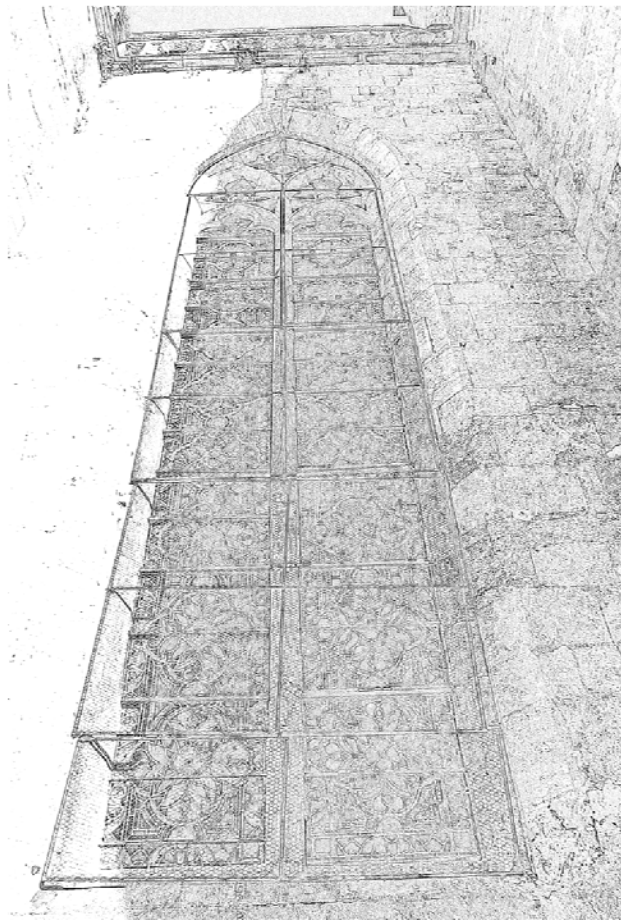


Etude de la pierre des meneaux de la collégiale Saint-Etienne de Capestang

Analyse pétrographique, recherche de l'origine et de pierres de substitution



7 février 2016

*Henri de la Boisse
Pierre et Monuments*

SOMMAIRE

Introduction	p.3
Prélèvement des échantillons	p.3
Analyses pétrographiques	p.5
Echantillon P2	p.5
Echantillon P3	p.7
Echantillon C4	p.9
Origine de la pierre des meneaux	p.10
Pierres de substitution	p.12
En résumé	p.16

A la demande de Monsieur Frédéric Fiore, Architecte du Patrimoine, une étude a été menée sur deux échantillons de meneaux de la collégiale Saint-Etienne de Capestang en vue de leur caractérisation pétrographique, de leur origine, et de la recherche de pierres de substitution pour leur restauration.

Prélèvement des échantillons

Les meneaux présentent en première approche un même aspect pétrographique sur tout le monument, excepté au niveau de ragréages partiels ou complets (façade Nord de la chapelle XV°). Un prélèvement des échantillons par carottage par la société Ingemat était prévu mais l'état de fracturation et de délitement des meneaux dû à l'oxydation du barreaudage (Ph.1, 2 et 3) était tel que nous y avons renoncé pour ne pas provoquer leur effondrement partiel ou complet.



Photos 1,2 et 3: Eclatement des meneaux sur les baies de la façade Sud (gauche) et du chevet (droite).

Nous nous sommes donc rabattus sur trois importants débris de meneaux, bien reconnaissables à leur forme, ayant chuté et se trouvant déposés au sol aux abords Sud du monument (Ph. 4 à 9). Ces trois débris présentent des faciès identiques, variant uniquement légèrement par la taille du grain. L'échantillon P1, le plus volumineux, a servi aux mesures pétrophysiques de Monsieur JL.Grunenwald (société Ingemat, voir le rapport). Dans les deux autres ont été prélevés les échantillons P2 et P3 (au grain le plus fin) pour l'étude pétrographique.



Photos 4 à 9: Morceaux de meneaux sur lesquels ont respectivement été prélevés les échantillons P1, P2 et P3 (de haut en bas).

De plus étant donné que les volumes d'échantillons recueillis ne permettaient pas de mener les tests pétrophysiques dans les normes nous avons décidé avec Monsieur Grunenwald de prélever quatre carottes dans le parement sur des moellons présentant un faciès le plus approchant de celui des meneaux. Ces carottes (C1 à C4) ont été forées dans une pierre à proximité de la porte de la sacristie (Ph. 10 et 11). Une rondelle de la carotte C4 a été mise de côté pour vérifier que le faciès du moellon était pétrographiquement très voisin de celui des meneaux.



Photos 10 et 11: Prélèvement des carottes C1 à C4.

Analyses pétrographiques

Echantillon P2

Il se présente *macroscopiquement* (Ph.12 et 13) comme un calcaire coquillier à grain moyen à fin millimétrique, de couleur gris très clair, à cassure blanche granuleuse et patine ocre clair. Quelques rares bioclastes de taille plus importante (<2 mm) que la moyenne se détachent sur un fond très homogène. Une fine porosité (~ 0,1 mm) se décèle dans la roche, répartie de manière assez régulière. A plus grande échelle on distingue un litage par des variations stratigraphiques de couleur avec des lits plus ocres, dûs à une présence plus importante d'oxydes de fer.

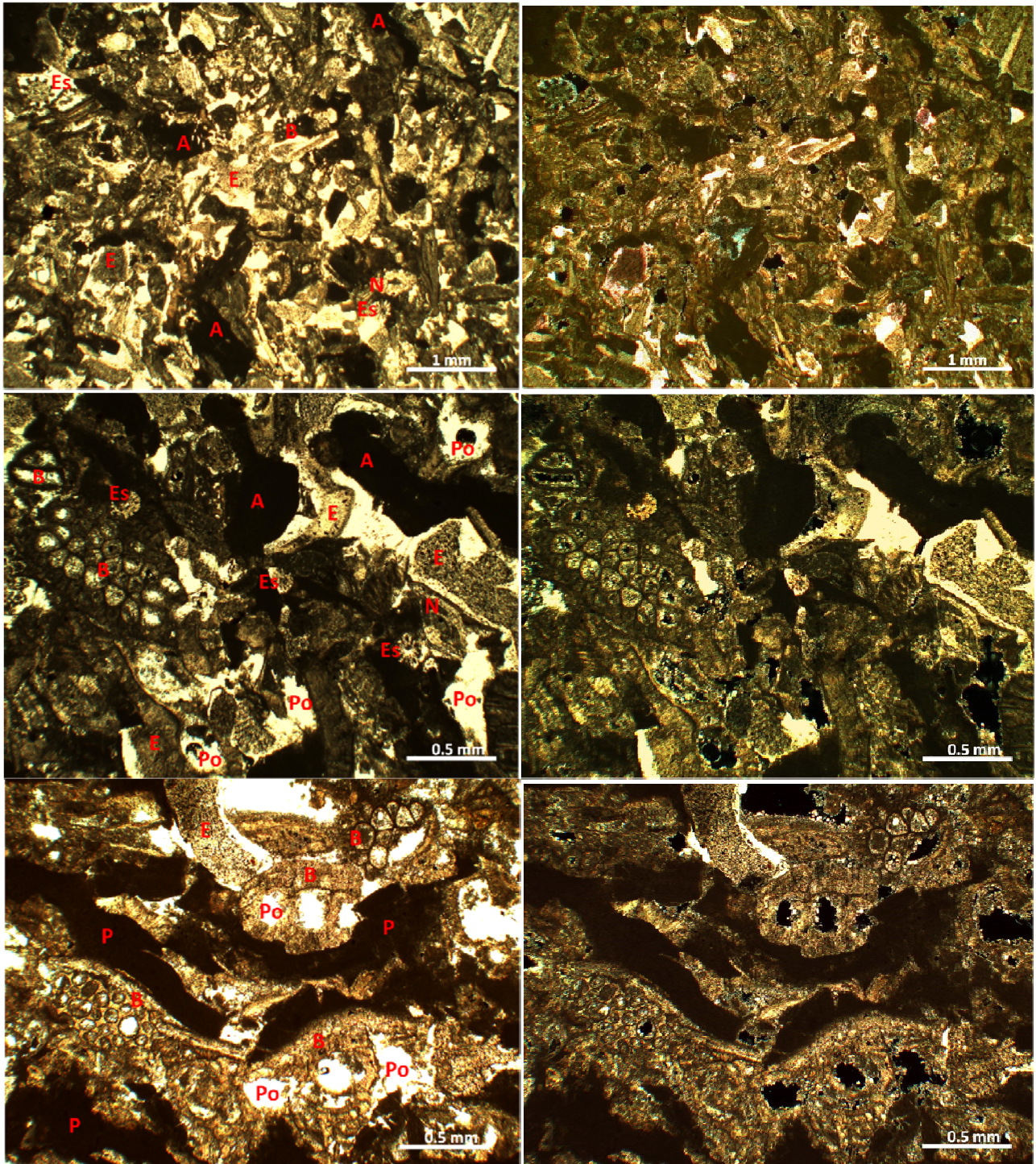


Photos 12 et 13: Aspect macroscopique de surface et à la cassure de l'échantillon P2.

En lame mince au microscope (Ph.14 à 17) l'échantillon dévoile sa texture basée sur un enchevêtrement de bioclastes, de taille correspondant au grain de la roche, entre 0,5 et 1 mm. Parmi ceux-ci on distingue, par ordre d'abondance, des débris de forme souvent globulaires d'algues rouges (Mélobésiées ou Corallinées?) (A), des morceaux de plaques d'échinodermes (E) entourées de croissance épitaxique de calcite comme les spicules d'oursins (Es), des restes de Bryozoaires (B), des Nummulites (N), des débris de lamellibranches fins non déterminables...

Des pores (Po) sont présents en faible quantité (<5% du volume) et sont de taille voisine du millimètre, avec des parois soulignées par un liseré de microspar. Ils sont observables dans les cavités des bioclastes. Le fond de la roche et sa cohésion sont assurés par un très faible volume de microspar et de micrite joignant les bioclastes.

A la suite de cette analyse la roche de l'échantillon P2 peut être décrite comme une Biocalcarénite et classée comme un Packstone dans la classification de Dunham. Cette roche s'est formée à l'ère tertiaire, au Miocène (et plus précisément au Burdigalien) dans un environnement marin côtier de faible profondeur et d'énergie moyenne à forte, sous climat tropical.



Photos18 à 23: Aspects de l'échantillon P2 au microscope à deux grossissements différents. A gauche lumière "naturelle" (LN), à droite lumière polarisée (LP). Annotations: voir texte.

Echantillon P3

Le calcaire coquillier lité de l'échantillon P3 présente macroscopiquement les mêmes caractéristiques de couleur, de patine, d'homogénéité et de texture granuleuse à la cassure que l'échantillon P2, mais avec un grain légèrement plus fin, submillimétrique en moyenne (Ph.24 et 25). Sur la photo 25 apparaissent aussi plus nettement dans la stratification de fins lits ferrugineux de couleur ocre, déjà présents mais moins visibles dans l'échantillon précédent.



Photos 24 et 25: Aspects macroscopiques de l'échantillon P3.

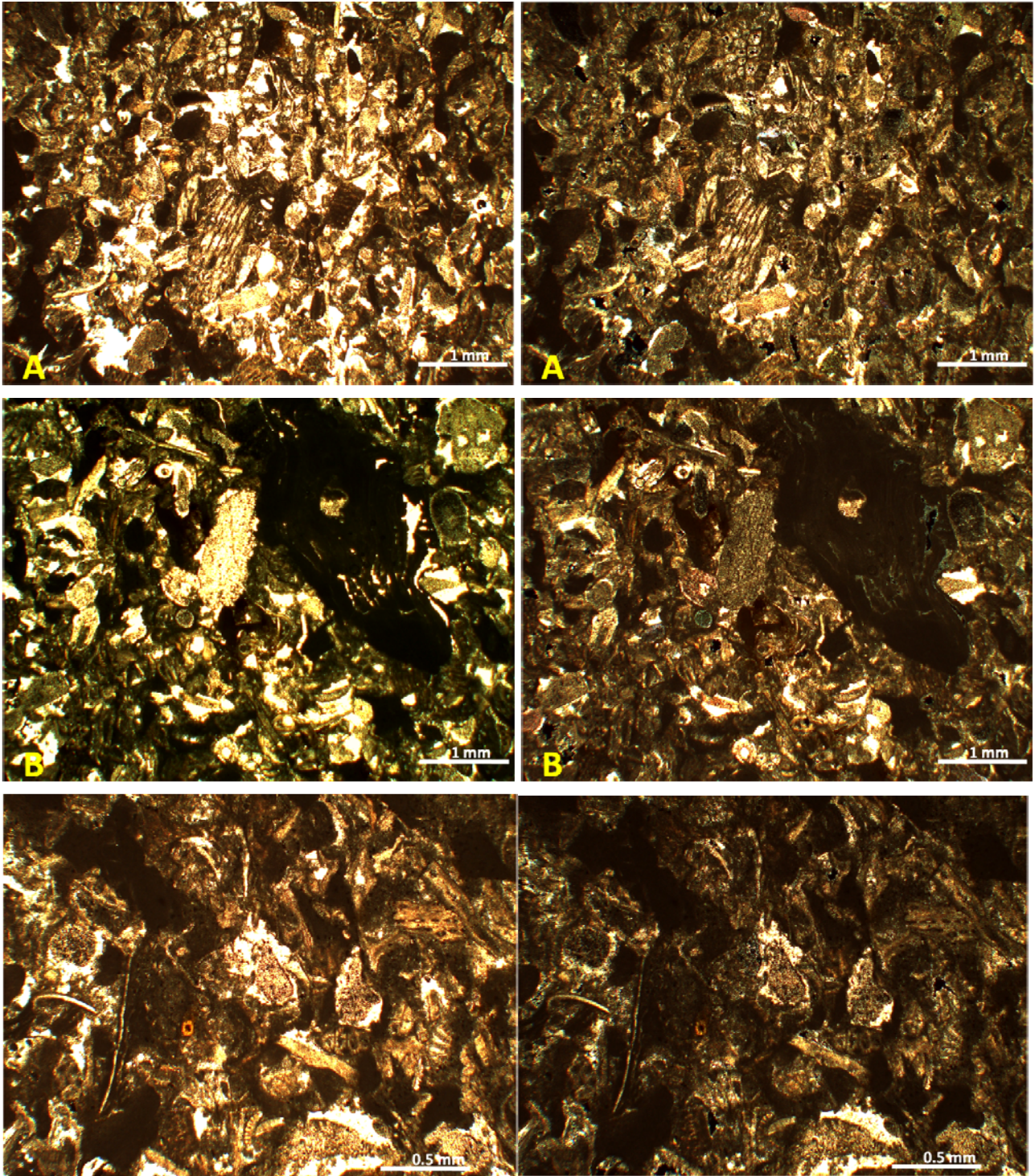
Au microscope on retrouve la même texture de la roche, les mêmes bioclastes (algues rouges, plaques d'échinodermes et spicules d'oursins, restes de bryozoaires, Nummulites, débris de lamellibranches, ostracodes, ...) dans les mêmes proportions que dans l'échantillon P2 (Ph. 26 à 29).

La première différence notable entre les deux échantillons est, comme remarqué macroscopiquement, une taille moyenne du grain inférieure dans l'ensemble de la roche mais pouvant être plus forte et voisine de celle de l'échantillon P2 dans certaines zones minoritaires (Ph.26 à 29, A et B).

On observe aussi dans le fond de la roche à plus fort grossissement (Ph.30 et 31) une proportion de micrite, argileuse, nettement plus abondante, et un nombre plus important de fines passées ferrugineuses.

La roche de l'échantillon P3 peut toujours, comme pour P2, être caractérisée comme une Biocalcarénite et classée comme un Packstone dans la classification de Dunham.

La comparaison des échantillons P2 et P3 permet d'affirmer qu'ils font partie de la même formation et ont la même origine car les différences, ténues, sont inférieures aux variations naturelles des dépôts dans le même environnement.

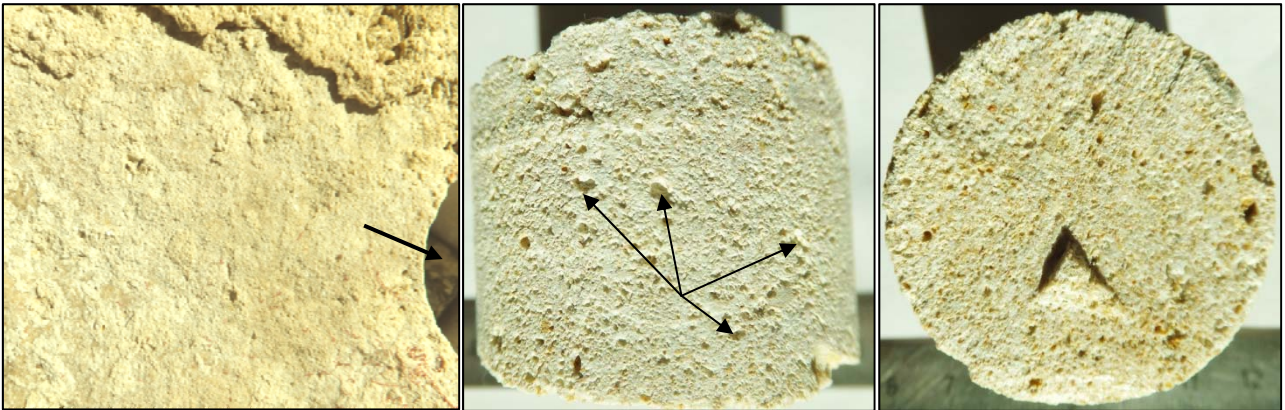


Photos 26 à 31: Aspects de l'échantillon P3 en lame mince (LN à gauche, LP à droite). La taille moyenne du grain de la roche est illustrée par les photos A, celle de certaines zones minoritaires de la roche par les photos B.

Echantillon C4

Cet échantillon correspond aux prélèvements (Ph.10 et 11) qui ont été effectués par carottage dans un moellon du parement, à l'aspect macroscopique le plus voisin possible de celui des meneaux, pour pouvoir disposer de suffisamment de matériau pour mener les essais pétrophysiques (masse volumique, porosité, résistance à la compression) effectués par la société Ingemat (voir rapport correspondant).

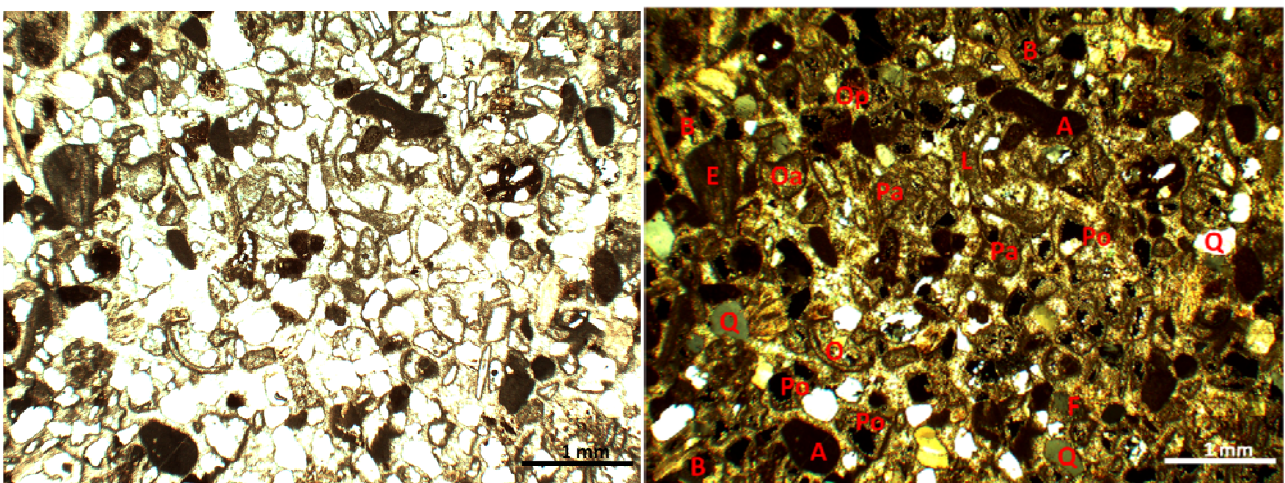
L'échantillon C4 a été analysé pétrographiquement pour vérifier la représentativité de ces prélèvements par rapport à la pierre des meneaux.



Photos 32 à 34: Aspects macroscopiques de la roche en place (flèche: cavité de la carotte) et de la carotte de l'échantillon C4

Macroscopiquement l'échantillon est un calcaire homogène de couleur blanc-ocre, à grain moyen à fin, et présentant sur la carotte outre les bioclastes des grains oxydés et une légère porosité submillimétrique régulière (différente des arrachements dûs au carottage (flèches), non visibles sur la section (Ph. 32 à 34).

Au microscope (Ph.35 et 36) la roche présente un grain de taille très homogène, quasiment équigranulaire (~0.2mm en moyenne).



Photos 35 et 36: Aspects de l'échantillon C4 en lame mince (LN à gauche, LP à droite). Voir le texte pour les annotations.

Ce grain est formé de bioclastes usés (Bryozoaires (B), plaques d'échinodermes (E), de pelloïdes algaires (Oa), de débris d'algues rouges (A), de morceaux de lamellibranches recristallisés en microspar (L), Ostracodes (O), ...). A ces bioclastes s'ajoute une phase détritique assez importante (cependant <15% du volume) formée de grains de quartz (Q) arrondis, de Feldspaths (F) usés plus rares, de grains d'opaques ferrugineux oxydés (Op) et de quelques feuilletés de mica blanc. Des pores (Po) peu nombreux, soulignés par un liseré interne de microspar ou contenant des cristaux de sparite, sont situés dans les cavités des bioclastes.

Le fond de la roche est composé d'un ciment microsparitique en faible quantité exempt de matière argileuse.

La roche composant cet échantillon peut être décrite comme une Biocalcarénite à tendance gréseuse, et classée comme un Grainstone dans la classification de Dunham.

C'est une roche qui se forme dans un environnement côtier de faible profondeur, agité, et dans une zone où les apports détritiques (par fleuve ou courants côtiers) sont relativement importants.

Cette roche peut donc être issue de la même formation que les roches des meneaux (échantillons P2 et P3), d'autant plus que les bioclastes présents sont identiques. Par contre la valeur de la porosité ouverte, deux fois moindre, ne permet pas de l'utiliser pour préciser ce caractère de la pierre des meneaux. C'est ce qui avait été remarqué par JL. Grunenwald lors des mesures qu'il avait effectuées (Voir Rapport Ingemat et Tab.1). Il faut d'ailleurs rappeler ici que les résultats sur la pierre du meneau, basés sur une seule mesure, doivent être considérés par rapport aux normes (moyenne de trois mesures) comme des estimations.

	Masse volumique apparente	Masse volumique réelle	Porosité ouverte	Résistance à la compression
Parement	2.108 t / m ³	2.449 t / m ³	13.9 %	25 MPa
Meneau	1.905 t / m ³	2.688 t / m ³	29.1 %	---

Tableau 1: Rappel des résultats obtenus dans l'étude Ingemat par JL. Grunenwald.

Origine de la pierre des meneaux

La provenance des différentes pierres présentes sur les parties XIV° et XV° de la Collégiale a été déterminée lors de l'étude de 2004 qui avait conclu que les différents faciès de calcaires coquilliers provenaient tous de l'ancienne carrière de La Roque, située cinq kilomètres au sud de Capestang, en bordure de l'étang et reliée à la ville par un ancien canal gardé dont les restes sont encore visibles (Fig.1). Ces roches appartiennent à une formation côtière d'âge Miocène, plus précisément Burdigalien (m2b et couleur jaune rayée sur la carte géologique).

Mais comme on le voit sur la figure 1 le haut du front de taille est occupé par un lotissement et ne permet pas d'envisager une extraction pour la restauration... Il faut donc se tourner vers une pierre de substitution.

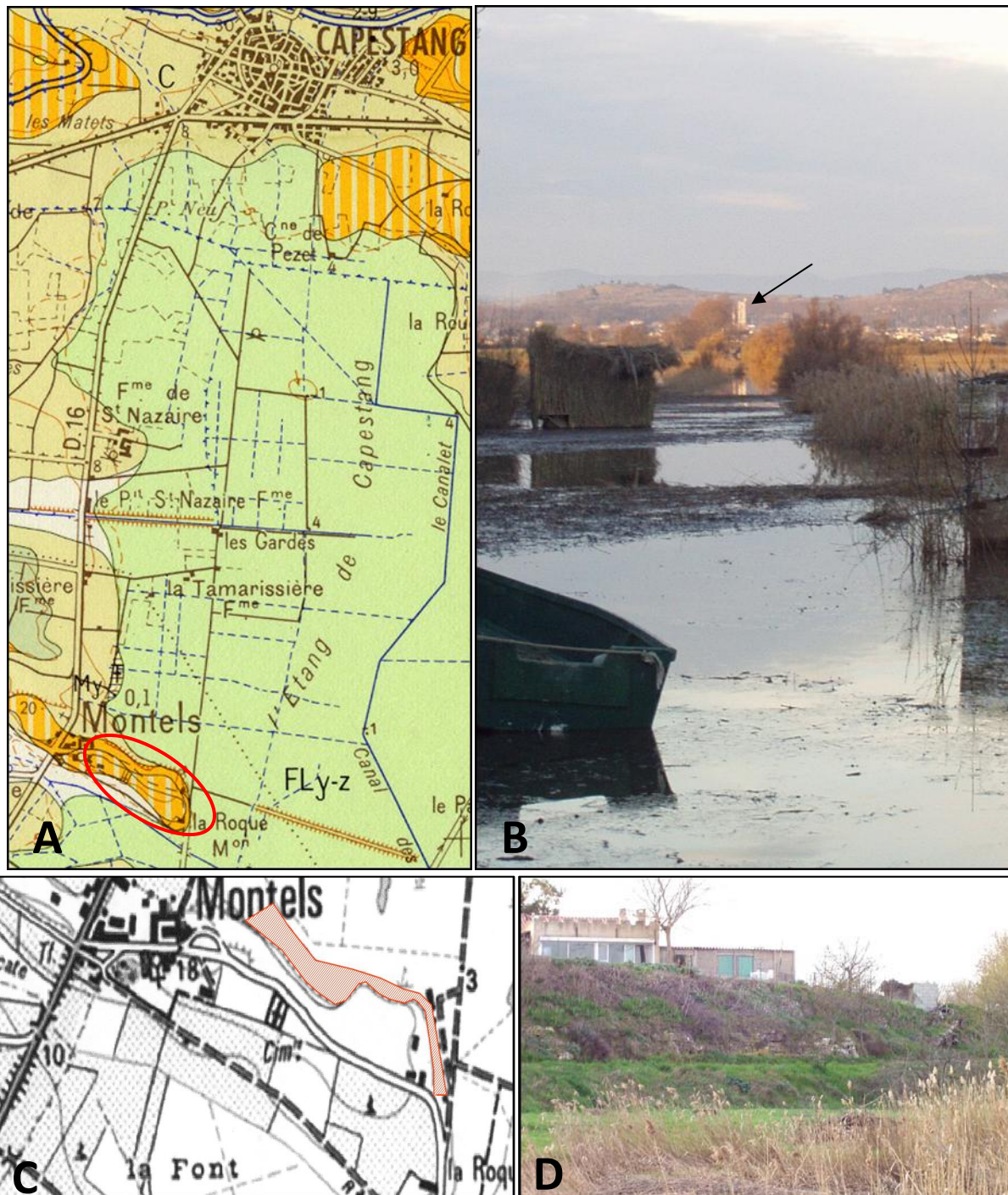


Figure 1: Emplacement de l'ancienne carrière de La Roque (A) sur la carte géologique au 1/50.000 (BRGM); B: vue de l'ancien canal (bien visible sur la carte A) menant vers la collégiale (clocher: flèche); C: surface du décaissement en rouge; D: aspect actuel du front de taille principal.

Pierres de substitution

A proximité de Capestang la seule possibilité d'extraction en carrière de la même formation burdigalienne serait, si elle est encore possible à la demande et en petites quantités, celle de Bréguines. Mais les caractéristiques pétrographiques des bancs susceptibles d'être exploités actuellement ne sont pas assez proches de celles de la pierre des meneaux.

En recherchant des pierres compatibles dans des formations de même âge et d'environnement de dépôt voisin trois autres sources apparaissent possibles: la pierre d'Aumes, celle de Beaulieu, et la pierre du Lubéron (Espeil, Ménerbes, Ménerbes fin (Cabéran) et Estailades).

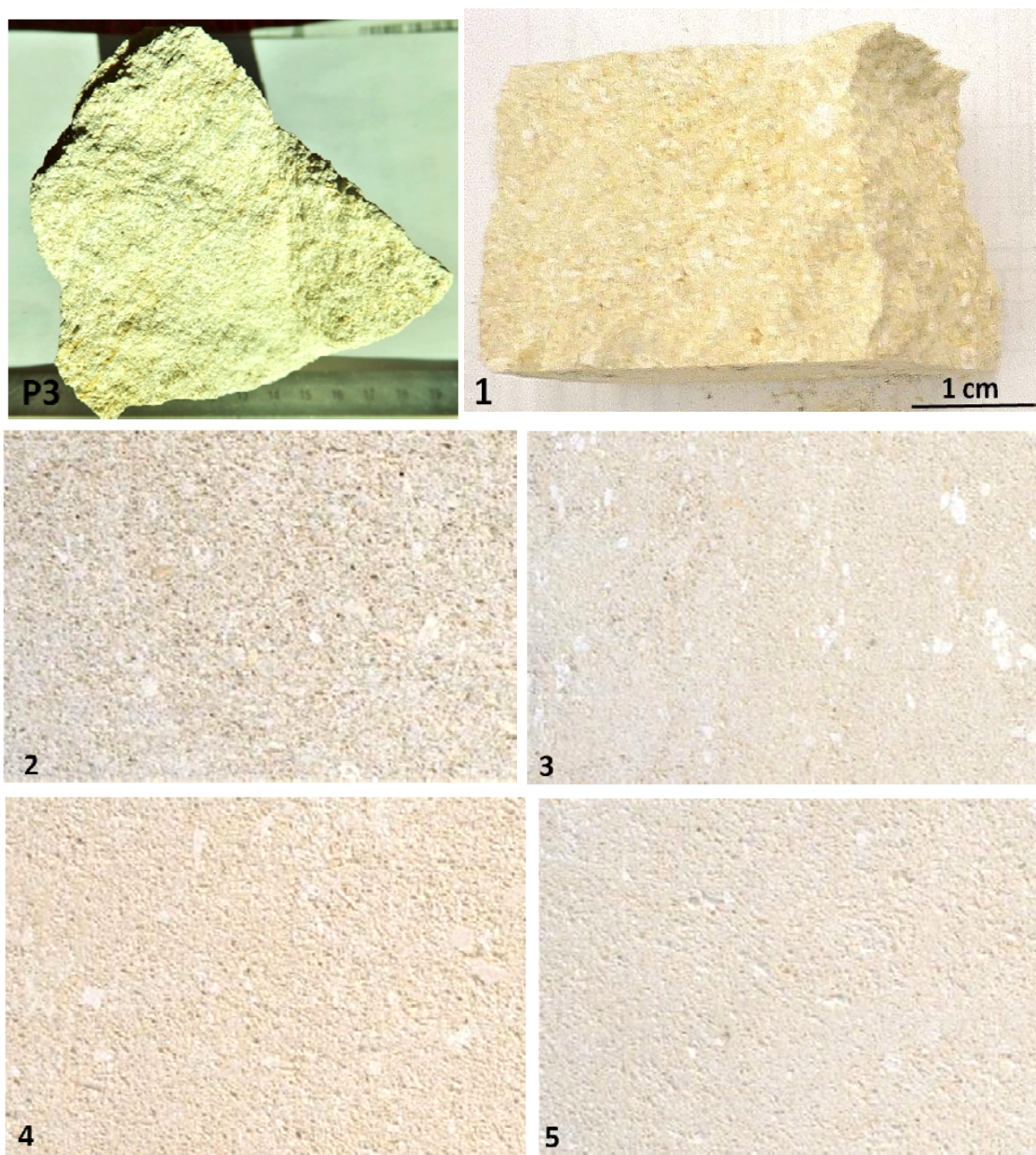


Planche 1: aspects macroscopiques des pierres de substitution possibles: Echantillon du meneau P3; 1: pierre de Beaulieu; 2: pierre d'Espeil; 3: pierre de Ménerbes; 4: pierre de Cabéran (Ménerbes fin); 5: pierre d'Estailades (2,3,4 et 5 documents Entr.Serre Frères).

La pierre d'Aumes présente une proportion d'argile relativement trop importante pour présenter les caractéristiques mécaniques demandées par l'étroitesse des meneaux et fournir une bonne durabilité.

Les autres pierres manifestent de bonnes ressemblances macroscopiques avec celle des meneaux (Pl.1), et montrent au microscope une composition identique des natures des bioclastes et de la texture de packstones (Pl.2). Les données pétrophysiques de base sont plus variables (Tab.2), ces variations provenant essentiellement de celle des proportions des constituants, de la porosité, et surtout de l'intensité de la recristallisation du fond de la roche.

La taille du grain de la pierre de Beaulieu est plus forte que celle du faciès dominant des meneaux et présente macroscopiquement, sur un fond ocre, un aspect tacheté de blanc dû aux nombreux bioclastes en plaques.

L'aspect de la pierre d'Espeil est plus cellulaire, avec une taille de grain et une couleur compatibles. La porosité visible est plus importante, ce que l'on retrouve en lame mince. Cela provient de pores de plus grande taille mais moins nombreux car la mesure de la porosité montre qu'elle est en réalité inférieure. La présence d'une forte recristallisation dans le fond de la roche et celle de grains de quartz détritiques sont des atouts pour sa résistance en compression et surtout pour ses excellents résultats en termes de gélivité.

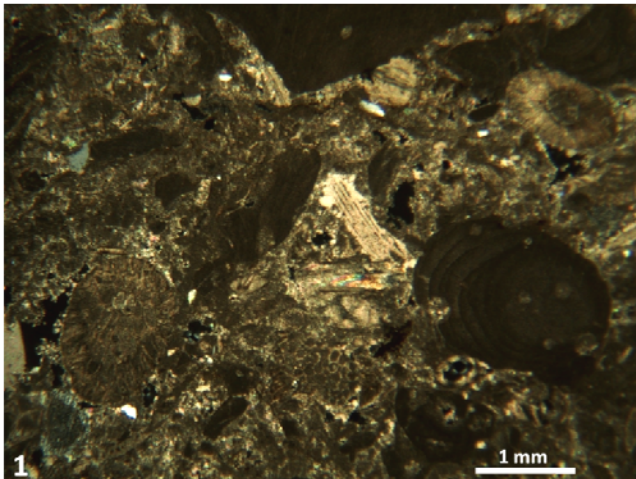
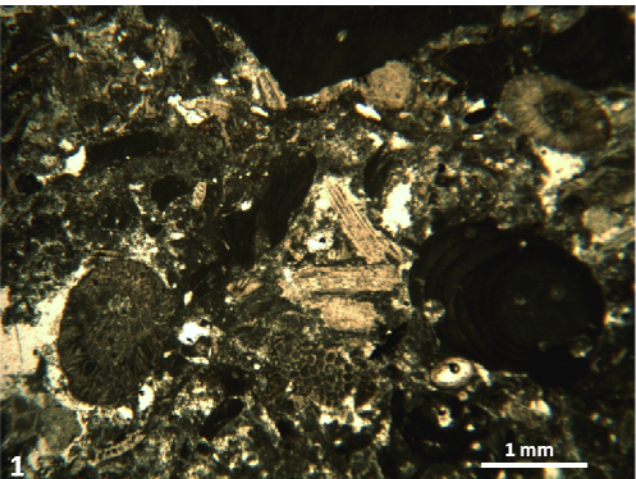
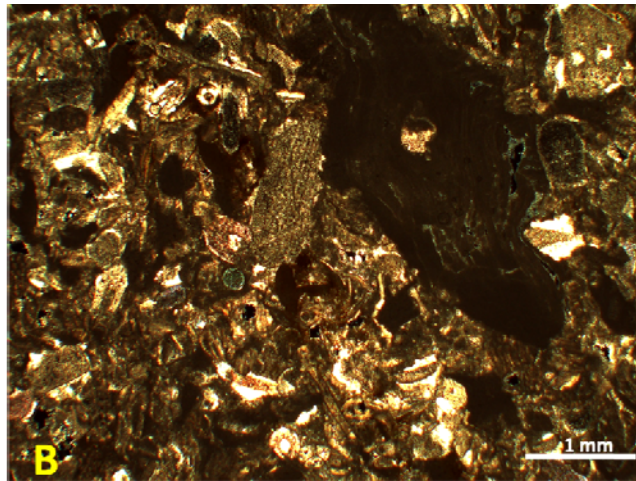
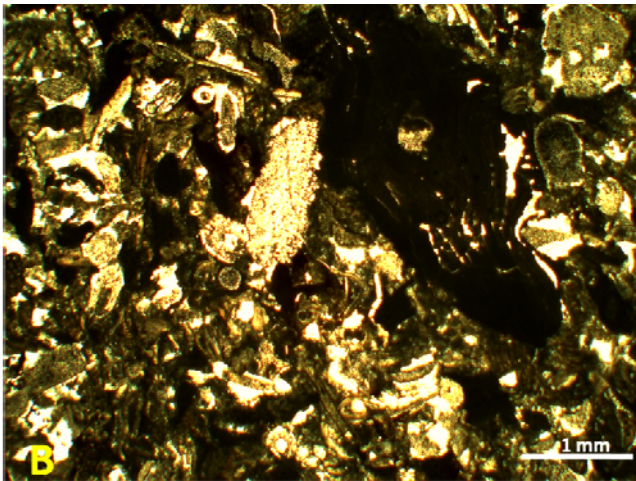
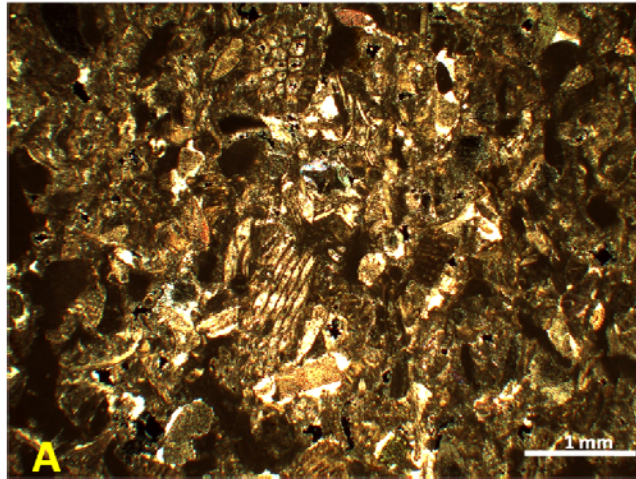
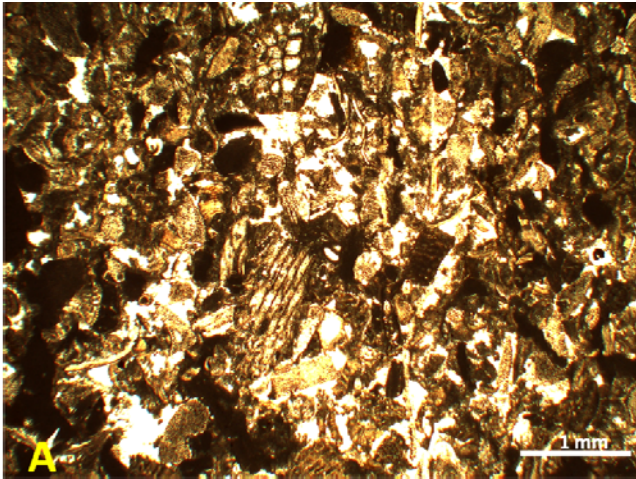
La pierre de Ménerbes présente une proportion d'algues rouges beaucoup plus importante, ce qui se traduit par des taches blanches de grande taille pour l'aspect macroscopique et participe à une variabilité importante de la porosité et de la résistance à la compression. La résistance au gel apparaît aussi relativement faible. En ce qui concerne la pierre de Cabéran fin la faible résistance mécanique et surtout sa gélivité écartent l'utilisation pour la restauration des meneaux, malgré un aspect bien compatible en choisissant un faciès plus ocre.

La pierre d'Estailades enfin montre un grain et une texture voisine de celle des meneaux, mais sa couleur est trop claire et sa patine risque d'être trop éloignée... La taille plus importante des pores induit aussi une résistance à la compression moyenne et une gélivité forte.

Cette comparaison des pierres candidates à la substitution pour la restauration des meneaux permet de mettre en évidence le choix préférentiel de la **pierre d'Espeil**, qui par ailleurs aurait déjà dans le passé été utilisée à cet effet (Mr. Hafner, comm. pers).

	Masse volumique apparente	Porosité ouverte	Résistance à la compression	Gélivité (cycles)
Meneau ⁽¹⁾	1.905 t/m ³	29.1 %	---	---
Beaulieu ^(2,5)	1,870 à 1,910 t/m ³	29,2 à 30,7 %	17 MPa	36
Espeil ^(4,3)	1,929 à 1,942 t/m ³	23,2 à 25.1 %	16 à 23 MPa	126
Ménerbes ⁽⁴⁾	1,750 à 1,940 t/m ³	28.2 à 35.2 %	9.6 à 18.4 MPa	24
Cabéran ^(4,3)	1,810 à 2,080 t / m ³	23,3 à 33,6 %	11 à 11,7 MPa	10
Estailades ⁽⁴⁾	1,910 à 1,990 t/m ³	26.3 à 29.3 %	13.8 MPa	24

Tableau 2: Comparaison des principales données pétrophysiques. Sources: 1 Rapport Ingémat; 2: Site Farruseng; 3: Site Monumat; 4: Site Serre-frères; 5: Site Proroch.



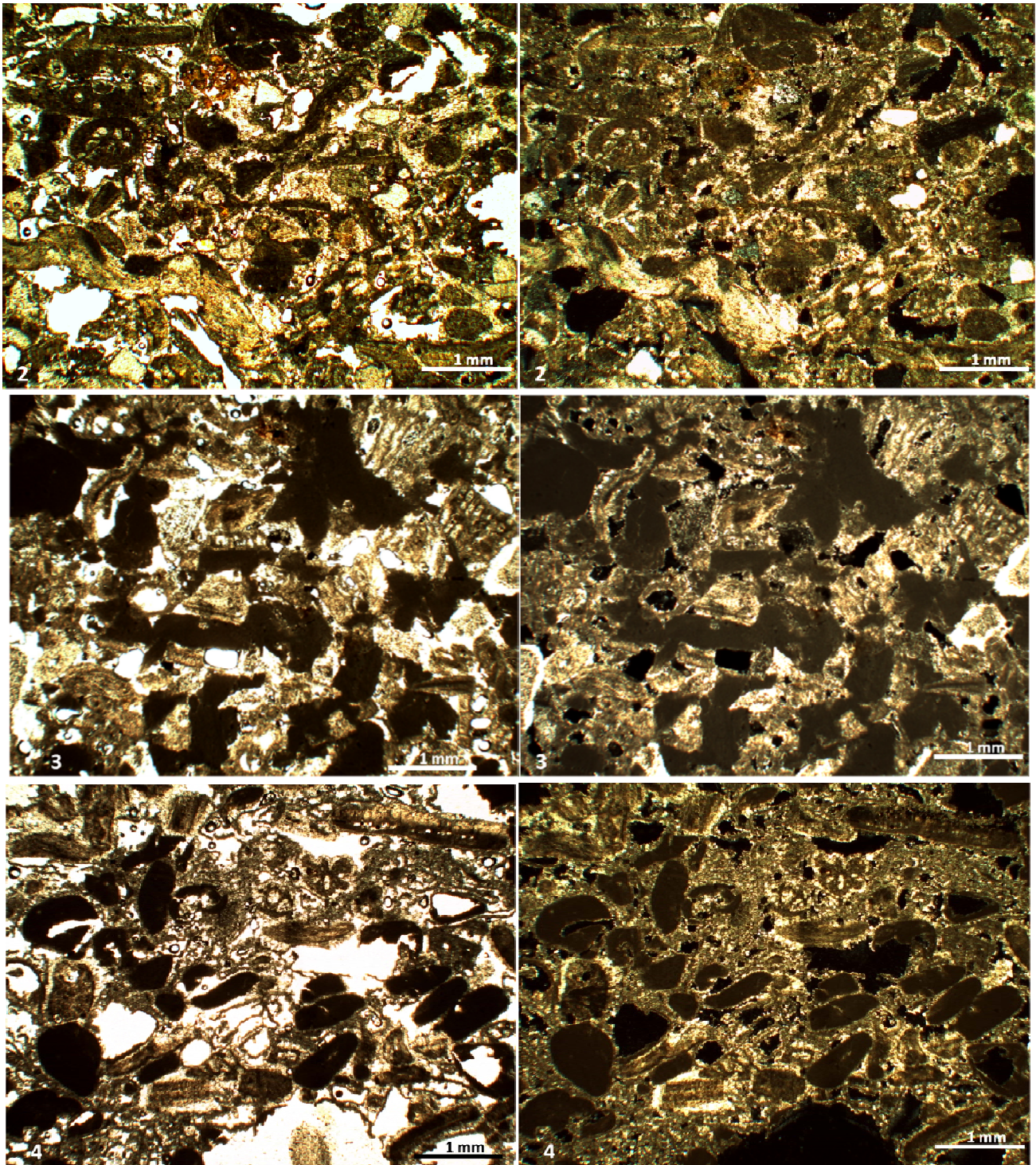


Planche 2: comparaison des différentes pierres envisageables en lame mince: A: faciès dominant des meneaux; B: faciès mineur à grain plus gros des meneaux; 1: pierre de Beaulieu; 2: pierre d'Espail; 3: pierre de Ménerbes; 4: pierre d'Estailades (LN à gauche, LP à droite).

En résumé:

Les meneaux de la collégiale Saint-Etienne de Capestang présentent en première approche un même aspect pétrographique sauf aux endroits de ragréage partiel ou complet.

Les résultats de l'étude pétrographique menée sur deux échantillons tirés de deux fragments de meneaux différents, retrouvés brisés au sol, montre une belle identité de nature et de faciès, la seule différence notable correspondant à une légère différence de la taille du grain. Cette identité montre que les pierres sont issues de la même formation géologique. On peut les décrire comme des Biocalcarénites et les classer comme des Packstones dans la classification de Dunham. Ce sont des roches issues d'un dépôt de sédiments carbonatés dans un environnement côtier de faible profondeur, d'énergie moyenne à forte, sous climat tropical, pendant le Miocène et plus particulièrement le Burdigalien.

L'analyse pétrographique d'un troisième échantillon provenant des carottes destinées aux mesures pétrophysiques dans un moellon du parement, pour vérifier leur adéquation à la pierre des meneaux a révélé une nature légèrement différente, correspondant à une Biocalcarénite à tendance gréseuse. Les mesures effectuées par Ingemat sur ces carottes ne peuvent donc pas leur être directement affectées. On ne peut donc tabler que sur les mesures partielles faites sur un des débris de meneau.

L'origine des pierres des meneaux peut être attribuée, comme celle des tous les autres calcaires coquilliers présents sur les parties XIV° et XV° de la Collégiale, à l'ancienne carrière de La Roque, située cinq kilomètres au Sud de Capestang et retrouvée lors de l'étude de 2004.

Une nouvelle extraction n'y étant plus envisageable du fait de la présence d'un lotissement récent il faut se tourner vers la recherche d'un pierre de substitution.

L'étude de sept pierres pouvant présenter les caractéristiques idoines (Bréguines, Aumes, Beaulieu, Espeil, Ménerbes, Cabéran et Estailades) aboutit à la préférence de la pierre d'Espeil, basée sur sa bonne compatibilité générale (aspect, texture, composition, porosité,...) et surtout sur sa bonne résistance mécanique (nécessaire au vu de l'élançement et de la finesse des meneaux) et ses excellents résultats en terme de gélivité. Un choix de la pierre d'Espeil extraite devra être effectué en carrière.

Références citées dans le texte:

2004 - *Rapport sur la caractérisation et l'origine des matériaux de la Collégiale Saint-Etienne de Capestang*, Henri de la Boisse et Muriel Planas, Equipe Pierre et Monuments, CNRS et Université Montpellier II. Document Cabinet D.Larpin.

2015 - *Essais de caractérisation physique et mécanique d'une pierre en oeuvre - Eglise Collégiale Saint Etienne de Capestang*, JL. Grunenwald/INGEMAT. Document Cabinet F.Fiore.