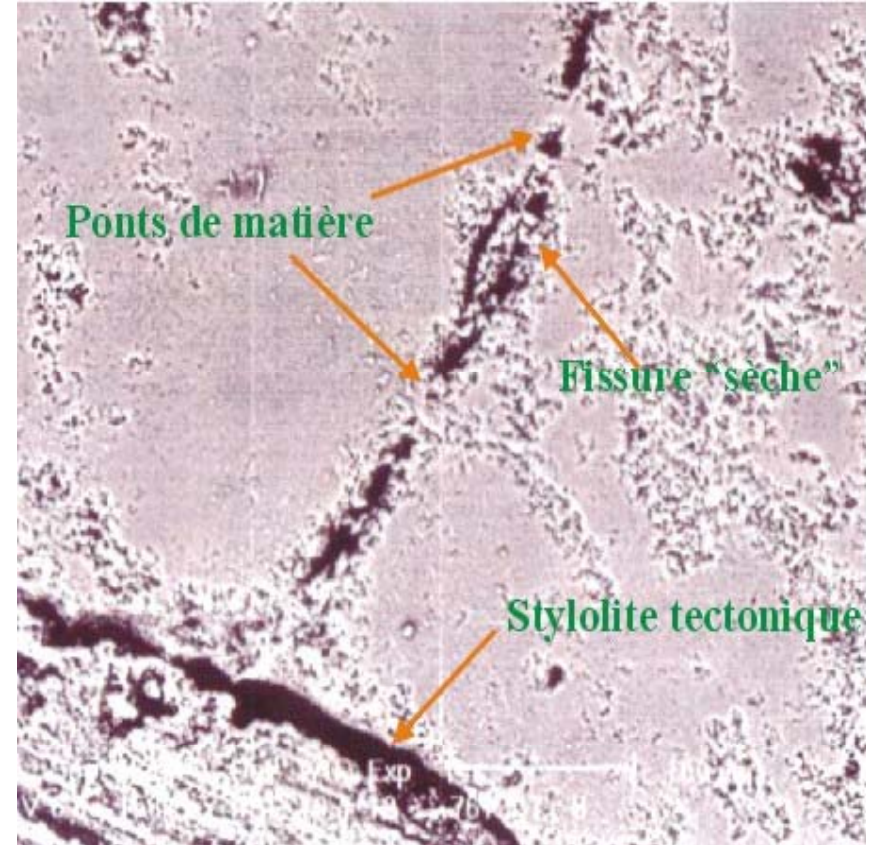
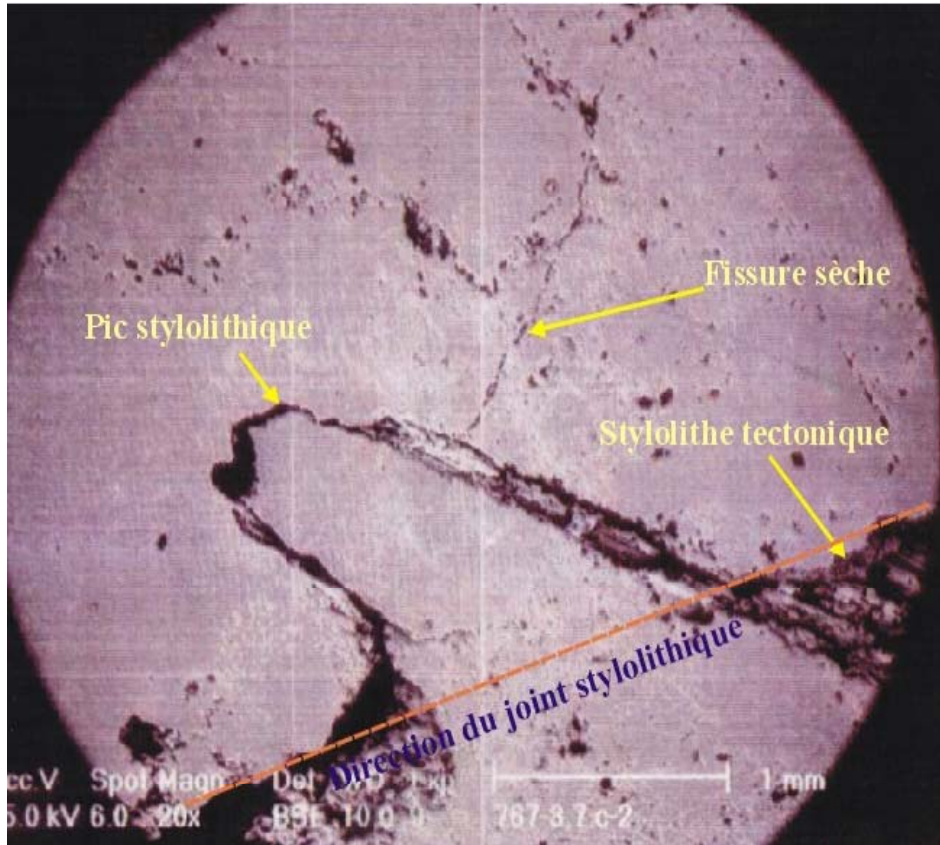




Problèmes de malfaçons ou bien de mauvais choix de matériaux sur les édifices actuels



L'histoire tectonique de la roche avant son utilisation
doit être prise en compte



Conclusions

La conservation et la restauration des monuments historiques en pierre se situent au carrefour de plusieurs disciplines scientifiques

- Recherche bibliographique, historique, iconographique
- Connaissances des anciennes interventions
- Techniques de traitement (nettoyage, consolidation, protection), de moulage...
- Eviter le « mélange des genres »



GN-M



