

République Française



Ministère de l'Industrie, des P et
et du Commerce Extérieur



AQUITAINE

**Convention Pluriannuelle
Région Aquitaine BRGM**

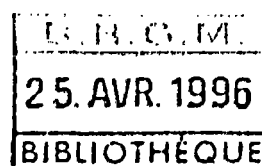
R E G I O N



AQUITAINE

document public

Recherche de pierres pour la rénovation des monuments historiques d'Aquitaine



Février 1994



Service public

SERVICE GEOLOGIQUE REGIONAL AQUITAINE

Avenue Docteur A. Schweitzer – 33600 PESSAC

**Convention Pluriannuelle
Région Aquitaine BRGM**

document public

**Recherche de pierres pour la rénovation
des monuments historiques d'Aquitaine**

**G. KARNAY
P. MARTEAU**

**R 37987 SGN SP 94
Février 1994**

SERVICE GEOLOGIQUE REGIONAL AQUITAINE

Avenue Docteur A. Schweitzer – 33600 PESSAC – FRANCE – Tel. 56.37.55.14

RESUME

Dans le cadre de la convention pluriannuelle Région Aquitaine – Bureau de Recherches Géologiques et Minières, le Service Géologique Régional Aquitaine a mis en évidence les besoins et évalué les possibilités d'approvisionnement en pierre pour la rénovation des monuments historiques sites classés et secteurs sauvegardés sur l'ensemble de l'Aquitaine.

Cette étude a été réalisée suivant un découpage géographique correspondant aux 5 départements constituant la Région Aquitaine :

- Dordogne
- Gironde
- Landes
- Lot et Garonne
- Pyrénées Atlantiques

Pour chacun de ces départements, une identification des points sensibles en matière d'approvisionnement en pierre d'origine a permis d'effectuer les recherches de gisements potentiels pour certaines pierres, en particulier la "garluche" des Landes, la "pierre de Mousserolles" et la "pierre de Vianne".

TABLE DES MATIERES

	Pages
INTRODUCTION.....	1
1. DEPARTEMENT DE LA DORDOGNE.....	2
1.1. Le Périgord Blanc, le Nontronnaï et les Causses du Périgord.....	2
1.2. Le Périgord Noir, le Sarladais et le Pays au Bois.....	6
1.3. La rénovation en Dordogne	8
2. DEPARTEMENT DE LA GIRONDE	9
2.1. Le Bourgeais et le Blayais	9
2.2. Le Libournais.....	10
2.3. Le Nord-Ouest de l'Entre-Deux-Mers.....	11
2.4. La vallée de la Garonne.....	13
2.5. La région de St Macaire	14
2.6. Le Bazadais et les Landes du Haut-Ciron.....	15
2.7. La rénovation en Gironde	16
3. DEPARTEMENT DU LOT ET GARONNE	17
3.1. La région de Fumel	17
3.2. Le Néracais et l'Agenais	18
3.3. La rénovation en Lot et Garonne.....	19
4. DEPARTEMENT DES LANDES.....	20
4.1. La Grande Lande, et les Petites Landes de Dax.....	20
4.2. Le Marsan et les Petites Landes de Roquefort	21
4.3. La Chalosse et le Tursan	23
4.4. Le Pays de Seignanx.....	25
4.5. La rénovation dans les Landes	25

5. DEPARTEMENT DES PYRENEES ATLANTIQUES.....	27
5.1. Le Labourd.....	27
5.2. La Basse Navarre	28
5.3. Le Nord du Pays Basque	29
5.4. Le Nord du Béarn.....	29
5.5. La Vallée du Saison.....	31
5.6. La vallée d'Aspe, d'Ossau et la région Sud-paloise.....	32
5.7. La rénovation dans les Pyrénées Atlantiques	34
 6. RECHERCHE DE MATERIAUX DE SUBSTITUTION.....	 36
6.1. La pierre de Vianne	36
6.2. La garluche.....	36
6.3. La pierre de Mousserolles	38
 CONCLUSION.....	 52

Annexe 1 Mesures physiques sur la pierre de Mousserolles

Annexe 2 Iconographie

La présente étude a pu être réalisée grâce à l'aimable participation des personnes suivantes :

Mme ALABERT	Documentaliste à l'IEEB	33000 BORDEAUX
M. ARCADIAS	PDG Soc. TRANS-MINERAL	17620 ST AGNANT
M. BECMEUR	Architecte des Bâtiments de France	64600 ANGLET
M. BERGEOT	Exploitant agricole	40210 COMMENSACQ
M. BERGER	Ets DAGAND	33200 BORDEAUX CAUDERAN
M. BORDE	Carrières LARGE-BORDE	21310 PAUSSAC ET ST VIVIEN
M. CHENE	Chef d'agence Ent. DAGAND	24000 PERIGUEUX
M. COLAS	Architecte en chef des Monuments historiques des Départements de la Gironde et des Landes	
M. CONSTANT	Carrières CONSTANT	95290 L'ISLE-ADAM
M. DUROUX	Maire de COMMENSACQ	24310 PAUSSAC ET ST VIVIEN
Sté GALLET SA	Carrière Cro-Magnon	40210 COMMENSACQ
M. GARCIA	Entreprise Garcia	24620 LES EYZIES DE TAYAC
M. JALLET	Sté TRANS-MINERAL	33330 SAINT EMILION
M. LALANE	Parc régional des Landes de Gascogne	17620 ST AGNANT
M. MARQUET	Ent. MARQUET	33830 BELIN BELIET
M. D'ORIOLA	Architecte des Bâtiments de France	24650 CHANCELADE
Mme PAYEN	Archicte des Bâtiments de France	40000 MONT DE MARSAN
M. PROUST	Ets RENAUD et fils	24000 PERIGUEUX
M. QUINQUIS	Régisseur du Château de Puyguilhem	47500 BOE
		VILLARS 24530 CHAMPAGNAC
		DE BELAIR
M. RENO	Ets DAGAND	24000 PERIGUEUX
M. TAVERNIER	S.T.B. Les carrières de Bourg	33710 TAURIAC
M. VEZE	Carrières VEZE	24620 LES EYZIES DE TAYAC

INTRODUCTION

Le patrimoine architectural d'Aquitaine est très riche et diversifié. Chaque centre urbain important ou plus modeste porte franchement les parures de son style et de sa personnalité. Bordeaux et St Emilion en Gironde, Périgueux, Sarlat et les châteaux des vallées de la Dordogne et de la Vézère en Dordogne, Agen et Monflanquin en Lot et Garonne, Mont de Marsan et Dax dans les Landes, Bayonne et St Jean Pied de Port dans les Pyrénées Atlantiques et beaucoup d'autres communes constituent des entités architecturales spécifiques à leur environnement. Cette adéquation entre architecture et région proche est soulignée entre autres par la nature des pierres utilisées dans la construction des édifices. Depuis quelques années, d'importants travaux de rénovation ont été entrepris, en particulier à Bordeaux, St Emilion, Mont de Marsan, etc... Ces travaux se sont souvent heurtés à un manque de disponibilité en pierre d'origine, ce qui a parfois conduit à la dégradation de certains édifices ou façades par simple choix malheureux en pierre de substitution. Souvent, les carrières ayant fourni le matériau de construction sont abandonnées ou n'existent plus, quelquefois la pierre d'origine de qualité médiocre ne convient plus pour son utilisation initiale et a donc été remplacée par une pierre fréquemment plus dure et moins poreuse avec un aspect (couleur, texture) parfois très différent de celui de la pierre d'origine.

En matière de rénovation, le choix de la pierre devient très délicat pour les édifices importants, en général constitués de plusieurs types de pierre d'origine très variées pouvant être extra-départementaux, voire même plus lointains. A cet égard, le Grand Théâtre de Bordeaux compte parmi les exemples les plus significatifs : si on excepte les statues, 14 pierres différentes semblent avoir été utilisées par l'architecte Victor LOUIS, dont seule la Pierre de Bourg est encore exploitée de nos jours.

Les spécificités architecturales étant très fortement liées à la situation géographique, la présente étude a été abordée au niveau de chacun des 5 départements constitutifs de la Région Aquitaine.

1. DEPARTEMENT DE LA DORDOGNE

Dans le département de la Dordogne, plusieurs secteurs semblent s'individualiser suivant des zones géographiques dans lesquelles les critères de style architectural, de type de pierre utilisé, de pente des toitures, etc... convergent pour former une entité spécifique proche de la notion de terroir.

Ainsi, le Nord-Ouest du département correspondant au Périgord blanc (région de Périgueux - Brantôme - Marcuil) montre quelques affinités avec l'Angoumois, en particulier dans le type de pierre utilisé dans la construction des grands édifices. Le Sarladais, la basse vallée de la Vézère et les abords de la vallée de la Dordogne depuis Couze jusqu'à la limite du département du Lot constituent une unité architecturale et géographique à laquelle on peut rattacher la Bessède : c'est pour une grande part le Périgord noir.

A l'Est et au Nord de Périgueux, les terrains du Jurassique inférieur à moyen, du Permien et quelques granits amorcent déjà le passage au domaine cristallin du Massif Central.

1.1. LE PERIGORD BLANC, LE NONTRONNAIS ET LES CAUSSES DU PERIGORD

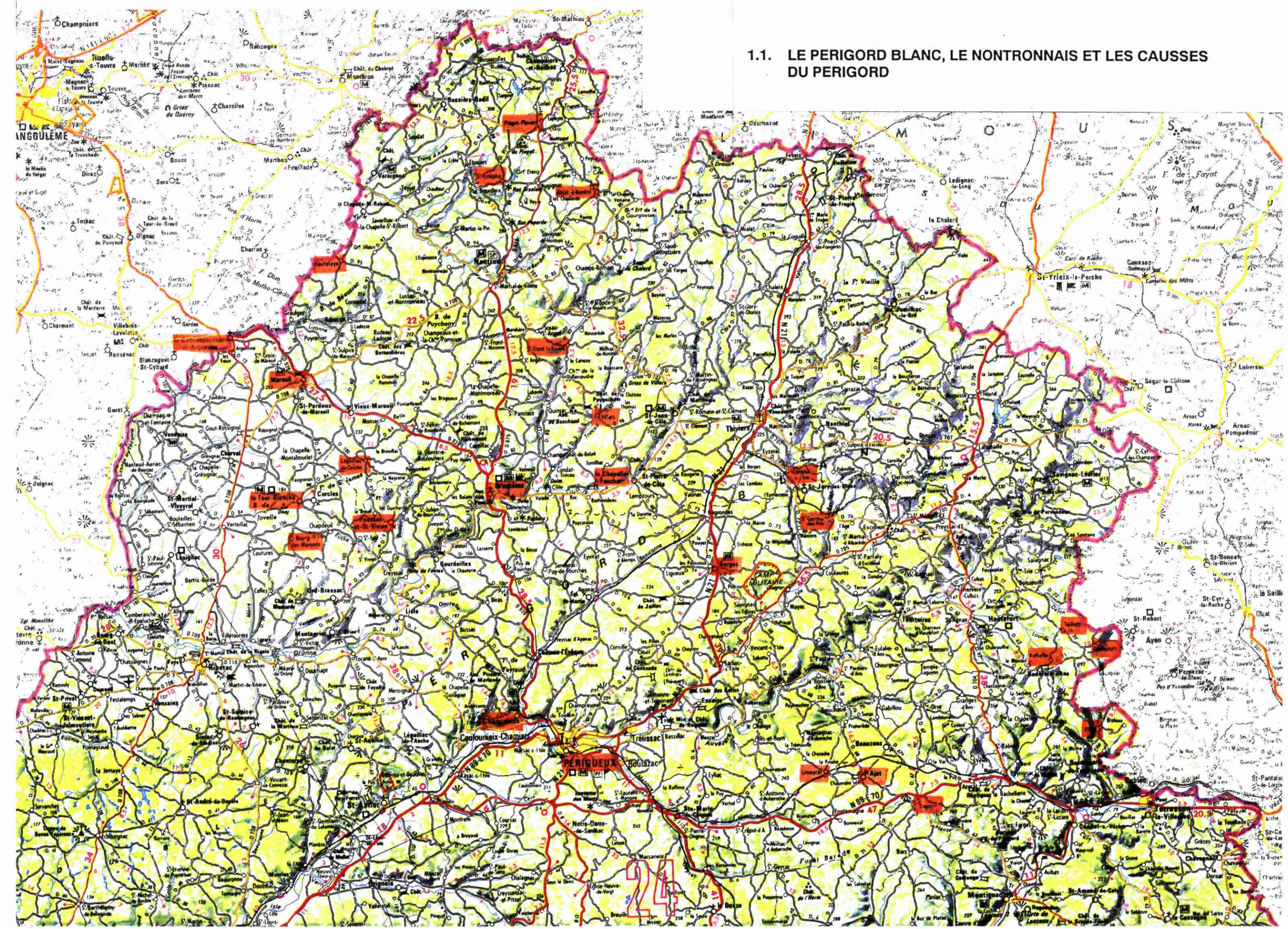
L'essentiel de l'activité est assurée par la Pierre de St Vivien et Paussac et par celle de Chancelade. Les autres pierres sont peu à peu délaissées malgré certaines remises en activité ponctuelles à l'occasion de restaurations particulièrement soignées.

• Pierre de St Vivien et Paussac

La Pierre de St Vivien et Paussac est un calcaire blanc à jaunâtre fin à grossier, à stratifications entrecroisées, et débris de coquilles. Les bancs exploités sur les communes de St Vivien et Paussac constituent les niveaux calcarénitiques du Turonien moyen et supérieur et le niveau blanc du Turonien moyen.

Caractéristiques techniques :	densité :	d = 1,9
	résistance à la compression :	rc = 13 à 16 MPa
	porosité :	p = 26 %

1.1. LE PERIGORD BLANC, LE NONTRONNAIS ET LES CAUSSES DU PERIGORD



- Autres pierres

Dans les environs proches de Paussac et St Vivien, de nombreuses carrières aujourd'hui abandonnées ont exploité des bancs d'âge équivalent et de faciès en général plus fin.

- Pierre de Rochefollet : c'est un calcaire crayeux grisâtre clair à grain fin et moyen exploité sur le territoire de la commune de Leguillac.

d = 1,5 à 1,7
rc = 6 à 7,4 MPa

- Pierre de la Rochebeaucourt : c'est un calcaire blanc bioclastique à très nombreuses cavités.

d = 1,7 à 1,9
rc = 7 à 15,5 MPa
p = 28 à 36 %

- Pierre de Villars : c'est un calcaire crayeux blanchâtre à grain fins d'âge Turonien basal autrefois exploité sur les communes de Villars et Sorges.

- Pierre de la Rochevideau : c'est un calcaire massif blanc, tendre, crayeux, à bioclastes (rudistes) exploité sur le territoire de la commune de la Chapelle Faucher.

- Autres dénominations : Pierre de Brantôme (vallée de la Drôme)
Pierre du Grand Auzeau (Hauteveye)
Pierre de la Tour Blanche (NW de Bourg des Maisons)
Pierre de Marcuil

- Pierre de Chancelade

La Pierre de Chancelade 1/2 dur a été exploitée dès le début du XII^e siècle, puisque l'église St Jean de Chancelade a été bâtie en 1135. La pierre est un calcaire crayeux blanc, massif à Biradiolites lumbricalis d'âge Turonien moyen. Il a été exploité notamment aux carrières Parricot près Chancelade. C'est un niveau équivalent des pierres de Brantôme, la Tour Blanche, Paussac... Les caractéristiques techniques sont sensiblement équivalentes à celles de Paussac.

densité = 1,8 à 2
rc = 9 à 16 MPa
p = 26 à 32 %

L'utilisation de cette pierre dans la construction des édifices s'est progressivement imposée au détriment de la Pierre de Périgueux plus tendre et plus gélive

La Pierre de Chancelade dure correspond à un niveau de calcaire beige très fin, graveleux ou noduleux, à grandes stratifications obliques et larges constructions récifales à rudistes, d'âge Turonien supérieur. C'est une pierre nettement plus dure qui prend le poli, dont le gros de la production est transformé en granulats concassés (carrières des Grèzes – Reymoudeu) et dont une partie est réservée à l'extraction de pierre marbrière (carrière Parricot).

Les caractéristiques techniques sont les suivantes :

$$\begin{aligned}d &= 2,5 \text{ à } 2,6 \\rc &= 62 \text{ à } 132 \text{ MPa (moyenne 97 MPa)} \\p &= 2,6 \text{ à } 8,6 \%\end{aligned}$$

- **Pierre de Périgueux**

La pierre de Périgueux est un calcaire bioclastique assez tendre, blanc verdâtre, finement aréné, très micacé, glauconieux, riche en bioturbations et petits bioclastes. Il est souvent recoupé de niveaux de rognons de silex noirs et brun foncé. L'âge des foraminifères place la pierre de Périgueux au Coniacien supérieur.

Cette pierre tendre de façonnage aisé a été utilisée dès la présence romaine (carrière de la place Francheville) et extraite dans les environs immédiats de Périgueux (les Maurilloux, les Vergnes, les Jambes, Marsac-sur-Isle et Chamiers. Beaucoup de monuments du vieux Périgueux ont été bâtis avec ce matériau : église St Etienne de la Cité, cathédrale St Front et beaucoup d'anciennes maisons du centre historique.

En ce qui concerne la rénovation de la cathédrale St Front, la pierre de Périgueux montre une forte dégradation des parties situées à l'Ouest. Actuellement, les colonnes et les bases des dômes des clochetons sont en cours de rénovation, et remplacés par une pierre plus blanche, plus dure et plus homogène extraite près de Poitiers : la pierre de Chauvigny. C'est un calcaire oolithique blanchâtre d'âge Bathonien ($d = 2,1 \text{ à } 2,3$; $rc = 25,5 \text{ à } 63,6 \text{ MPa}$; $p = 18,7 \text{ à } 21,4 \%$). L'homogénéité de la roche se prête bien au façonnage, mais la formation de la patine de surface est relativement lente et donne un aspect un peu "neuf" aux parties restaurées.

A l'heure actuelle, la pierre de Périgueux n'est plus exploitée et n'a pas de pierre de remplacement, cependant il ne semble pas y avoir de problèmes aigus d'approvisionnement, la récupération satisfaisant apparemment les besoins locaux.

- **Autres pierres**

Dans ce chapitre ont été regroupées les pierres dont l'exploitation a été interrompue en partie ou définitivement et dont l'utilisation dans la construction des édifices n'a pas tenu de rôle déterminant.

Pierre de Thenon

C'est un calcaire oolithique gris cendré à blanc ou jaune paille, à grain fin ou moyen, d'âge Bajocien. Les carrières exploitées sur les communes d'Ajat et Limeyrat ont été définitivement abandonnées, mais les caractéristiques techniques de cette pierre suscitent l'intérêt de certains utilisateurs :

$$\begin{aligned}d &= 2,3 \text{ à } 2,47 \\rc &= 50 \text{ à } 73 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Pierre de St Germain des Prés

C'est un calcaire oolithique blanc, légèrement jaunâtre d'âge Bajocien supérieur à Bathonien basal. La masse n'offre pas de possibilité de blocs de grandes dimensions, mais le matériau convient à une large palette d'utilisation, aussi bien dans le funéraire que dans le bâtiment.

Pierre de Lagrange

C'est le prolongement vers le Nord de la Pierre de St Germain des Prés sur la commune de Corgnac.

Pierre de St Front la Rivière

C'est un calcaire oolithique à grain fin et serré, gris ou blanc rayé de veines jaunâtres d'âge Bajocien supérieur à Bathonien basal.

Les carrières situées sur les coteaux de la vallée de la Drôme ont été réouvertes temporairement avec les carrières de pierre de Villars à l'occasion de la restauration du Château de Puyguilhem.

Pierre de Raffailac

C'est un calcaire dolomitique à grain moyen à fin, parfois oolithique, homogène, de couleur gris-beige à jaunâtre avec quelques filaments de calcite blanche et nodules recristallisés. L'âge de la pierre est Hettangien supérieur à Sinémurien.

Il est exploité pour les besoins de la rénovation et a largement été utilisé pour la restauration du Château de Hautefort.

Ses caractéristiques techniques sont les suivantes :

$$\begin{aligned}d &= 2,23 \text{ à } 2,36 \\rc &= 30 \text{ à } 39 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Granites de la Charelle, Augignac, Piégut-Pluviers

C'est une granodiorite calco-alcaline à biotite (massif de Piégut-Pluviers) à structure équate et grains moyens à grossiers, gris-bleuté à rosé d'âge Namurien (315 ± 14.10^6 ans). Certaines plages montrent une structure porphyroïde à phéno-cristaux d'orthose maclée Carlsbad dont la taille habituelle est de 1 à 4 cm et exceptionnellement 6 cm (près Puybégout et Lacaujamet).

Les qualités techniques sont les suivantes :

$$\begin{aligned}d &= 2,6 \\rc &= 65 \text{ à } 113 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Grès permians

Plusieurs niveaux de grès ont été utilisés comme pierre de taille dans l'habitat traditionnel, notamment les grès rouges de Villac d'âge Autunien dans la région de Villac, la Séchère et la Nouaillette, et les grès rouges de Louignac d'âge Saxono-Thuringien près de Teillots, Coubjours et au Nord-Ouest de Villac.

Ces niveaux gréseux rouges et des grès verts ou bariolés se développent plus franchement à l'Est dans le département de la Corrèze.

1.2. LE PERIGORD NOIR, LE SARLADAIS ET LE PAYS AU BOIS

L'essentiel de l'approvisionnement est assuré par la Pierre de Dordogne constituée de deux niveaux différents du Crétacé supérieur : la Pierre de Sarlat – les Eyzies d'âge Coniacien moyen et supérieur, et la Pierre de Couze d'âge Campanien 4 et 5.

• Pierre de Sarlat – les Eyzies

C'est un calcaire sableux jaune clair, à grain fin, assez homogène d'âge Coniacien moyen à supérieur, exploité au Sud-Est de Sarlat (Pierre de la Combe de Lama) et sur la commune de Vitrac.

La pierre a été largement utilisée pour la rénovation de la ville de Sarlat mais également de nombreux châteaux de la vallée de la Dordogne et de la Vézère.

A Sarlat, les caractéristiques techniques sont les suivantes :

$$\begin{aligned}d &= 1,9 \\rc &= 6 \text{ à } 7 \text{ MPa}\end{aligned}$$

Plus à l'Est, près de Sireuil, les carrières en exploitation ont pris le relais de l'approvisionnement. Le calcaire sableux jaunâtre à grain fin à moyen s'enrichit en débris d'organismes : encrines, spicules d'oursin, lamellibranches, brachiopodes et bryozoaires.

Les caractéristiques techniques sont les suivantes :

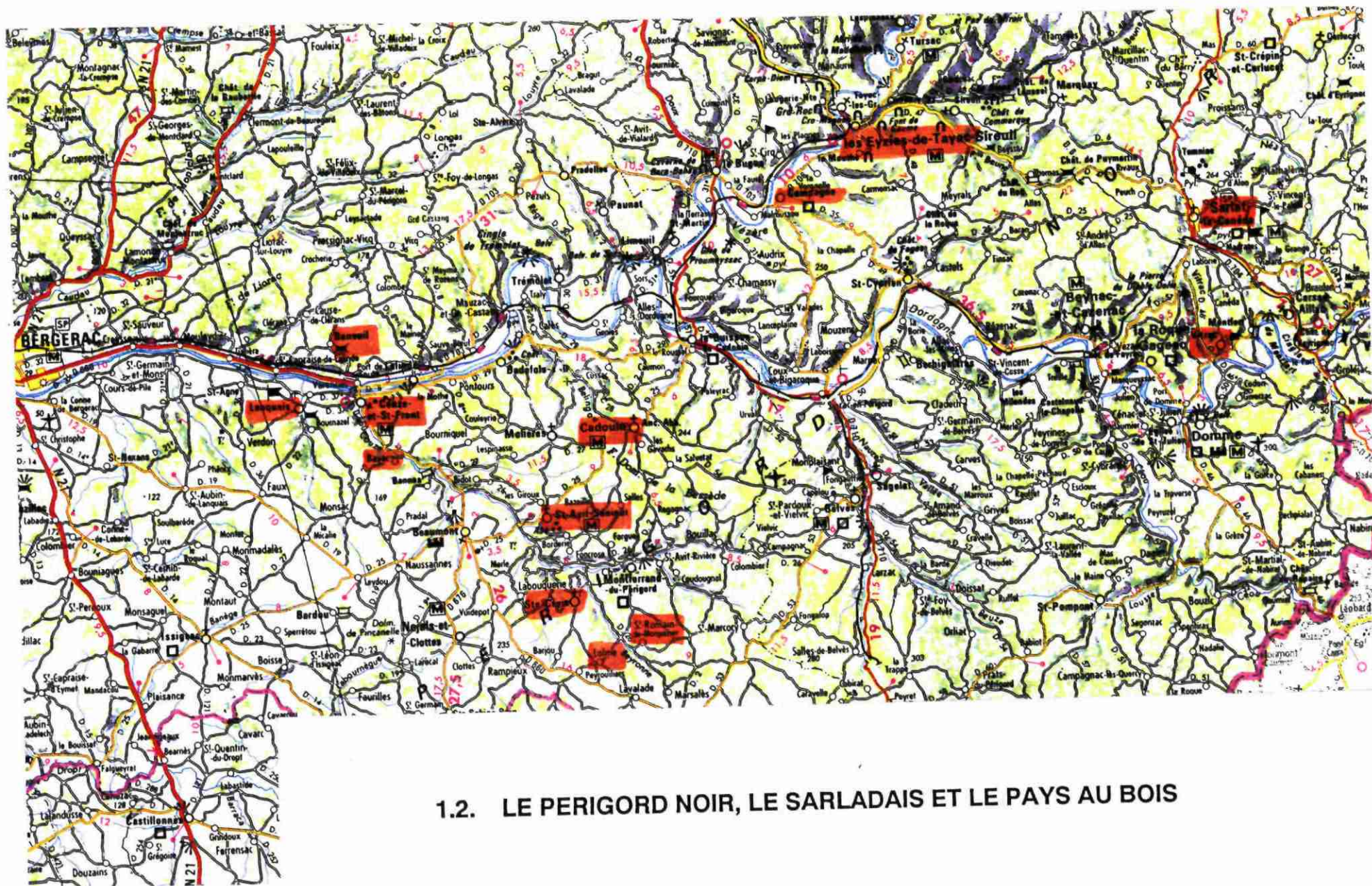
$$\begin{aligned}d &= 1,9 \\p &= 17,7 \%\end{aligned}$$

Ces carrières fournissent l'essentiel du marché de la rénovation et sont exploitées en souterrain.

Pierre des Eyzies

C'est un calcaire blanchâtre à taches ocres, à grain assez grossier avec amas cristallisés.

$$\begin{aligned}d &= 1,9 \\rc &= 10,7 \text{ à } 10,5 \text{ MPa}\end{aligned}$$



1.2. LE PERIGORD NOIR, LE SARLADAIS ET LE PAYS AU BOIS

Pierre de Campagne

C'est un calcaire blanc jaunâtre à grain fin à moyen.

$d = 1,74 \text{ à } 1,86$

$rc = 2,7 \text{ à } 9,6 \text{ MPa}$

• **Pierre de Couze**

C'est un calcaire sableux jaunâtre à rudistes et orbitoïdes d'âge Campanien 4 et 5. Il affleure dans la vallée de la Couze depuis le secteur de Montferrand-du-Périgord jusqu'à la confluence avec la Dordogne. Il a aussi été exploité près de Lolme et dans les environs de Buisson-de-Cadouin. A Couze, c'est un calcaire sableux jaunâtre à grain fin, homogène exploité en galeries à Font-Chaude, Baneuilh.

$d = 1,86$

$rc = 12 \text{ à } 15 \text{ MPa}$

Pierre du Colombier

C'est le même calcaire exploité sur la commune de Bayac.

$d = 1,8$

$rc = 7 \text{ à } 12,5 \text{ MPa}$

Pierre de Rabier

C'est un calcaire grenu, jaune roux à grain moyen, homogène exploité sur la commune de Lanquais.

$d = 1,7$

$rc = 9,6 \text{ à } 13,4 \text{ MPa}$

Pierre de Combe-Capelle

C'est le même calcaire sableux jaune à grain assez fin, homogène, exploité sur la commune de St Avit-Seigneur.

Pierre du Buisson

C'est un calcaire blanc-jaunâtre exploité à ciel ouvert au lieu-dit Moulin à Vent sur la commune de Buisson de Cadouin.

Pierre de Lolme

Le calcaire devient légèrement dolomitique, jaune roux, à grain moyen, homogène. Il est exploité sur la commune de Lolme, St Croix et St Romain de Montpazier.

$d = 2$

$rc = 14,4 \text{ à } 14,7 \text{ MPa}$

1.3. LA RENOVATION EN DORDOGNE

- Exemple du château de Puyguilhem (XVI^e siècle)

La restauration du château de Puyguilhem est exemplaire à plus d'un titre. Après acquisition du monument par l'Etat, la rénovation fut guidée par le souci d'authenticité aux résultats des recherches archéologiques et par le souci de l'harmonie dans l'esthétique du monument.

Dans l'histoire du château, de nombreuses modifications successives ont totalement bouleversé voire défiguré l'architecture du monument, en particulier les aménagements du XVIII^e et du XIX^e siècles. En ce qui concerne la pierre, l'aspect du parement est la résultante de l'outillage utilisé pour le façonnage et bien sûr de la nature du matériau. Une prospection des alentours a permis de retrouver des carrières de pierres identiques à celles d'origine : la pierre de St Front-la-Rivière (calcaire oolithique blanc-jaunâtre du Bajocien sup-Bathonien basal et la pierre de Villars (calcaire crayeux blanchâtre du Turonien basal).

Les travaux de rénovation se sont étalés sur plus de 20 années, mais ont permis de réacquérir un savoir faire en maçonnerie, sculpture, charpente et menuiserie. A ce titre, il faut citer M. Bornet, codirecteur de l'entreprise DAGAND et Messieurs GAUTHIER et GAZAILLES, chefs de chantier, l'entreprise de menuiserie BESSE, l'entreprise de couverture MONDUI, M. PINAUD, feronnier, M. CHIQUET, sculpteur, et M. CHABRILLANGE dit "le Parisien", compagnon charpentier. La haute compétence de ces professionnels a permis de constituer une étape de voyages de formation de nombreux jeunes compagnons tailleurs de pierres, sculpteurs et menuisiers-charpentiers.

- Autres rénovations

La pierre de Sarlat – Les Eyzies est l'une des plus utilisées en rénovation : rénovation du vieux Sarlat (hôtel Plamon, cathédrale, Présidial, Hôtel Maleville, etc...).

De nombreux châteaux (Monfort, Chaban, Losse, Beynac, la Roque Gageac) et sites classés (Domme, St Avit Seigneur, Cadouin).

La pierre de Raffailac a permis la rénovation du château de Hautefort, de Badefols d'Ans et de celui de Castelnau la Chapelle.

La pierre de la vallée de Couze a été en partie utilisée pour la restauration de la bastide de Montpazier, la halle de Cadouin, les châteaux de Bannes, Banneuil, Bournazel et cité de Beaumont, etc...

La pierre de Chancelade utilisée dès le XII^e siècle (Abbaye St Jean à Chancelade) a servi à la construction et la rénovation de nombreuses églises de Périgueux, Souillac, Valence d'Agen... et à la réalisation de nombreuses gares, tunnels, ponts, viaducs, écoles, casernes et hôtels particuliers de Dordogne, Lot et Garonne, Lot, Tarn et Garonne, Haute Vienne et Corrèze.

La pierre de Paussac a été utilisée lors des restaurations des châteaux de Marcuil, Bourdeilles, la cité de Brantôme etc... en Périgord Blanc.

2. DEPARTEMENT DE LA GIRONDE

Dans le département de la Gironde, hormis le calcaire de Blaye d'âge Eocène moyen utilisé par Vauban pour construire la Citadelle et les grès de Bazas et calcaires de la vallée du Ciron, l'unique niveau ayant été exploité pour la pierre de taille est celui du calcaire à Astéries d'âge Stampien. Depuis les environs de Blaye jusqu'à ceux de Langon en passant par ceux de St Emilion, les calcaires à Astéries ont fourni l'essentiel de la pierre de construction de l'ensemble de la région. Ces calcaires ont souvent été exploités en sous-terrain puis transformés après abandon en champignonnières.

L'ensemble de la formation des calcaires à Astéries représente une vingtaine de mètres d'épaisseur dans la région du Blayais et du Bourgeais, 15 à 20 m dans le Libournais, 25 à 30 m dans l'Entre-Deux-Mers et environ 40 m dans la région de St Macaire. L'ensemble à Astéries n'est pas homogène et souvent recoupé par un niveau intermédiaire molassique argilo-marneux à sableux.

Par souci de simplification, nous différencierons les pierres suivant leur lieu d'extraction par région naturelle : celles exploitées en Bourgeais et Blayais, en Libournais, dans la partie occidentale de l'Entre-Deux-Mers, dans la vallée de la Garonne et dans la région de St Macaire depuis St Maixant jusqu'à Caudrot en rive droite de la Garonne.

2.1. LE BOURGEGAIS ET LE BLAYAIS

La pierre extraite dans la région du Bourgeais est un calcaire blanc à jaunâtre, à grain moyen à grossier riche en débris divers (polypiers, mélobésiés, mollusques, crustacés, échinodermes et foraminifères, bryozoaires, ostracodes) en particulier des osselets de stelleroïdes (étoiles de mer) qui valurent son nom à cette formation : le calcaire à Astéries.

C'est la partie supérieure de la formation qui a fait l'objet des exploitations sur environ 10 m d'épaisseur en général en sous-terrain sur les communes de Prignac, Marcamps, St Laurent d'Arce, St Gervais, St Antoine et Peujard. Le calcaire montre de belles figures de stratifications entrecroisées à l'échelle de l'affleurement. Les caractéristiques techniques et l'aspect sont variables suivant les lieux d'extraction.

- Pierre de St Laurent de Bourg

C'est un calcaire blanc légèrement jaunâtre à grain moyen ou grossier riche en bioclastes exploité sur la commune de St Laurent d'Arce.

$$\begin{aligned}d &= 1,7 \\rc &= 5 \text{ à } 7,4 \text{ MPa} \quad (5 \text{ MPa lorsque saturé en eau})\end{aligned}$$



2.1. LE BOURGEOIS ET LE BLAYAIS

- **Pierre de Bourg**

C'est un calcaire blanc légèrement jaunâtre à grain moyen ou grossier riche en bioclaste exploité sur les communes de Prignac et Marcamps.

$$\begin{aligned}d &= 2 \\rc &= 7,5 \text{ MPa}\end{aligned}$$

- **Autres pierres**

On ne connaît pas les caractéristiques techniques des calcaires à Astéries autrefois exploités à St Gervais, St Antoine Peujard ou Roque de Thau, mais les faciès similaires incitent à penser qu'ils ne sont guère différents de ceux de St Laurent et Marcamps. Localement, le calcaire lacustre de Plassac d'âge Ludien inférieur a fait l'objet d'exploitations peu importantes à Plassac et au nord-ouest de St Girons.

De même, le calcaire de Blaye d'âge Lutétien à Auversien a été utilisé pour la construction de la citadelle de Blaye. C'est un calcaire plus ou moins sableux à passées plus argileuses souvent riche en miliolites bryozoaires ostracodes et connu pour sa célèbre faune d'échinoderme. Il n'a pas fait à priori l'objet d'exploitation pour pierre de taille, la récupération de certaines parties de la citadelle ayant largement satisfait aux besoins locaux.

2.2. LE LIBOURNAIS

Vers l'est, le calcaire à Astéries s'enrichit en débris de quartz et s'appauvrit en éléments de Stelleroroides. Des niveaux plus franchement sableux s'individualisent et l'aspect massif des pierres de la région de Bourg fait place à une succession de bancs plus ou moins sableux, argileux voire même crayeux, avec cependant de nombreuses figures de stratification entrecroisée.

A St Emilion, les anciennes exploitations en galeries souterraines se sont reconverties en caves pour stocker et amener à maturation les grands crus locaux. Dans le Libournais, toutes les activités extractrices ont définitivement été abandonnées au profit de la viticulture.

- **Pierre de Rouet**

C'est un calcaire coquillier, blanc laiteux, à grain grossier exploité sur la commune de St Germain la Rivière au nord-ouest de Libourne.

Ses caractéristiques techniques sont :

$$\begin{aligned}d &= 1,65 \\rc &= 4,9 \text{ à } 5,9 \text{ MPa}\end{aligned}$$



2.2. LE LIBOURNAIS

- **Pierre de St Christophe des Bardes**

C'est un calcaire coquillier banc jaunâtre à grain fin à moyen autrefois exploité sur la commune de St Christophe des Bardes à l'Est de St Emilion.

C'est une pierre assez tendre

$$\begin{array}{ll} d & = 1,67 \\ rc & = 3,2 \text{ à } 4,4 \text{ MPa} \end{array}$$

- **Pierre de Montagne**

Autrefois exploitée à ciel ouvert, la pierre de Montagne est un calcaire coquillier de couleur blanc-grisâtre, à grain fin, parsemé de petites taches ocreuses.

Ses caractéristiques techniques sont les suivantes :

$$\begin{array}{ll} d & = 2,18 \\ rc & = 22,3 \text{ à } 31,2 \text{ MPa} \end{array}$$

- **Pierre de Rouzo**

La pierre de Rouzo est un calcaire coquillier à grain moyen, de couleur blanc-grisâtre. Il était exploité à ciel ouvert sur le territoire de la commune de Lussac et montrait des caractéristiques techniques proches de son homologue de Montagne.

$$\begin{array}{ll} d & = 2,06 \\ rc & = 21,6 \text{ à } 35,7 \text{ MPa} \end{array}$$

2.3. LE NORD-OUEST DE L'ENTRE-DEUX-MERS

Dans toute la partie Ouest de ce secteur depuis Cénac jusqu'à Daignac, les exploitations ont été effectuées en galeries souterraines. Toutes ont depuis été abandonnées et reconverties en champignonnières. Parmi l'ensemble des carrières de l'Entre-Deux-Mers, seules celles de Frontenac sont encore en activité et alimentent le marché de la restauration bordelaise.

- **Pierre de Petit Cénac**

C'est un calcaire jaune paille, clair, friable, à grain moyen à grossier, sableux et légèrement argileux par endroit. Il était exploité sur le territoire de la commune de Cénac en galeries souterraines suivant 2 bancs de 3 mètres séparés sur un niveau stérile de 4 m.



2.3. LE NORD-OUEST DE L'ENTRE-DEUX-MERS

Ses caractéristiques techniques sont les suivantes :

d	= 1,56
rc	= 1,9 à 4,5 MPa
porosité	= 28,7 %

- **Pierre de Camarsac**

Autrefois appelée Pierre de Grand-Moulin du nom de la carrière située sur la commune de Camarsac, c'est un calcaire coquillier blanc laiteux à grain grossier, plus ou moins crayeux. Un banc unique de 3,5 m d'épaisseur a été exploité en galeries souterraines sur le territoire des communes de Camarsac, Croignon et St Germain du Puch. Aujourd'hui, ces carrières sont utilisées pour la culture des champignons.

d	= 1,49
rc	= 4 à 4,8 MPa

- **Pierre de Nérigean**

C'est un calcaire blanc-jaunâtre à grain grossier et débris de coquilles exploité sur 3 m d'épaisseur en galeries souterraines sur la commune de Nérigean.

Les caractéristiques techniques sont les suivantes :

d	= 1,58
rc	= 2,7 à 3,9 MPa

- **Pierre de Peyrelebade ou Pierre de Tardinet**

La même pierre sous deux dénominations a été exploitée sur le territoire de la commune de St Quentin de Baron. C'est un calcaire blanc laiteux à grain grossier et bioclaste suivant un banc compact de 3 mètres d'épaisseur.

d	= 1,7
rc	= 16,6 à 8,1 MPa

- **Pierre de Daignac**

Deux faciès, l'un fin, l'autre grossier, ont été exploités en galeries souterraines.

Un calcaire blanc à grain fin et bioclastes sur le territoire de la commune de Daignac :

d	= 1,58
rc	= 3,6 à 3,9 MPa

Un calcaire blanc à grain grossier et bioclastes sur la commune d'Espiet :

d	= 1,55
rc	= 3,8 à 4,8 MPa

Des niveaux inférieurs plus marneux ont été exploités par une importante cimenterie à Espiet.

- **Pierre de Fontadas**

Plus l'est, sur la commune de Lugagnac, le calcaire stampien a été exploité à ciel ouvert. Le calcaire est gris-rosé, fin, compact avec de nombreux débris d'organisme et stratifications entrecroisées.

Le front de taille montre des épaisseurs exploitables de 9 m. Les caractéristiques techniques sont plus intéressantes :

d	= 2,4
rc	= 45 à 88,5 MPa

- **Pierre de Frontenac**

C'est un calcaire à grain moyen à grossier, blanc jaunâtre à grande stratifications entrecroisées, ou un calcaire blanchâtre à jaune paille à grain fin, sableux, compact à bioclaste. Sur les communes de Jugazan et Frontenac, les exploitations à ciel ouvert fournissent actuellement une grande part du marché de la rénovation à Bordeaux.

Les caractéristiques techniques sont les suivantes :

– Frontenac 1/2 dur	rc	= 8,5 à 11,2 MPa
	porosité	= 17 %
– Frontenac dur	d	= 2,6
	rc	= 51 MPa
	porosité	= 5 %

2.4. LA VALLEE DE LA GARONNE

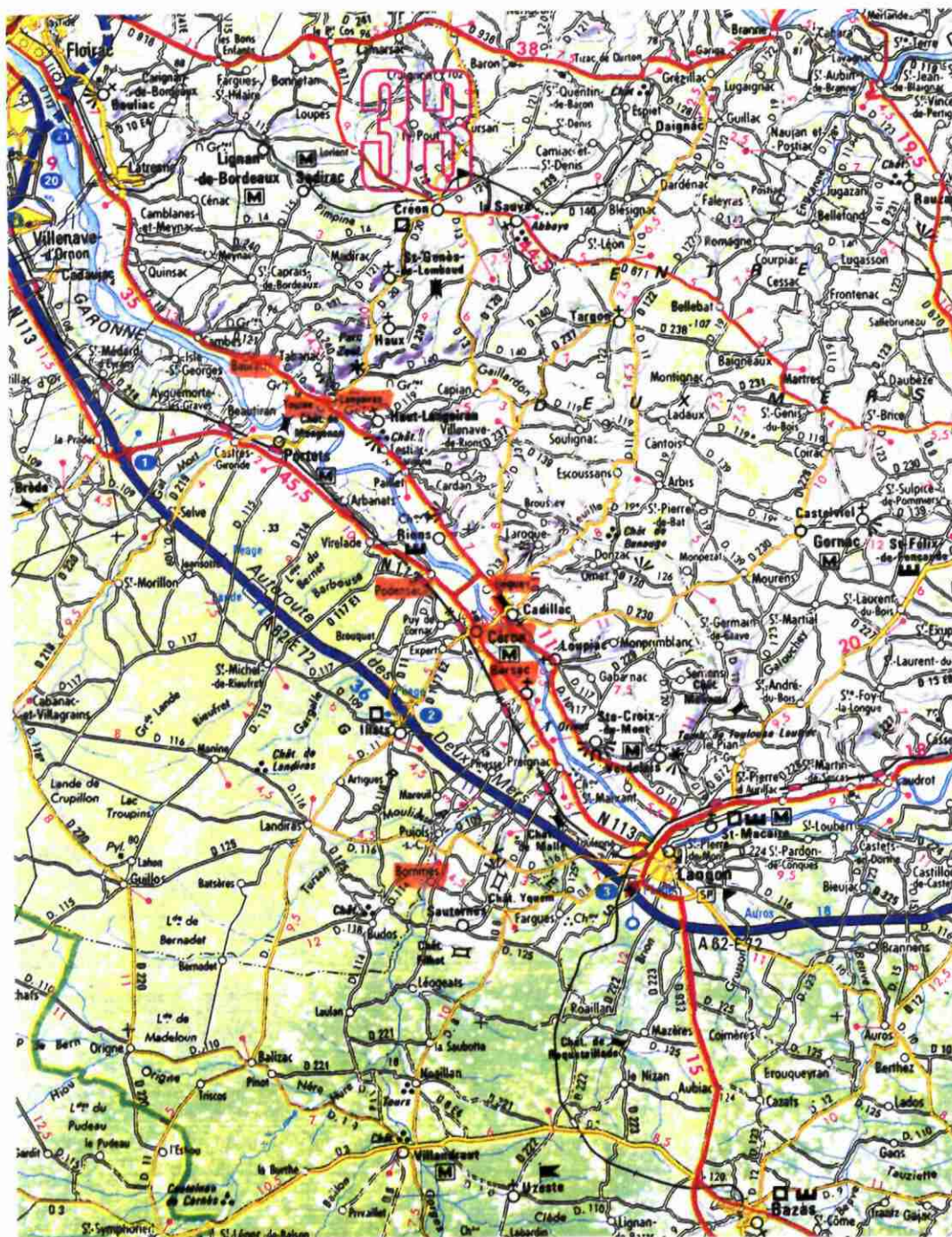
Ont été regroupés dans cet ensemble les carrières ayant exploité le calcaire à Astéries dans la vallée de la Garonne en amont de Bordeaux depuis le Sauternais jusqu'aux environs de Portets.

Toutes les activités extractives de ce secteur ont été abandonnées.

- **Pierre de Bommes**

C'était une extraction très modeste d'un banc unique de 1,5 à 2 m d'épaisseur. Le calcaire était blanc, grenu, à grain fin avec les caractéristiques suivantes :

d	= 1,48
rc	= 2,3 à 4 MPa



2.4. LA VALLEE DE LA GARONNE

- **Pierre de Barsac**

Plus connue pour son vin moelleux, la commune de Barsac a cependant été le lieu d'extraction d'un calcaire sableux jaune roussâtre, à grain moyen, bioclastique, plus ou moins recristallisé. Le niveau favorable, d'une épaisseur de 4 m, montrait des caractéristiques techniques intéressantes :

$$\begin{array}{ll} d & = 2,34 \\ rc & = 34,4 \text{ à } 53 \text{ MPa} \end{array}$$

- **Pierre de Ceron**

C'est un calcaire bioclastique blanc-jaunâtre à roussâtre à grain fin et compact, exploité à ciel ouvert. Le banc favorable d'épaisseur micritique peut être classé parmi les roches dures à très dures.

$$\begin{array}{ll} d & = 2,6 \\ rc & = 104,4 \text{ à } 129,6 \text{ MPa} \end{array}$$

- **Pierre de Podensac**

C'est un calcaire bioclastique blanc roussâtre à grain moyen, formant une masse de 6 à 8 mètres exploitée en 2 bancs. Les caractéristiques techniques de cette pierre étaient assez bonnes :

$$\begin{array}{ll} d & = 2,26 \\ rc & = 42,6 \text{ à } 46,2 \text{ MPa} \end{array}$$

- **Pierre de Tourne**

La bibliographie ne fournit aucun renseignement sur la pierre de Tourne mais on connaît les lieux où elle a été extraite : en rive droite de la Garonne à Baurech, le Tourne et Béguey. La pierre extraite à Béguey devait probablement avoir des caractéristiques proches de celles de la pierre de Cérons car juste située sur la rive opposée de la Garonne.

A Baurech, le Tourne et Langoiran, c'est un calcaire sableux à bioclastes de couleur jaunâtre qui affleure largement sur les rives de la Garonne.

2.5. REGION DE ST MACAIRE

Dans le coude de la Garonne, face à Langon, le calcaire à Astéries prend un faciès particulier plus ou moins recristallisé et surtout très dur, exploité à ciel ouvert mais aussi en galeries sur les communes de Verdelaix, St Maixant, St Macaire, St Pierre d'Aurillac, St Martin de Sescas et Caudrot.



2.5. REGION DE ST MACAIRE

Sur l'ensemble du secteur, 4 niveaux différents au moins ont été exploités avec de bas en haut les faciès suivants :

- A la base des calcaires durs, massifs calcarénitiques et bioclastiques très riches en échinides et lamellibranches, de couleur jaune-orangé avec au toit un niveau riche en smectites. Le niveau visible au pied des remparts de St Macaire où il atteint 6 à 7 m de puissance se réduit vers l'Est (5 m vers St Pierre d'Aurillac) et disparaît dans les environs de St Martin de Secas.
- Séparé du niveau 1 par des molasses sableuses d'une épaisseur de 0,5 m, le niveau 2 est représenté par des calcaires très durs, bioclastiques, grossiers, brun-jaune, d'une puissance de 6 m entre St Maixant et St Macaire, se réduisant à 2-3 m près de St Pierre d'Aurillac, il disparaît dans les environs de St Martin de Sescas.
- En continuité à l'Ouest de St Pierre d'Aurillac et séparé à l'Est par des arrivées molassiques, le niveau 3 est constitué par 4 m de calcaire dur, massif, calcarénitique et bioclastique, recristallisé, de couleur brun-jaune, avec de larges stratifications obliques. On y trouve de nombreuses empreintes de lamellibranches et échinodermes. Comme les niveaux 1 et 2, le niveau 3 se réduit vers l'Est et disparaît dans les environs de St Martin de Sescas.
- Le niveau 4 en continuité avec le niveau sous-jacent à l'Ouest de St Pierre d'Aurillac se réduit vers l'Est et disparaît au Nord-Est de Caudrot. C'est un calcaire massif, dur, à nombreux bioclastes, grossier, brun-jaune, recristallisé. Il représente une puissance de 4 m à la carrière de Lavison, environ 6 m à la carrière de la Madeleine et 3 m au Nord de Caudrot à l'affleurement.

Au-dessus du niveau 4, les faciès molassiques se développent sur 2 à 6 m d'alternance de calcaires bioclastiques, de grès jaunes et de sables carbonatés plus ou moins argileux. Cette zone de passage faciès marins – faciès molassiques est souvent couronnée par 1 à 2 m de calcaires grisâtres fin à oncolithes et de calcaires sableux brun-jaunes, vacuolaires, riches en bioclastes.

Les caractéristiques techniques sont les suivantes :

d	= 2,38 à 2,45
rc	= 39,5 à 78,4 MPa
porosité	= 10 à 12 %

Actuellement, une demande de réouverture de carrière suit son cours pour le site de Lavison sur la commune de St Maixant.



2.6. LE BAZADAIS ET LES LANDES DU HAUT-CIRON

2.6. LE BAZADAIS ET LES LANDES DU HAUT-CIRON

L'extraction en carrières des niveaux calcaires, jadis florissants (Bernos, vallée du Giscos, du Ciron) n'est plus pratiquée qu'au lieu-dit La Trave au Nord-Est de Préchac. Cette exploitation fournit essentiellement du matériel concassé.

Les anciennes carrières de Bazas, de la vallée du Ciron (La Trave, les Gillets, Bernos-Beaulac) et de la vallée de la Gouaneyre ont exploité les grès et calcaires de Bazas d'âge Aquitanien.

Le faciès type est un calcaire sableux, bioclastique, poreux à stratifications entrecroisées ou obliques caractéristiques d'un milieu marin de bordure.

On ne connaît pas les caractéristiques techniques de cette pierre dont les faciès très changeants n'ont été utilisés que très localement.

2.7. LA RENOVATION EN GIRONDE

En Gironde, le marché de la rénovation est focalisé sur le vieux Bordeaux et sur St Emilion. Les pierres utilisées sont pour une grande part constituées de pierre de Bourg et de pierre de Frontenac dont l'approvisionnement semble être satisfait à l'heure actuelle. Le problème des besoins en pierre de St Macaire est en cours de résolution avec la réouverture de la carrière de Lavison.

Les pierres du bâti bordelais d'origine extérieure au département de la Gironde ne posent pas de gros problèmes d'approvisionnement sauf peut-être la "Pierre de Vianne" que l'on rencontre dans certaines parties des monuments : soubassements du Grand Théâtre et du Pont de Pierre.

3. DEPARTEMENT DU LOT ET GARONNE

Dans le département du Lot et Garonne, l'essentiel de l'activité extractive en pierre de taille était représenté par les calcaires lacustres, blancs, du Néracais et Agenais et les calcaires jaunâtres du Crétacé supérieur de la région de Fumel. Actuellement, une grande partie des carrières ont été abandonnées, et celles encore en activité se sont reconverties pour la production de concassé. Une seule carrière fournit à la demande des blocs de dimension suffisante pour la taille en calcaire lacustre.

3.1. REGION DE FUMEL

Cette région constitue l'extrême Sud du Périgord Noir à la limite du Pays au bois et du Villeneuvois. Le caractère périgourdin s'affirme encore dans l'architecture des châteaux et du bâti campagnard et aussi dans le choix des pierres utilisées.

- Pierre de Condat

C'est un calcaire jaune à blanchâtre bioclastique, massif, plus ou moins dur, parfois sableux et grossier, d'âge Coniacien moyen. Il a été exploité en galeries souterraines au lieu-dit Pech-del-Trel sur la commune de Condat, suivant un front de 12 m en 2 bancs :

~ banc supérieur de pierre dure 7 m

d = 2,06

rc = 10,7 à 13,1 MPa

– banc inférieur de pierre tendre 5 m

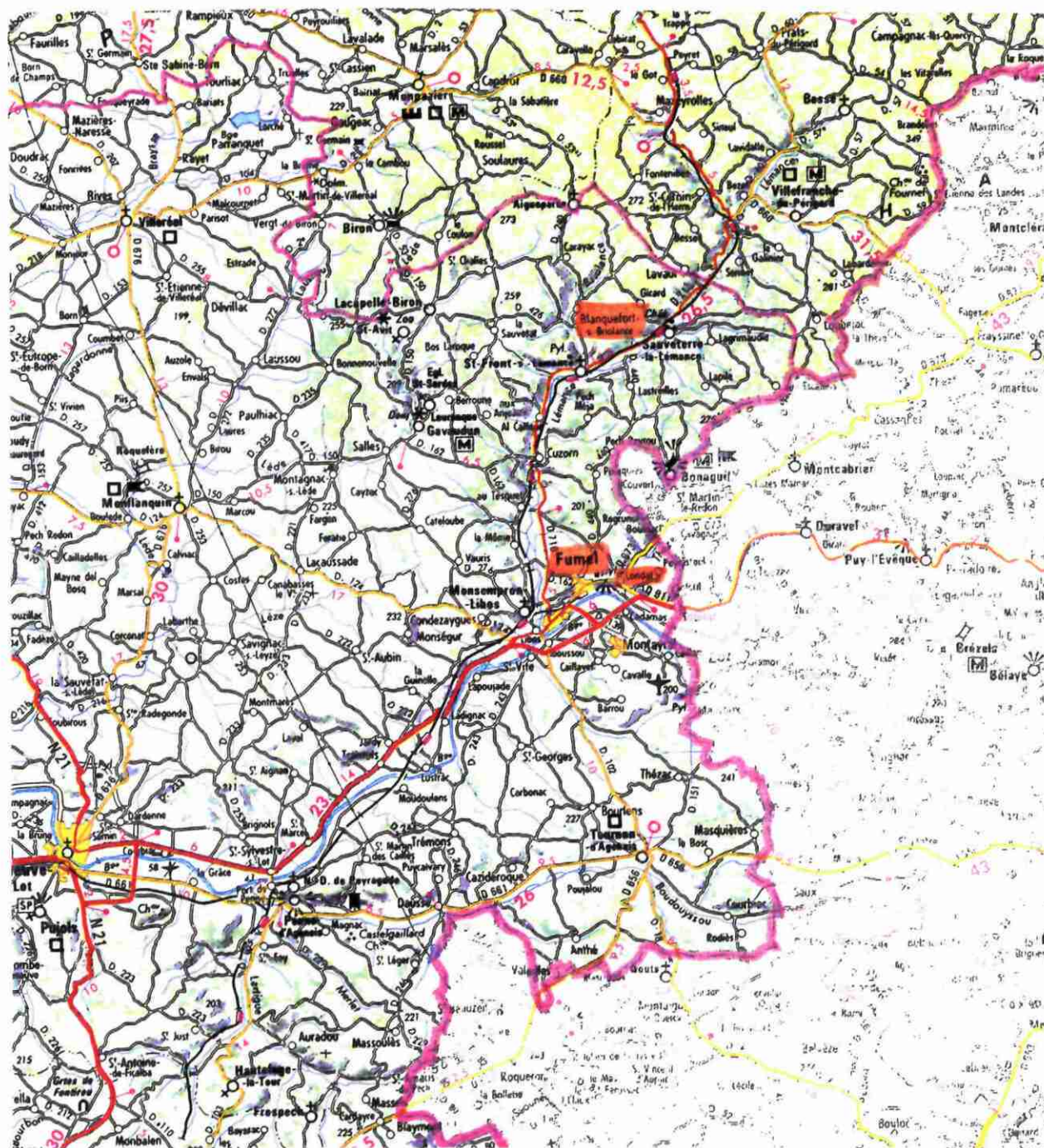
d = 1,91

rc = 6,1 à 9,3 MPa

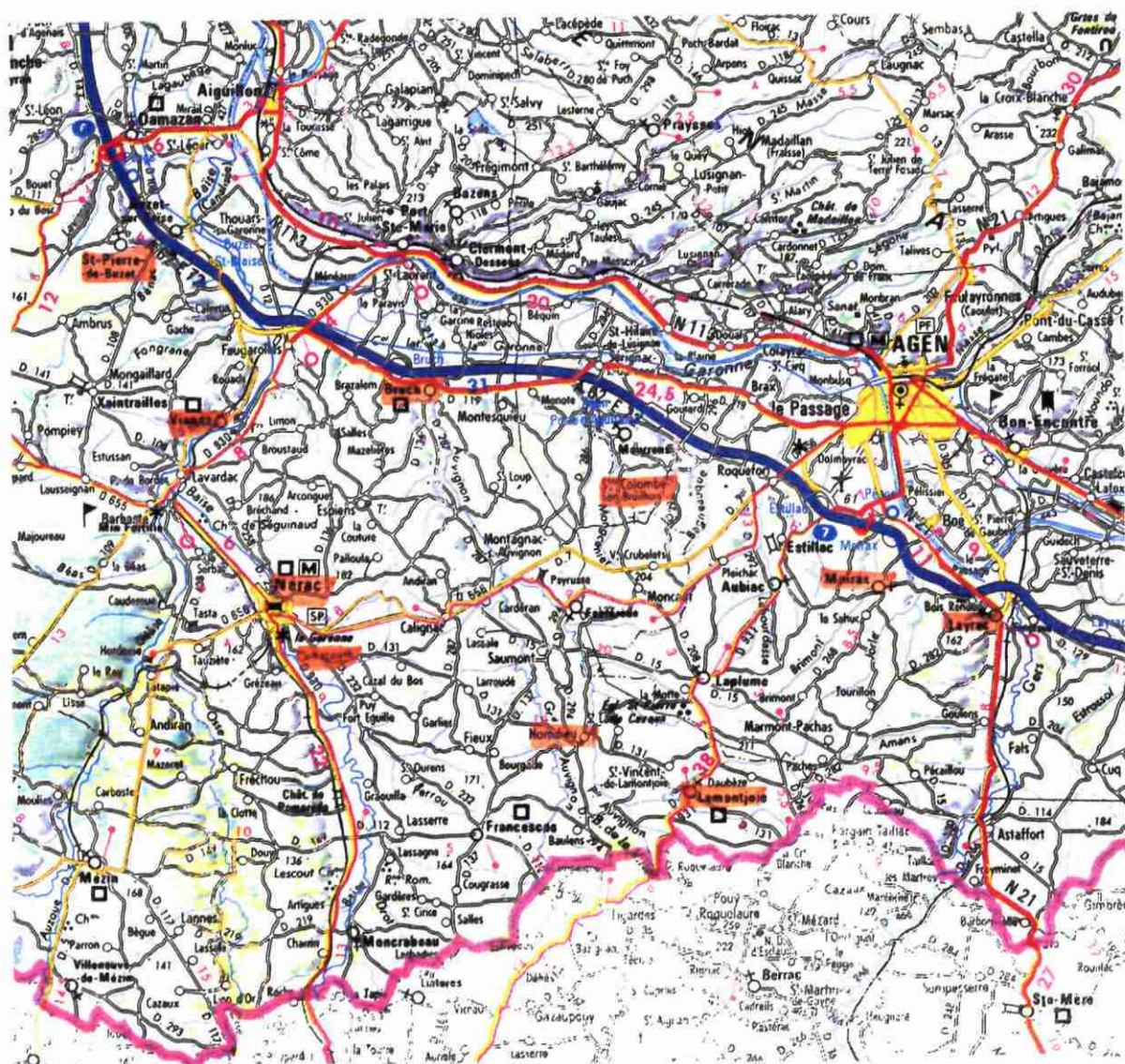
porosité = 17 %

- Pierre de Blanquefort

C'est un calcaire blanc-jaunâtre à grain grossier, sableux, massif et dur, bioclastique, d'âge Coniacien moyen. Un banc de 5 m d'épaisseur a été exploité au Nord de Blanquefort-sur-Biolance, à ciel ouvert. Les caractéristiques techniques de la pierre sont



3.1. REGION DE FUMEL



3.2. LE NERACAIS ET L'AGENAIS

encourageantes mais la présence d'une découverte de 3 à 4 m est probablement à l'origine de la fermeture de cette carrière.

$$\begin{array}{ll} d & = 1,97 \\ rc & = 15,3 \text{ à } 16,6 \text{ MPa} \end{array}$$

3.2. LE NERACAIS ET L'AGENAIS

Dans le triangle Nérac – Damazan – Agen, de nombreuses carrières ont exploité les niveaux de calcaires lacustres des molasses d'âge Oligocène à Miocène inférieur. A l'heure actuelle, beaucoup de ces carrières ont été abandonnées et celles encore en activité produisent du granulats concassé.

• Pierre de Vianne

La pierre de Vianne est un calcaire lacustre blanchâtre, beige ou rosé, à pâte fine, vacuolaire ou compacte, à empreintes de gastéropodes (planorbes, limnées, hélix...). Les appellations pierre de Vianne, pierre d'Agen, pierre de Poudecop ou pierre de Buzet sont équivalentes et définissent des passées lacustres dans les dépôts molassiques d'âge Oligocène à Miocène inférieur.

Ces passées sont au nombre de trois :

- les "Calcaires de Nérac" d'âge Chattien au sein des Molasses de l'Agenais, ils constituent la limite entre molasses inférieures et supérieures juste après le dépôt des calcaires à Astéries.
- les "Calcaires blancs de l'Agenais" d'âge Aquitanien inférieur, ils constituent le premier dépôt de calcaire lacustre de la série Miocène.
- les "Calcaires gris de l'Agenais" d'âge Aquitanien supérieur, ils constituent les derniers dépôts de l'étage Aquitanien sous forme de calcaires lacustres souvent argileux et fétides.

Entre le deuxième et le troisième niveau de calcaires lacustres, la molasse est ponctuée d'avancées marines avec le dépôt de lentilles d'argiles et marnes à huîtres (*Ostréa aginensis*) bien connues dans la région.

A priori, le niveau le plus exploité pour la pierre de taille était celui des calcaires blancs de l'Agenais (carrières des Arrangets, Roudère, Grand Bourdieu, Bourdette, Mauregon, Ste Colombe, Trotte-Lapin...)

Les faciès les plus courants utilisés dans la construction correspondent aux faciès types de chaque niveau :

- calcaire fin compact beige-rosé à blanchâtre bioturbé, dur, plus ou moins recristallisé, à rares empreintes de gastéropodes, et quelques rares vacuoles de petite taille ;
- calcaire fin compact blanchâtre à beige, bioturbé, assez dur, à taches jaunes par endroits, à rares empreintes de gastéropodes et quelques vacuoles de petite taille ;
- calcaire blanc à gris, bioturbé, à taches jaunâtres-ocres, à nombreuses empreintes de planorbes et nombreuses vacuoles de taille centimétrique.

En général, les carrières exploitent les calcaires à ciel ouvert. Les paramètres physiques sont les suivants :

$$\begin{array}{ll} d & = 2,54 \\ \rho_c & = 75 \text{ à } 134,6 \text{ MPa} \end{array}$$

La bonne résistance mécanique de cette pierre explique son emploi exclusif en soubassement d'ouvrages et dans les constructions des canaux, écluses, ponts et gares, etc...

3.3. LA RENOVATION EN LOT ET GARONNE

La pierre de Dordogne ou de Sarlat est un substitut de bonne compatibilité pour les édifices construits en pierre de Condat ou de Blanquefort : l'aspect esthétique et les qualités physiques sont assez proches.

En ce qui concerne la pierre de Vianne, l'essentiel de l'approvisionnement est fourni par la récupération, et le reste par des extractions ponctuelles de gros blocs dans les carrières fournissant du granulats concassé. Cependant, il existe un réel manque en pierre de Vianne pour la restauration dans les départements autres que le Lot et Garonne.

4. DEPARTEMENT DES LANDES

Dans le département des Landes, si on excepte la "garluche" dont l'utilisation dans le bâti est généralisée sur l'étendue de la Grande Lande, toutes les pierres pour la construction sont extraites au Sud-Est d'une ligne Roquefort – Capbreton. Les exploitations sont souvent de taille modeste et actuellement ne fournissent plus de pierre de taille ou sont définitivement abandonnées.

On peut distinguer quatre entités géographiques caractérisées par des pierres spécifiques : les Landes, le pays de Seignanx, le Marsan et la Chalosse.

4.1. LA GRANDE LANDE, ET LES PETITES LANDES DE DAX

Dans cette région à dominante sableuse, le seul matériau naturel utilisé en construction est représenté par la garluche.

Cette garluche est un véritable grès à ciment ferrugineux d'aspect caveux, développé au sein de la formation du Sable des Landes suivant un mécanisme proche du cuirassement latéritique et du cuirassement de nappe.

Ces grès se forment par l'accumulation des hydroxydes de fer (limonite, hématite) et leur cristallisation dans des zones préférentielles mal drainées où se produit une oxygénation de la frange capillaire de la nappe phréatique donc à faible profondeur sous le Sable des Landes en zone à morphologie plane, et sur les bords des thalwegs.

Les analyses chimiques effectuées sur plusieurs échantillons révèlent des taux en fer total compris entre 15,7 et 25,5 % et des taux en silice libre (quartz) variant de 68 à 74 %. L'alios, très répandu dans les Landes, avec lequel on confond fréquemment la garluche, est un agrégat de grains de quartz par un ciment de matière organique et de limonite formé par lessivage des horizons supérieurs dont les taux en fer ne dépassent que rarement 1 %.

On connaît mal l'utilisation de la garluche dans la construction, mais au XIX^e siècle, les Landes représentaient un district minier relativement important. De 1852 à 1872, l'extraction de la garluche a permis de produire entre 6 000 et 12 000 tonnes de fonte par an (13 107 t en 1857). Entre 1834 et 1892, 500 000 tonnes de minerai ont été extraites dans les Landes. Dès 1866, l'activité extractive diminue fortement par suite de sa raréfaction et de sa qualité médiocre ne pouvant pas concurrencer les minerais de Lorraine (minette).

4.2. LE MARSAN ET LES PETITES LANDES DE ROQUEFORT

Située sur la bordure de la vaste plaine sableuse landaise, cette région est essentiellement représentée par les dépôts d'âge Miocène (grès calcaire, sables, argiles) percés par des pointements de terrains plus anciens (Crétacé, Jurassique) dans des structures de type anticlinal le plus souvent faillées (structures de Roquefort et St Julien).

• Pierre de Mont de Marsan

C'est un grès à ciment calcaire, bioclastique, grossier, jaunâtre à ocre, à porosité élevée, d'âge Langhien à Serravallien.

Les carrières de Harambat, aujourd'hui abandonnées, étaient exploitées sur 7 m sous un découvert de 4 à 5 m. Seuls 2 m de banc massif lité pouvaient convenir pour l'utilisation en pierre de taille, le reste du front de la carrière ayant un débit en rognons.

Les caractéristiques techniques de la pierre sont les suivantes :

d	= 2,04
rc	= 8,9 à 12,8 MPa

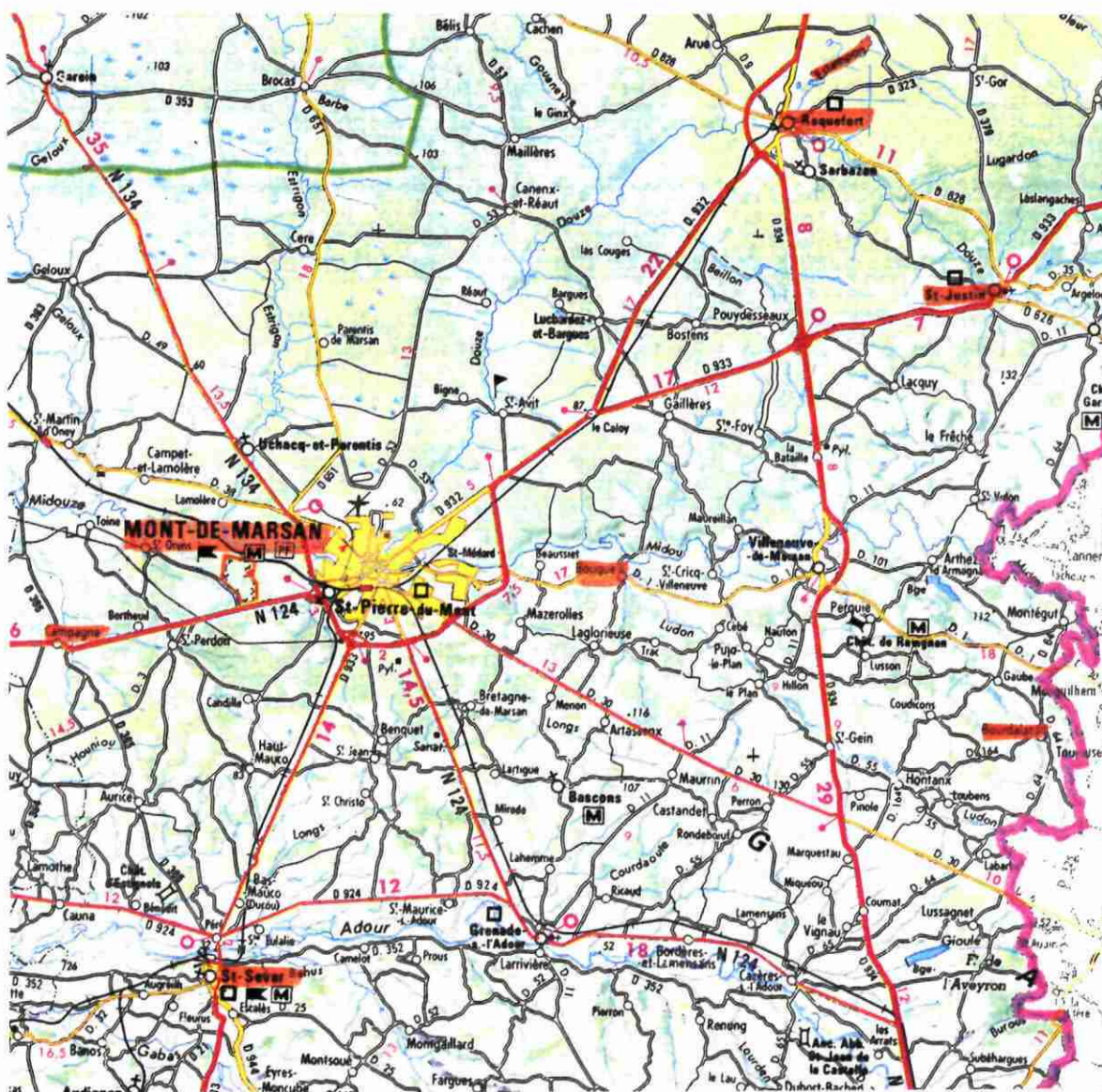
Des calcaires du même type sont visibles en carrière à Bougue, Basta et St Sever.

• Pierre de Roquefort

La pierre de Roquefort est constituée de calcaires attribuables à trois étages différents : le Coniacien, le Santonien et le Maastrichtien.

De bas en haut, les faciès sont les suivants :

- environ 10 m de calcaires fins micritiques; ocres, massif, partiellement dolomités, à débris d'échinodermes et rares grains de glauconie ;
- le sommet du Coniacien, visible sur 2 m à la carrière des Cros (front Nord) est représenté par des calcaires fins, jaune pâle, bioclastiques, localement très recristallisés ou dolomités à débris divers ;
- le Santonien est représenté par 20 m de calcaires micrograveleux jaune pâle, assez tendres à nombreux bioclastes, puis quelques mètres de calcaires très grenus plus ou moins dolomitiques, bruns à roux, avec quelques niveaux plus crayeux ;



4.2. LE MARSAN ET LES PETITES LANDES DE ROQUEFORT

- séparé du Coniacien par 20 m de marnes plastiques gris-vert à brun représentant le Campanien, le Maastrichtien se développe sur 30 à 50 m d'épaisseur. C'est un calcaire très dur ocre à jaune ou gris-blanc à zones très bioclastiques et graveleuses visible sur une dizaine de mètres à la carrière du Cros.

Dans la partie basale (Coniacien – Santonien), la densité est de 2,32 et la résistance à la compression varie de 29,4 à 44,8 MPa, dans la partie sommitale (Maastrichtien) les essais de compression donnent 49 à 68,6 MPa.

- **Pierre de Bourdalat**

C'est un grès calcaire grossier, jaunâtre à roux très riche en débris bioclastiques et affecté parfois de stratifications obliques. Il présente souvent une porosité élevée et passe très vite latéralement aux faciès Sables Fauves. Leur âge est attribué au Langhien – Serravallien par la riche faune de mollusque que l'on peut y recueillir. L'épaisseur exploitée aux carrières de Lacoste variait de 5 à 10 m sous un découvert de 1 à 1,5 m. Les caractéristiques techniques sont les suivantes :

$$\begin{array}{ll} d & = 1,57 \\ rc & = 1,6 \text{ à } 1,8 \text{ MPa} \end{array}$$

Des pierres équivalentes affleurent dans la vallée de la Douze et du ruisseau de Gouaneyre en amont du moulin de Carro.

- **Autres pierres**

Il existe de nombreuses petites carrières abandonnées dans ce secteur car le moindre niveau induré était utilisé dans la construction ; en effet, l'essentiel des faciès affleurants sont représentés par des sables plus ou moins argileux et des argiles. Au Nord-Est de Roquefort, le long de la vallée de l'Estampon, les niveaux gréseux de la base des Sables Fauves ont été exploités. La pierre de Nabias au lieu-dit Nabias est un calcaire sableux jaunâtre à grain fin, à passées coquillères affleurant en 2 bancs sur une épaisseur totale de 2,5 m.

Ses caractéristiques techniques sont les suivantes :

$$\begin{array}{ll} d & = 2,32 \\ rc & = 43,8 \text{ à } 89,6 \text{ MPa} \end{array}$$

La pierre de St Justin constituée de calcaires porceux gris à bleutés, à grain fin, exploité sur 1 m en deux bancs, d'âge indéterminé car la carrière n'a pu être retrouvée. Les statistiques de 1889 fournissent les caractéristiques suivantes :

$$\begin{array}{ll} d & = 2,2 \\ rc & = 16,5 \text{ à } 57,5 \text{ MPa} \end{array}$$

Des niveaux de calcaires d'âge Jurassique et Crétacé supérieur ont localement été utilisés. Ils affleurent à la faveur de la structure de Créon d'Armagnac.

4.3. LA CHALOSSE ET LE TURSAN

La géologie de la Chalosse et du Tursan est dominée par la présence des dépôts molassiques oligo-miocènes dans lesquels pointent des terrains variés (Trias à Eocène) à la faveur de structures anticlinales ou diapiriques (Audignon, Bastennes-Gaujacq, Dax). La majorité des carrières ont été abandonnées, en particulier les carrières de pierre de taille.

- Pierre de Cassen

Sur le dôme de Louer, affleure sur le coteau Nord depuis Gousse jusqu'aux environs de Cassen, un calcaire récifal massif, tendre, blanc jaunâtre, crayeux, bioclastique visible sur 5 à 8 m d'épaisseur, surmonté par 5 m de calcaires jaunâtres récifaux très riches en polypiers, algues et foraminifères. La faune très abondante a permis d'attribuer un âge Stampien à ces calcaires.

Les essais géotechniques effectués sur des échantillons de la carrière Tambourine ont donné les résultats suivants :

$$\begin{array}{ll} d & = 2,41 \\ r_c & = 42,6 \text{ à } 54,9 \text{ MPa} \end{array}$$

- Pierre de Mugron

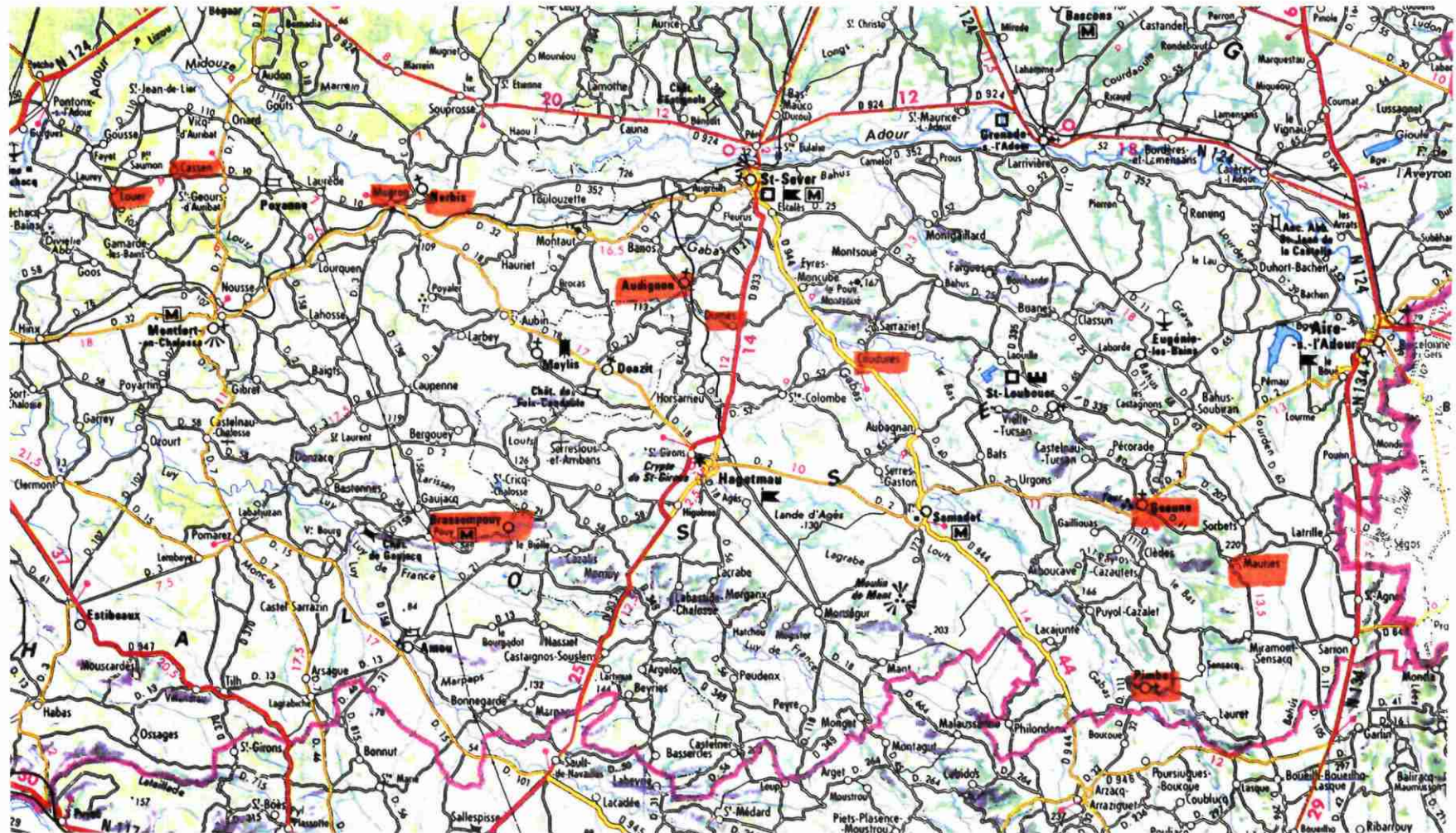
C'est un équivalent latéral de la pierre de Cassen. Exploitée autrefois près de Mugron et Nerbis à ciel ouvert sur un front de 7 m, la pierre de Mugron se présente en bancs compacts de grès à ciment calcaire, à grain fin, de couleur grisâtre à gris-bleu, à stratification oblique. Les essais mécaniques et physiques réalisés sur quatre échantillons donnent les valeurs suivantes :

$$\begin{array}{ll} d & = 2,48 \\ r_c & = 71,6 \text{ à } 91,4 \text{ MPa} \end{array}$$

- Pierre d'Audignon

La pierre d'Audignon, autrefois exploitée dans la région d'Audignon, est en fait constituée par quatre bancs calcaires souvent dolomitiques, d'âge Cénomaniens à Paléocène.

De bas en haut dans l'échelle des temps, nous avons les niveaux suivants définis par les pétroliers :



4.3. LA CHALOSSE ET LE TURSAN

- la couche de Pilo d'âge Cénomaniens est représentée par des calcaires dolomitiques blanc à beige, durs, localement vacuolaires à caverneux, parfois fissuré, à rares débris de Rudistes et Bryozoaires ;
- la couche de Pé-Marie d'âge Campanien est constituée de calcaires plus ou moins dolomitiques gris clair, dur, fissuré et caverneux, à Lagena et Miliolles. On y rencontre quelques bancs à silex et des passées de marnes grises à beiges, glaucomieuses, compactes ;
- la couche de Dumes d'âge Maastrichtien est formée de calcaires blanchâtres à gris-beige, fin, crayeux à dolomitique, dur, localement fissuré à Orbitoïdes ;
- les calcaires d'Arcet sont des calcaires fins dolomitiques blancs, beiges, rosés ou verdâtres, durs, cristallins, parfois poreux et vacuolaires, à rares Miliolles, Algues, etc...

Les anciennes carrières ont exploité sur la commune d'Audignon des calcaires dolomitiques en 2 bancs : un banc supérieur de 18 m à faciès grossier, saccharoïde et un faciès fin d'épaisseur 1,5 m. Les caractéristiques techniques étaient les suivantes :

$$\begin{array}{ll} d & = 2,57 \\ rc & = 91,6 \text{ à } 118,5 \text{ MPa} \end{array}$$

• Pierre de Geaune

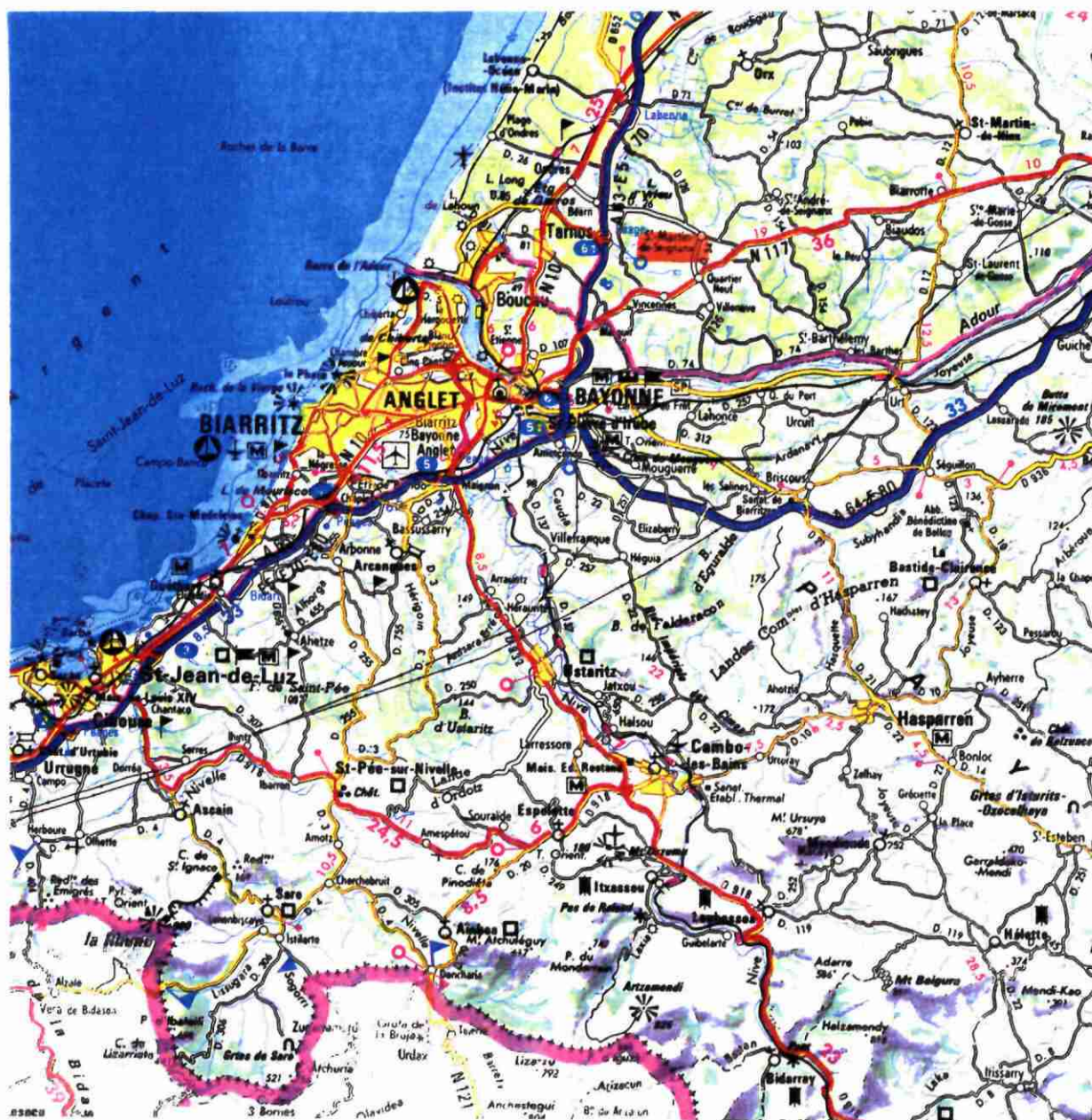
La pierre de Geaune extraite en carrières à ciel ouvert dans les environs de Pimbo, Mauries, Bahus et à l'Est immédiat de Geaune est un grès calcaire gris à roussâtre à grain fin, azoïque. On le trouve en bancs pouvant atteindre 4 à 5 m au sein des molasses d'âge Oligocène à Miocène. Dans les carrières de Marcasse, la pierre était caractérisée par les paramètres suivants :

$$\begin{array}{ll} d & = 2,45 \\ rc & = 38,2 \text{ à } 77,1 \text{ MPa} \end{array}$$

L'extraction de ces pierres a débuté dès le XIII^e siècle mais semble arrêtée définitivement.

• Autres pierres

Au Sud-Ouest d'Hagetmau, des calcaires dolomitiques saccharoïdes de couleur jaunâtre, durs, souvent altérés et karstifiés, appelés couches de Brassempouy, ont été utilisés en construction. Leur âge Bartonien nous est connu, mais aucun essai géotechnique ne semble avoir été réalisé sur ce matériau.



4.4. LE PAYS DE SEIGNANX

De même, les grès de Coudures ont été exploités autrefois en particulier pour le pavage des routes. C'est un grès recristallisé (quartzitique) gris clair, très dur, à patine marron. Ils ne sont plus exploités depuis de nombreuses années et on ne connaît pas leurs caractéristiques géotechniques.

4.4. LE PAYS DE SEIGNANX

Logé dans la boucle que fait l'Adour avant de se jeter dans l'océan Atlantique, le Pays de Seignanx constitue l'extrême sud du département des Landes. La géologie est dominée par la présence de dépôts d'âge Eocène et Crétacé supérieur structurés lors de la formation des Pyrénées et nappés par les dépôts plus récents. La présence des structures est soulignée par des injections d'Ophites. Un seul type de calcaire a été exploité dans la région au Sud de St Martin de Seignanx.

- Pierre de St Martin de Seignanx

La pierre autrefois exploitée au Sud de St Martin de Seignanx, d'âge Eocène moyen (Lutétien supérieur à Bartonien) est constituée de bancs de calcaires sableux fins à lithoclastes, riches en Nummulites, surmontés par des calcaires sableux fins très durs à Miliolles, Mélobésiées et rares Nummulites.

Les caractéristiques techniques sont les suivantes :

d	= 2,62
rc	= 136,9 à 154,5 MPa

L'ensemble des exploitations sont aujourd'hui abandonnées.

4.5. LA RENOVATION DANS LES LANDES

Dans le département des Landes, l'activité de rénovation ne connaît apparemment pas de problème aigu d'approvisionnement en pierre d'origine. Comme pour le Lot et Garonne, la récupération de pierre satisfait à la demande locale. C'est le cas en particulier pour la garluche et la pierre de Mont-de-Marsan, les deux pierres autochtones les plus utilisées en construction dans les Landes avec les pierres de Roquefort, Bourdalat et Geaune.

La pierre de Mont-de-Marsan, équivalente du point de vue géologique à celle de Bourdalat et Nabias, peut être substituée par un équivalent dont on connaît des affleurements à l'Est de Mont-de-Marsan (Bougue), à l'Ouest de Mont-de-Marsan (Campagne) et le long de la vallée de la Douze et de son affluent la Gouaneyre. Ces calcaires sableux affleurent en particulier dans les environs du moulin de Carro et près de Canenx-et-Réaut sur plus de 5 mètres d'épaisseur.

La garluche, utilisée en rénovation, provient en totalité de la récupération de l'habitat abandonné ou en ruine. Une gestion plus sérieuse de ce matériau permettrait d'éviter les prises sauvages et autres dégradations.

Ce matériau a fait l'objet d'une étude particulière que nous traiterons dans le chapitre Recherche de matériaux de substitution.

5. DEPARTEMENT DES PYRENEES ATLANTIQUES

Dans le département des Pyrénées Atlantiques, la structuration de la chaîne permet de mettre au jour une grande quantité de terrains d'âge varié et donc de faciès différents. Comme pour les autres départements étudiés, nous garderons une subdivision suivant des zones géographiques malgré une continuité relative des faciès d'Ouest en Est.

5.1. LE LABOURD

Le labourd constitue la partie la plus occidentale du Pays Basque entre Espagne, Adour et la côte océane. La géologie tourmentée du secteur est confirmée par un panel assez large dans les âges des pierres utilisées en construction.

- Pierre de Mousserolles

C'est la pierre de Bayonne : utilisée dès l'époque romaine, elle constitue l'essentiel du bâti bayonnais jusqu'au XVII^e siècle. La pierre de Mousserolles est un calcaire sableux à grain moyen à fin, jaunâtre à ocre, à stratifications obliques soulignées par des accumulations de Nummulites. D'âge Eocène inférieur, ce calcaire a été exploité entre l'Adour et la Nive, dans un quartier aujourd'hui urbanisé. Des essais effectués sur des échantillons ont donné les caractéristiques suivantes :

d	= 1,9
rc	=
porosité	= 30 %

Une étude spécifique à cette pierre a été réalisée au vu des sérieux problèmes d'approvisionnement existant à Bayonne.

- Pierre d'Urrugne

C'est un calcaire assez fin, cristallin, gris-bleu, dur en bancs de 10 cm à 1,20 m intercalés de niveaux mameux. Ce flysch d'âge Cénomaniens moyen à Coniacien a été exploité de façon intermittente dans de nombreuses petites carrières près de la côte atlantique entre Biriattou et Ciboure. Les caractéristiques techniques sont les suivantes :

d	= 2,71
rc	= 127 à 132,9 MPa



5.1. LE LABOURD

- **Pierre de la Rhune**

La pierre de la Rhune est un grès psammitique très dur grisâtre, rosé, verdâtre ou même lie de vin, parfois plus fin et micacé que l'on peut attribuer au Permien terminal et au Trias inférieur. Les bancs gréseux portent souvent l'empreinte de végétaux fossiles de type Equisétales dans les niveaux triasiques.

C'est un matériau très utilisé en Pays Basque dont l'épaisseur des bancs de grès varie de 10 cm à 2 m, exploité dans de nombreuses carrières à ciel ouvert. Ses paramètres physiques sont les suivants :

$$\begin{array}{ll} d & = 2,55 \\ \rho_c & = 113,6 \text{ à } 177,2 \text{ MPa} \end{array}$$

- **Autres pierres**

Près de Urt, Urcuit, Lahonce jusqu'à la côte près de Bidart, des petites carrières ont été ouvertes dans des calcaires plus ou moins argileux à silteux blanchâtres à rose saumon d'âge Paléocène inférieur (Danien). Cette barre calcaire pouvant atteindre une puissance de 100 m est facilement repérable dans le paysage au-dessus des flyschs du Crétacé supérieur.

5.2. LA BASSE NAVARRE

La Basse-Navarre recouvre en ce qui nous concerne la Vallée des Aldudes, les Monts Baigura, Jara et Arradoy.

La géologie du secteur est dominée par les terrains paléozoïques ce qui explique que seuls les grès et psammites de type "grès de la Rhune" ont été exploités pour la pierre de construction.

- **Grès de l'Arradoy**

C'est un grès psammitique plus ou moins fin, de couleur lie de vin, rougeâtre ou gris-vert, souvent micacé, se délitant facilement en dalles minces et régulières.

Les barres gréseuses ont été exploitées comme pierre d'ornement sur le flanc sud du Jara, de l'Arradoy et, plus à l'Est, au pic de Néthé.

Les grès extraits des carrières de l'Arradoy ont fait l'objet d'analyses géotechniques dont les résultats sont les suivants :

$$\begin{array}{ll} d & = 2,62 \\ \rho_c & = 82,2 \text{ à } 90,6 \text{ MPa} \end{array}$$



5.2. LA BASSE NAVARRE

5.3. LE NORD DU PAYS BASQUE

5.3. LE NORD DU PAYS BASQUE

Ce secteur recouvre un ensemble de collines situé entre Hasparren, Hélette, Iholdy, St Palais et la vallée de l'Adour et du Gave de Pau. C'est un terrain essentiellement constitué de flyschs d'âge Crétacé supérieur et quelques dépôts tertiaires.

- Pierre de Bidache

C'est un flysch dont les bancs épais de 5 à 50 cm sont formés de calcaires fins, sableux à graveleux (15 à 20 % de quartz), souvent granoclassé (fining-up), de couleur gris sombre coupé de bande siliceuse gris clair ou noirâtre. Les interlits sont des marnes noirâtres, plus ou moins silteuses à nombreux organismes d'âge Turonien à Coniacien. Sur les nombreuses carrières ayant exploité ce niveau dans le secteur de Bidache et Came, seule la carrière située près du lieu-dit le Poun est encore en exercice de façon intermittente.

A l'heure actuelle, cette pierre ne pose pas de problème d'approvisionnement, mais dans un proche avenir, l'abandon d'activité de la dernière carrière risque de pénaliser le marché de la rénovation ou de la construction.

Les caractéristiques des calcaires de Bidache sont assez variables, suivant le degré de silicification :

d	= 2,42 à 2,61
rc	= 44,2 à 104,1 MPa

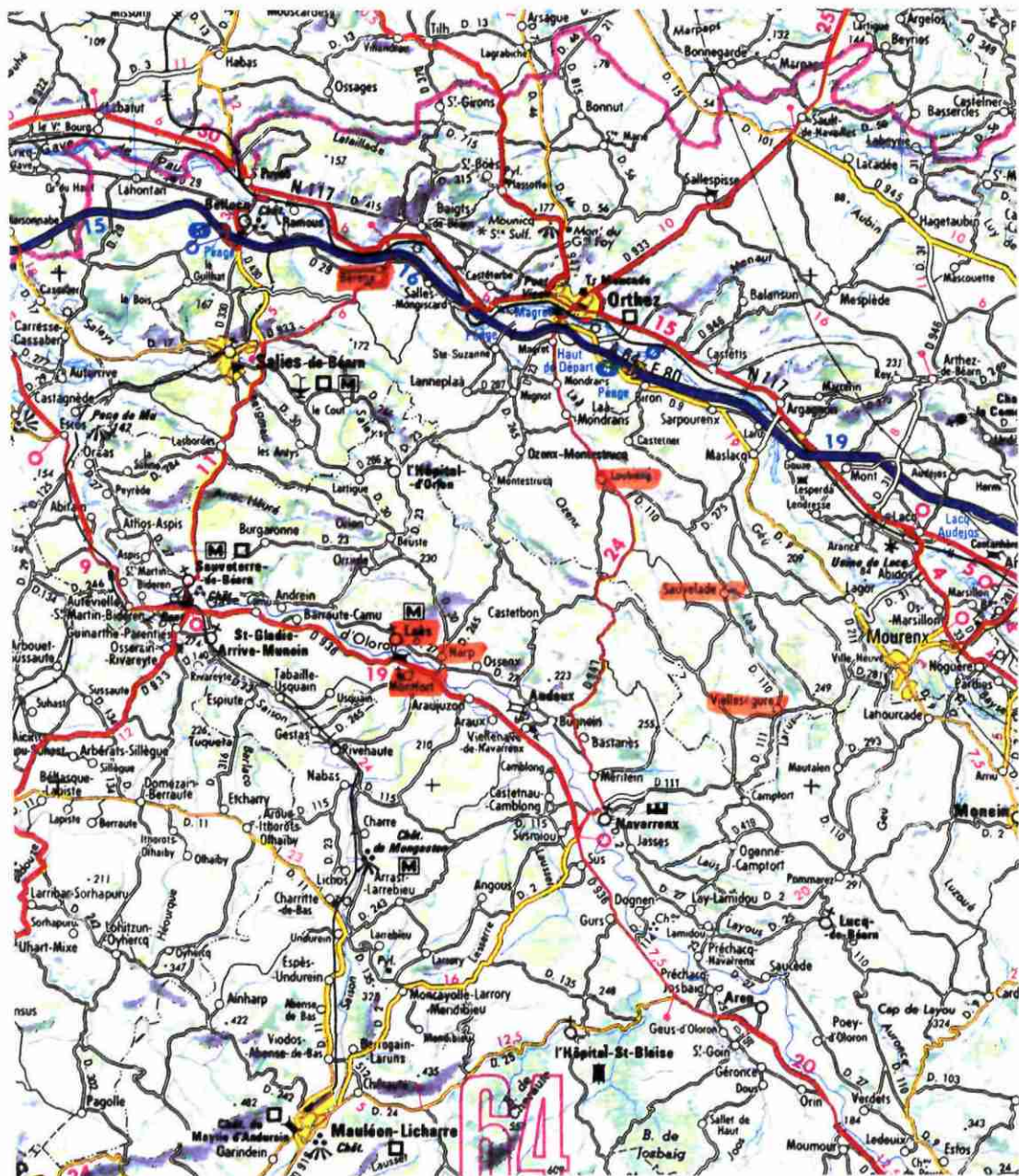
Cette pierre jouissait d'une grande notoriété pour le bâtiment et s'exportait dans les Caraïbes jusqu'au début du XX^e siècle.

- Autres pierres

Le flysch de Mixe a été largement employé dans l'habitat rural. D'âge Cénomanién, ce flysch à lits de grès parfois calcaires de teinte ocre, brune ou blanchâtre de 5 à 50 cm d'épaisseur affleure dans les landes d'Hasparren et le Bois de Mixe. Il ne semble pas y avoir eu de grandes exploitations dans ce niveau car l'épaisseur de ces flyschs est de l'ordre de 1 700 à 2 000 m, et il est plissé, ce qui conduit à faire affleurer les bancs gréseux.

5.4. LE NORD DU BEARN

Le secteur Nord-Béarn recouvre la partie Nord-Ouest de l'Entre-Deux-Gaves et déborde en rive droite du Gave de Pau jusqu'au Luy de Béarn.



5.4. LE NORD DU BEARN

La géologie du secteur est assez variée mais les faciès flysch dominant surtout en rive gauche du Gave de Pau.

Pierre de Berenx

C'est un calcaire massif, compact, grisâtre à beige à grain fin, homogène et débris algaires d'âge Albien : les calcaires à Mélobésiées. Il affleure près du lit du Gave de Pau en amont de Berenx suivant des masses d'environ 20 m d'épaisseur. La pierre de Berenx constitue le prolongement dans l'étage Albien du faciès Urgonien.

Les caractéristiques mécaniques de la roche sont les suivantes :

d	= 2,67
rc	= 56,3 à 69 MPa

• Pierre de Laas et de Montfort

Ces pierres sont extraites d'un niveau calcaire bien connu dans les Pyrénées : le calcaire de Lasseube. C'est un calcaire plus ou moins argileux à la base, grisâtre clair, passant à des bancs sublithographiques beiges ou rosé, voire saumon, à minces intercalations de marnes verdâtres ou rougeâtres provoquant un litage en bancs réguliers de 10 à 70 cm. Le calcaire est parfois fissuré et karstifié en canaux et petits gouffres généralement comblés d'argiles rouges.

C'est un calcaire très prisé dans le bâti Aquitain (Grand Théâtre de Bordeaux) car il a été utilisé dans la plupart des grands édifices des Pyrénées Atlantiques. Les caractéristiques géotechniques varient un peu suivant les carrières :

Commune de Laas	d = 2,63	rc = 74,6 à 87 MPa
	d = 2,69	rc = 116,2 à 116,4 MPa
Commune de Narp	d = 2,68	rc = 95 à 99,7 MPa
	d = 2,7	rc = 73,8 à 79,2 MPa
Commune de Montfort	d = 2,72	rc = 99,2 à 101,3 MPa
	d = 2,64	rc = 68,1 à 116,4 MPa

Toutes ces carrières sont aujourd'hui abandonnées, mais des affleurements de calcaire de Lasseube ne manquent pas dans la région pyrénéenne depuis la côte jusqu'aux environs de Pau.

Dans le secteur Nord-Béarn, seule une carrière est en activité près de Loubieng et fournit du concassé.

- Autres pierres

Plusieurs autres types de pierre ont été utilisés pour le bâti rural et les églises romanes.

Les flyschs du Paléocène supérieur et de la base de l'Eocène inférieur sont ponctués de niveaux gréseux à ciment calcaire de couleur gris-bleuté, à grain fin à moyen, souvent durs (secteur la Sauvelade – Castetbon – Vielleségure).

Les cailloutis des nappes fluviatiles d'âge Pliocène sont çà et là agglomérés par un ciment ferrugineux et constituent des lentilles discontinues de conglomérat appelées "pierres de gretch" par les agriculteurs locaux.

5.5. LA VALLEE DU SAISON

La géologie des terrains de ce secteur est dominée par la présence des flyschs crétacés, structurés au niveau des chaînons béarnais en une succession d'anticlinaux faillés et synclinaux mettant au jour des terrains jurassiques et triasiques.

- Pierre de Mauléon ou pierre de Viodos–Abense

La pierre de Mauléon est constituée par une récurrence calcaire appelée "Grande barre calcaire" à la fin du Turonien dans les flyschs du Crétacé supérieur. Elle est formée de bancs calcaires de 10 cm à 1 m d'épaisseur à joints secs, présentant souvent des laminations ondulées. Les calcaires sont détritiques à la base, micritiques puis de Viannet argileux vers le sommet, de couleur gris foncé à blanchâtre.

Les caractéristiques géotechniques sont les suivantes :

d	= 2,64
rc	= 84 à 150,5 MPa

L'exploitation de cette pierre semble être actuellement abandonnée.

- Pierre de Harriguia

La pierre de Harriguia constitue pour une grande part l'ossature des structures plissées dans les chaînons béarnais. Il fait suite aux "Calcaires Urgoniens" d'âge Aptien terminal et est connu sous l'appellation de "Calcaires à Mélobésiées" des géologues.

Exploités en carrières à ciel ouvert sur le territoire de la commune de Laguinge, il se présentent sous forme de calcaires gris foncé à bleuâtre rayés de veines de couleur terre de Sienne ou jaunâtre cuivré, en masse de 2 à 10 m d'épaisseur en bancs irréguliers. Ce sont en fait des calcaires récifaux à Polypiers et Mélobésiées passant latéralement aux marnes à spicules de l'Albien.

Les essais géotechniques donnent les résultats suivants :

$$\begin{array}{ll} d & = 2,71 \\ rc & = 94,7 \text{ à } 147 \text{ MPa} \end{array}$$

Commercialisées sous le même nom, les carrières de la commune d'Alçay ont exploité les calcaires urgoniens d'âge Aptien supérieur. Ce sont des calcaires gris plus moins grenus à rudistes (Toucasia) et microfossiles. Les qualités géotechniques sont assez similaires :

$$\begin{array}{ll} d & = 2,68 \\ rc & = 118 \text{ à } 145 \text{ MPa} \end{array}$$

- Autres pierres

Le "Noir de Cihigue" est une pierre marbrière utilisée de préférence en décoration intérieure (dallages, plinthes...).

Les carrières ont été ouvertes au Nord-Nord-Ouest de Cihigue très récemment (1964) mais le matériau peut convenir comme pierre de substitution à certains marbres. Le calcaire est fin, de couleur noire à gris foncé, avec quelques filaments de calcite blanche. Les grandes masses de calcaire urgonien permettent de découper des blocs de grande dimension.

5.6. LA VALLEE D'ASPE, D'OSSAU ET LA REGION SUD-PALOISE

Dans cette partie du Béarn, de nombreuses pierres à appellations différentes sont extraites dans les calcaires urgoniens. C'est en général un calcaire massif de couleur gris à brunâtre à pâte assez fine, avec parfois des taches colorées.

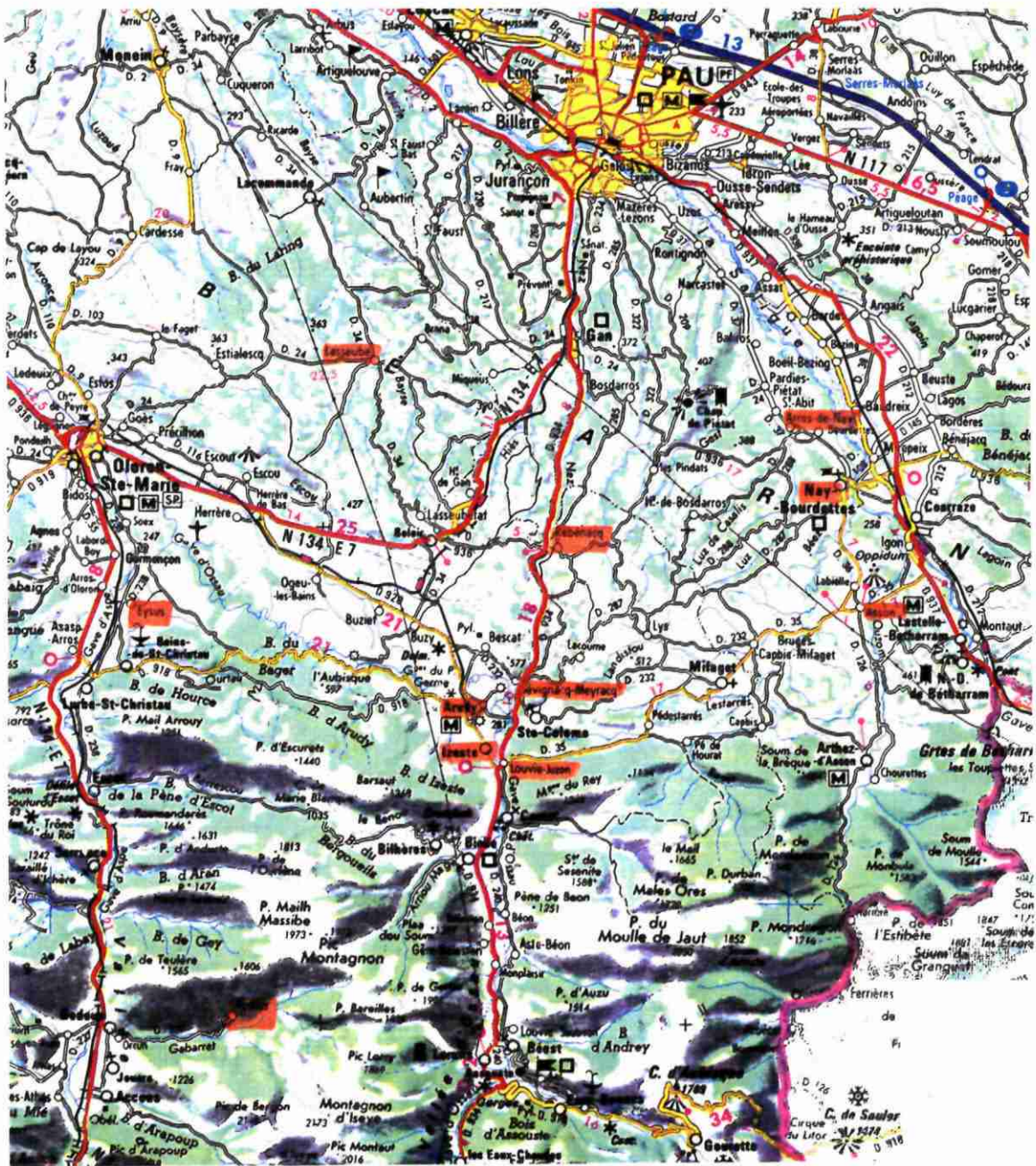
- Pierre de Rébénacq

C'est un calcaire compact, gris foncé légèrement marron, fin, exploité à ciel ouvert près des grottes de l'Oeil-du-Nez. Ces calcaires urgoniens sont caractérisés par les paramètres physiques suivants :

$$\begin{array}{ll} d & = 2,71 \\ rc & = 140 \text{ à } 180 \text{ MPa} \end{array}$$

- Pierre d'Eysus

Exploité au Nord-Est de Lurbe St Christau, le calcaire urgonien est gris foncé, à grain fin. Ses caractéristiques techniques sont les suivantes :



5.6. LA VALLEE D'ASPE, D'OSSAU ET LA REGION SUD-PALOISE

d = 2,63	rc = 74,6 à 87 MPa au lieu-dit La Maison
d = 2,75	rc = 111,2 à 151,4 MPa au lieu-dit Larrigau encore en exploitation intermittente

- **Pierre d'Arudy**

Exploités comme pierre marbrière dans de nombreuses carrières à l'Ouest d'Arudy, les calcaires urgoniens présentent un faciès typique de calcaires gris, compacts, massifs, à grain fin, avec les paramètres physiques suivants :

d	= 2,7
rc	= 91,7 à 151 MPa

- **Pierre de Méracq**

Le faciès urgonien est représenté par un calcaire compact, gris-chocolat taché de noir, à pâte fine. Les caractéristiques techniques sont très proches de celles des pierres précédentes :

d	= 2,69
rc	= 128,7 à 174,5 MPa

- **Pierre noire coquillée d'Izeste**

Les calcaires urgoniens sont exploités comme pierre marbrière sur le territoire de la commune d'Izeste. Il est appelé Noir Basque quand le matériau est uni. C'est un calcaire à rudistes, compact, à ciment microgrenu, fond noir uni ou parsemé de taches blanches (coquilles), ou gris clair rosé tacheté de noir.

Les grandes masses de calcaire permettent le débit en blocs de grande taille, aux caractéristiques géotechniques suivantes :

d	= 2,71 à 2,75
rc	= 87,2 à 109,4 MPa

- **Pierre de Louvie**

Abandonnée depuis 1950, la carrière située sur la commune de Louvie-Juzon, exploitait un calcaire gris perle à veines plus foncées, à grain fin. Les bancs de calcaire urgonien variaient de 20 cm à 1,50 m d'épaisseur, et le matériau était caractérisé par les paramètres physiques suivants :

d	= 2,7
rc	= 98 à 144,5 MPa

- **Pierre de Bouzom**

La pierre de Bouzom exploitée au Sud-Ouest de Nay en carrière à ciel ouvert, est constituée de bancs de grès à ciment calcaire en bancs de 9 cm à 1,15 m séparés par des interlits de marnes d'âge Campanien. Les bancs gréseux durs de ce flysch deviennent de plus en plus sableux, micacés et mal cimentés (dalles d'Asson).

Les carrières de Bouzom, Lanot, Pareil et Pabinc sont abandonnées, mais on connaît les caractéristiques mécaniques de ces grès :

d = 2,66 à 2,68	rc = 118,7 à 196,3 MPa à la carrière Bouzom
d = 2,65	rc = 139,1 à 180 MPa à la carrière Pabinc

- **Autres pierres**

La "pierre d'Arros" autrefois exploitée à ciel ouvert était constituée de bancs de 15 cm à 80 cm de calcaire blanc grisâtre, légèrement rosé parfois, à grain moyen, compact et de calcaire blanc, compact, à grain fin.

Les paramètres physiques étaient les suivants :

d = 2,47	rc = 133,6 à 153,9 MPa pour les passées blanchâtres
d = 2,68	rc = 136,4 à 176,7 MPa pour les bancs grisâtres

On ne retrouve plus l'emplacement de ces carrières.

Les "calcaires de Lasseube" ont été exploités à l'Ouest de Lasseube. Ils ont fourni entre autres le matériau de construction pour l'église romane du XIII^e siècle de Lacommande.

En vallée d'Aspe en particulier, les "calcaires griottes" du Dévonien supérieur ont été utilisés dans l'habitat ancien. C'est un calcaire rouge violacé à taches blanchâtres exploité aujourd'hui dans les Hautes Pyrénées.

Dans la région de Bedous, les cargneules du Trias et du Lias ont été exploitées en petites carrières sous l'appellation "pierre d'Aydius". Toutes ces carrières sont actuellement abandonnées.

5.7. LA RENOVATION DANS LES PYRENEES ATLANTIQUES

La pierre de Mousserolles utilisée jusqu'au XVIII^e siècle dans le bâti bayonnais connaît un problème aigu d'approvisionnement à l'heure actuelle. Une étude spécifique (chapitre 6.3) a permis de trouver de nouveaux sites d'exploitation pour une pierre équivalente.

L'exploitation de la pierre de Bidache, malgré son utilisation assez développée dans la construction, est sur le déclin et n'est plus prélevée que ponctuellement dans une carrière.

Le potentiel en matériau existe comme le soulignent les nombreuses carrières abandonnées, mais l'absence de volonté d'exploiter ou la non rentabilité de l'exercice provoquent la déprise de l'utilisation de la pierre de Bidache.

Hormis la pierre de la Rhune et de quelques pierres marbrrières du sud de Pau, la plupart des carrières ayant fourni la pierre de construction des châteaux, des églises romanes, ont été abandonnées au XIX^e siècle avec l'utilisation des calcaires urgoniens et au XX^e siècle avec le développement des échanges et l'apparition des matériaux modernes.

6. RECHERCHE DE MATERIAUX DE SUBSTITUTION

6.1. LA PIERRE DE VIANNE

La pierre de Vianne pose un problème d'approvisionnement car de nombreux édifices locaux ou extra-départementaux ont utilisé cette pierre en particulier pour les soubassements (Grand Théâtre et Pont de Pierre à Bordeaux).

Les monuments ou édifices les plus représentatifs de l'utilisation de la pierre de Vianne sont les suivants : moulin fortifié de Barbaste (XIII^e siècle), enceinte et église romane du XII^e siècle de Vianne, château de Nérac (début XIV^e siècle), église Saint-Pardoux de Moncaut (XII^e), château de Mongaillard (XII^e) bâti par Richard Coeur de Lion, château de Xaintrailles (XII^e), la maison des hospitaliers de St Jean de Jérusalem (XII^e) à Nomdieu, le prieuré de Moirax (XI^e) et beaucoup d'autres châteaux, manoirs, églises, depuis le style Renaissance jusqu'au Néo-classique. Il y a un sérieux problème d'approvisionnement pour cette pierre, cependant il existe de nombreuses carrières abandonnées dans la région, en particulier dans le niveau le plus intéressant du point de vue géotechnique : le calcaire blanc de l'Agenais.

Citons les carrières de Mauregon dans la vallée du ruisseau de la Tétiaide, du Bois de Bourdette au Sud de Sérignac, de Trotte-Lapin près de Moirax et Boulotte au Sud de Layrac. Ces carrières ne présentent pas à priori d'obstacle majeur pour être remises en exploitation.

6.2. LA GARLUCHE

La pierre des Landes, ou garluche, a été largement utilisée dans le bâti rural mais aussi lors de la construction des églises du département des Landes et de Gironde.

Parmi les monuments et édifices les plus représentatifs, citons le château d'Aliénor d'Aquitaine à Belin, les églises de Mios, Lugos, Mons, Mézos, Pontenx les Forges, Belhade, Labouheyre, Sabres et Garcin.

En général, la garluche n'intervient qu'en partie dans l'édification des murs sauf à Mézos et Pontenx où elle sert de moellon.

Les anciens lieux d'extraction de la garluche sont à peu près connus : Lacanau, le Porge, Andernos, Biganos, Parentis, Biscarosse, Mimizan, Uza, Rion, Brocas et le long de la

Leyre à Mios, Lugos, Castelnau, Pissos et Commensacq. Cette activité extractive est fort ancienne puisqu'on retrouve des vestiges de forges qui indiquent que l'emploi de la garluche comme minéral de fer remonte au moins au XIII^e siècle, voire même à la proto histoire.

Déjà, à l'époque de l'âge du fer, sur le site de Mios, des scories associées à un "tumulus à incinération" confirment un début de métallurgie dans les Landes.

Une prospection géologique sur le terrain a permis de retrouver les affleurements de garluche de la forêt communale de Cantegrit le long du ruisseau de Bise et de la barade de Cantegrit. Après accord de la municipalité de Commensacq, trois tranchées d'une profondeur de 1,8 m et d'une largeur de 0,5 m à la base et 1,5 m au sol ont été effectuées sur des parcelles communales autrefois exploitées. Le matériel utilisé était une pelle hydraulique POCLAIN à chenille 90CK munie d'un godet trapézoïdal de 1 m³ généralement utilisé pour réaliser des drainages dans les Landes.

Deux tranchées perpendiculaires exécutées près de la barade de Cantegrit à proximité des affleurements naturels et surtout la tranchée effectuée près des anciennes exploitations se sont avérées très décevantes. Les lentilles de garluche n'ont jamais été recoupées sur plus de 15 m à l'inverse de la barade de Cantegrit où la garluche semble affleurer en continu sur 30 à 40 m.

Il est apparu au fur et à mesure du déroulement du chantier que la méthode utilisée pour localiser les taches de garluche n'était pas adaptée, et que l'analyse stéréoscopique des photographies aériennes sur les coupes rases devrait conduire à des résultats beaucoup plus performants. Les méthodes géophysiques classiques devront être également testées si une volonté d'exploiter la garluche est adoptée.

Sur les conseils de l'architecte des Bâtiments de France du département, une prise d'échantillon de taille industrielle a été effectuée pour des essais de broyage. Le but du broyage de la garluche devait, sur un échantillon en vraie grandeur, permettre d'apprécier les possibilités d'incorporation du concassé dans des bétons afin de proposer un produit peu onéreux mais dont l'aspect rappelle les ouvrages traditionnels des Landes. Un prélèvement a été effectué à la pelle hydraulique près d'une zone anciennement exploitée, et plus de 15 tonnes de garluche ont été mises au jour.

Avec la collaboration de la société TRANS-MINERAL, cet échantillon industriel a été transporté près de Rochefort (Charentes) puis traité dans un broyeur à mâchoires. Le broyeur, réglé pour un concassé de 10 cm, a provoqué l'éclatement en petits morceaux anguleux mais aussi la libération de sables fins type Sable des Landes mêlés d'hydroxydes de fer pulvérulents.

En moyenne, sur l'ensemble de l'échantillon, la fraction fine inférieure à 5 mm représente 38 % et la fraction grossière soit des éléments de 3 à 10 cm s'élève à un taux de 62 % du produit initial. Cette forte proportion de fine est très pénalisante pour l'utilisation prévue ainsi que la forte quantité d'hydroxydes pulvérulents.

Suite à ces essais relativement décevants, il a été décidé de ne pas donner une suite immédiate à ce projet.

6.3. LA PIERRE DE MOUSSEROLLES

Un certain nombre de bâtiments historiques et de monuments de Bayonne et de sa région ont été construits, du moins en partie, avec une roche calcaire très caractéristique au point de vue couleur et texture, la "pierre de Mousserolles", du nom du quartier de Bayonne d'où elle était extraite.

Ce calcaire gréseux de couleur jaune-ocre, riche en Nummulitidés, est faiblement induré, et il devient pulvérulent et se désagrège avec le temps. Ceci nécessite des travaux de restauration importants sur les monuments, comme la cathédrale de Bayonne par exemple.

Le quartier de Mousserolles, situé au sud-est du Petit Bayonne entre la Nive et l'Adour, et d'où provenait le matériau, est maintenant fortement urbanisé. La présente étude a donc consisté à identifier d'autres sites éventuels dans les formations géologiques équivalentes de la région, qui pourraient fournir un matériau de substitution aux fins de restauration.

Après investigation de terrain, il s'avère d'une part que la "pierre de Mousserolles" est un faciès très localisé, qui ne se trouve qu'à Bayonne et à Biarritz, où il affleure dans les falaises côtières, d'autre part que les formations géologiques de même âge situées de chaque côté de l'Adour ont une composition pétrographique et un faciès différents.

Un site a cependant pu être identifié sur le rebord sud du plateau de Mousserolles, en bordure du ruisseau de Hillans, correspondant très probablement à d'anciennes carrières. Il y est techniquement possible d'extraire à nouveau un matériau comparable à la roche d'origine. Des échantillons ont été prélevés sur ce site afin de comparer leurs caractéristiques pétrographiques et physiques avec celles de la pierre ouvrée.

Cependant les conditions d'affleurement n'ont permis de soutirer que des blocs de calcaire induré, assez différent du calcaire tendre qui est employé dans les constructions, mais celui-ci existe également sur place. Il faudrait donc envisager des travaux de décapage, pour pouvoir échantillonner plus finement et trouver les couches identiques à celles exploitées auparavant, sachant que le site se trouve sur une propriété privée.

Enfin, il existe d'autres anciennes carrières plus au sud, où nous avons pu observer très partiellement un niveau assez comparable à celui de Mousserolles. Là encore, du fait de l'accessibilité médiocre et des mauvaises conditions d'observation, il conviendrait de dégager l'endroit pour mieux le reconnaître, mais ceci seulement au cas où le site de Mousserolles-Hillans ne conviendrait pas.

Le but de la présente étude est donc, d'une part de caractériser le matériau "pierre de Mousserolles", assez hétérogène dans le détail, d'autre part d'identifier un ou des sites

pouvant fournir un matériaux analogue, sachant que le quartier de Mousserolles est maintenant très urbanisé.

La conduite de l'étude a consisté à examiner le faciès de la pierre ouvree en place, et à obtenir des échantillons représentatifs provenant d'anciennes constructions, afin de procéder aux analyses et tests de caractérisation. Par ailleurs, toutes les formations géologiques de la région, équivalentes stratigraphiquement à celle du site de Mousserolles, ont été visitées, afin de sélectionner un ou des sites susceptibles de fournir un matériau de remplacement.

- **La pierre de Mousserolles dans le bâti bayonnais**

Les monuments de Bayonne où la pierre de Mousserolles est la mieux exposée sont la cathédrale, le Château Neuf et le Château Vieux, où elle a été employée en blocs d'assez grandes tailles dans les murs et les enceintes (planche 1, photo N° 1). Dans certaines façades non restaurées du Musée Basque elle est plus travaillée, au niveau des ouvertures notamment (planche 1, photo N° 2).

A l'extérieur de Bayonne, c'est à l'Abbaye de Sorde, située en bordure du Gave d'Oloron à la limite des départements des Landes et des Pyrénées-Atlantiques, que l'on retrouve un bâti ancien fait partiellement en pierre de Mousserolles (planche 1, photo N° 3). Celle ci a probablement été transportée par barge depuis Bayonne.

La présentation la plus caractéristique de la pierre de Mousserolles est celle d'un calcaire gréseux à grain assez fin, à texture relativement poreuse, contenant des lits à stratification oblique soulignés par des accumulations de Nummulitidés (foraminifères de grandes tailles caractéristiques des dépôts marins du Tertiaire inférieur). De plus, sa couleur jaune-ocre à zones parfois rougeâtres est également très typique, est contribue à donner un cachet particulier aux constructions.

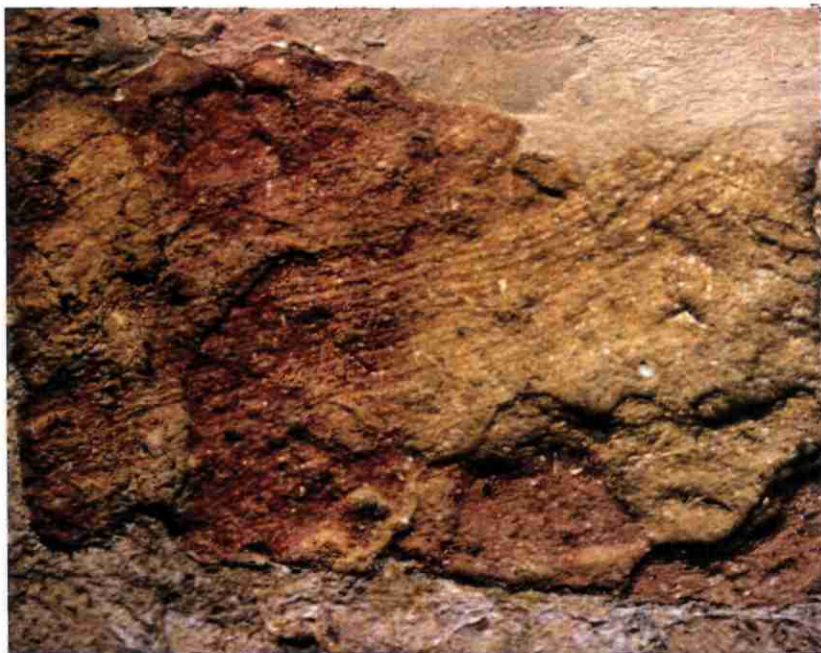
Cependant, du fait de sa faible cimentation et de son hétérogénéité, ce matériau s'altère de façon différentielle, les lits les plus sableux devenant pulvérulents et apparaissant en creux par rapport aux niveaux plus indurés riches en bioclastes. Dans l'ensemble, la pierre devient très friable et se désagrège à la main dans ses parties les plus altérées, qui peuvent atteindre plusieurs centimètres de profondeur, comme par exemple sur la façade est de la cathédrale.

A l'intérieur des constructions, la pierre est particulièrement altérée dans certaines parties basses des murs, où il semble que des remontées capillaires, salines dans le cas du Musée Basque, soient à l'origine de la désagrégation très poussée de certaines zones (base des absides de la partie est de la cathédrale).

Après avoir envisagé d'échantillonner la roche en place dans certaines parties des monuments, cette éventualité à été écartée pour deux raisons.



Ph 1 : Musée Basque, façade nord, seuil et entourage de fenêtre



Ph 2 : Abbaye de Sorde, détail de la stratification et de la pigmentation

Ph 3 : Abbaye de Sorde

Planche 1. La pierre de Mousserolles altérée dans différents monuments et bâtiments de Bayonne et des environs

La première est d'ordre technique (carottage à sec à la perceuse, difficile à exécuter), l'autre est due à l'obligation de faire le carottage dans le sens de la stratification et non pas perpendiculairement, ce qui enlève une grande partie de la représentativité de l'échantillon sur le plan de ses caractéristiques mécaniques et pétrographiques.

Nous avons donc préféré un échantillonnage sur des blocs ouverts, enlevés de leur bâti. Ceci a été possible sur une pierre de voûte sculptée provenant d'une ancienne maison de Bayonne, entreposée au Musée Basque, ainsi que sur un bloc provenant de travaux effectués sur le parvis de la cathédrale, enfin sur un autre bloc trouvé sur un chantier de construction.

Le carottage de la pierre de voûte du Musée a été difficile à réaliser, et la carotte obtenue était brisée en sortant. Un fragment a été conservé pour les mesures de densité et de porosité (échantillon MD 1), mais celui-ci n'est pas assez long pour les essais géotechniques.

Par contre les carottages des deux blocs taillés, effectué au laboratoire matériaux du BRGM, a permis d'obtenir pour chacun d'eux trois éprouvettes de 40 mm de diamètre, pour les essais mécaniques décrits plus loin (échantillon cathédrale: CB 1, et échantillon chantier: MO 1).

- Contexte géologique

Sans entrer dans le détail du contexte géologique de dépôt et d'évolution des faciès carbonatés de la période Eocène supérieur – Oligocène inférieur, auxquels appartient la série de Mousserolles (âge – 37 millions d'années environ), on peut noter qu'il s'agit d'abord de formations marines, ce qui est attesté par l'abondance d'une faune caractéristique à grands Foraminifères Nummulitidés, Echinodermes, bivalves etc.

Le milieu de dépôt est celui d'une plate-forme assez stable, à la topographe régulière, comblant un sillon peu profond par des dépôts progradants d'Est en Ouest. Sa situation en bordure d'une zone en début de surrection (chaîne pyrénéenne) pourrait expliquer l'importance des apports détritiques terrigènes, qui sont représentés par des galets centimétriques à décimétriques parfois abondants, et par une fraction quartzo-sableuse, qui confère un faciès gréseux à une roche à dominante carbonatée.

Le caractère sublittoral des dépôts (profondeur comprise entre 50 et 100 mètres), est également attesté par la structure litée entrecroisée que l'on remarque souvent sur les blocs taillés, ce qui indique un milieu soumis à l'agitation des vagues et aux effets de tempête. Dans ce contexte, il est normal que le faciès de détail soit variable: fraction sableuse plus ou moins abondante, présence irrégulière de galets, lits à accumulation de Nummulites et bioclastes, bancs plus carbonatés et indurés etc.

La carte géologique de Bayonne à 1/50 000*, où sont cartographiés ces séries (figure 1) et sa notice, sont de conception ancienne, et comportent des ambiguïtés sur l'attribution exacte des affleurements de Mousserolles.

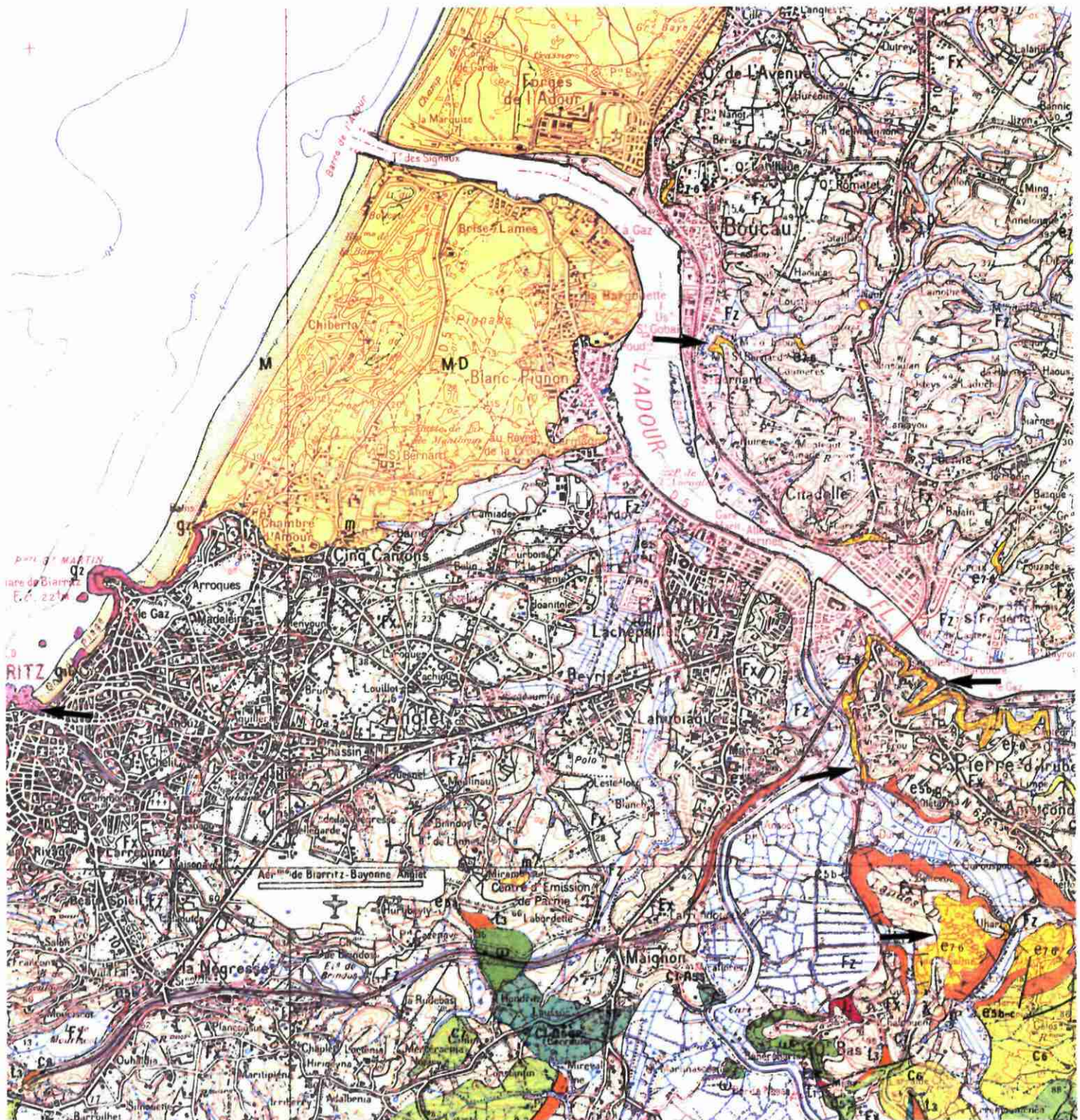


Figure 1. Localisation des principaux affleurements de l'Eocène et de l'Oligocène (es b, e6-7 et g1 b) sur un extrait de la carte géologique à 1/50 000 de Bayonne

En effet, les rebords du plateau de Mousserolles–St Pierre–d'Irube sont cartographiés en Eocène supérieur, série constituée de marnes et de calcaires gris, alors que la notice mentionne la présence sur place de grès calcarifères et de calcaires gréseux ocres, en posant la question de savoir si la série ne monte pas stratigraphiquement jusqu'à l'Oligocène inférieur.

Il est en effet très probable que la série calcaréo–gréseuse de Mousserolles soit d'âge oligocène inférieur, par comparaison et analogie avec celle décrite dans les falaises de Biarritz au niveau du Rocher de la Vierge ("grès tendres, jaunes, en bancs calcaréo–gréseux pétris de Nummulites, au sein desquels on rencontre des lits de cailloux roulés" d'après la notice de P. Lamare), datée du Sannoisien inférieur (Oligocène inférieur). L'observation de cet affleurement particulièrement dégagé par l'érosion permet de remarquer la présence de bancs indurés irréguliers, d'épaisseur décimétrique à métrique, au sein de la masse de calcaires gréseux plus tendres.

- Recherche de sites nouveaux

Les formations géologiques de la région du Bas-Adour susceptibles de renfermer des faciès de type "Mousserolles" ont été reconnus au cours d'investigations de terrain. Cette région est couverte d'Ouest en Est et du Sud au Nord par les cartes géologiques à 1/50 000^e de Bayonne, Hasparren, Orthez, St-Vincent-de-Tyrosse et Dax.

– Carte Bayonne: le quartier de Mousserolles est actuellement très urbanisé, et traversé par de nombreuses voies de communication. Sur le rebord qui longe l'Adour, se succèdent des habitations et des bâtiments industriels. Nous n'avons trouvé qu'un seul site avec un petit affleurement, qui correspond probablement, d'après sa topographie en creux, à une ancienne carrière (figure 2, point 1). Etant maintenant coincé entre la voie ferrée et la voie rapide qui relie le centre de Bayonne à l'autoroute, ce site ne présente aucune possibilité de mise en exploitation. Aucun autre affleurement n'a pu être repéré à Mousserolles même.

Au débouché sud du tunnel dans lequel passe la voie ferrée menant à St-Jean-Pied-de-Port, des affleurements de calcaires à Nummulites plus ou moins gréseux sont visibles le long de la tranchée encaissée où passe la voie, sur environ 400 mètres (figure 2, point 2). Le quartier étant résidentiel, il n'y est pas possible d'envisager une petite exploitation. D'après des informations orales, il y a eu anciennement dans ce secteur des carrières de pierre.

Nous pensons avoir retrouvé certaines d'entre elles, environ 200 mètres au sud de la tranchée, le long de l'escarpement que fait le rebord du plateau de Mousserolles en bordure de la plaine de la Nive et du ruisseau de Hillans (figure 2, point 3). En effet, bien que recouvert par une végétation arbustive touffue, le rebord du plateau montre une marque d'entaillement nette par rapport au fond de la plaine alluviale de la Nive et du ruisseau d'Hillans. C'est sur le flanc sud, le long du chemin menant à la ferme de Hillans,

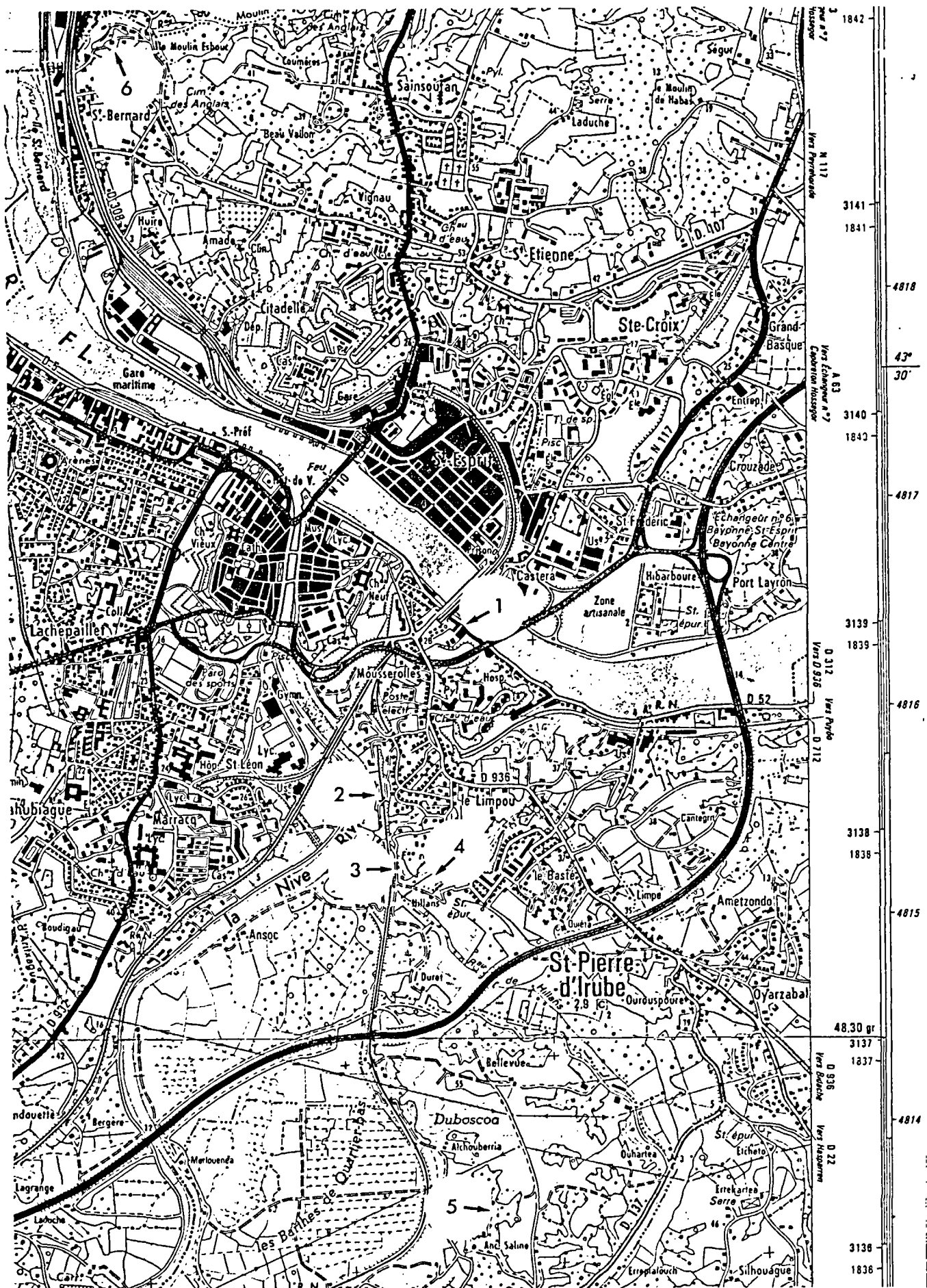


Figure 2. Localisation des sites d'observation de calcaires à Bayonne et ses alentours sur un extrait de la carte topographique à 1/25 000 de l'IGN

que se trouve le site le plus accessible, dans lequel la série carbonatée de Mousserolles est la mieux observable, à la faveur d'une ancienne excavation (figure 2, point 4).

Ce site sera décrit en détail dans le chapitre suivant.

Entre Biarritz et Mousserolles, aucun affleurement n'apparaît, les séries d'âge tertiaire étant recouvertes par les terrasses alluviales quaternaires.

Comme nous l'avons mentionné plus haut, c'est à Biarritz que la série calcaréo-gréseuse de l'Oligocène inférieur est la mieux représentée le long des falaises, sur environ un kilomètre d'Est en Ouest, de l'ancienne villa Eugénie au Rocher de la Vierge. Pour des raisons évidentes liées à l'intérêt esthétique du secteur, il est impossible d'y installer un site d'extraction.

Deux autres affleurements, cartographiés en équivalent stratigraphique de la série de Mousserolles, sont mentionnés sur la carte. Le plus important se situe au sud de Mousserolles et du ruisseau de Hillans, dans la partie sud des landes Duboscoa. La meilleure coupe se trouve dans d'anciennes exploitations de pierre de construction le long du vallon des salines (figure 2, point 5). Ici encore les conditions d'observation ne sont pas bonnes à cause de la végétation.

On peut observer une épaisse série (plus de 20 mètres) de calcaires généralement durs, très fossilifères, en bancs massifs assez fracturés. Leur teinte est variable, beige, grise, jaune Ces faciès sont dans l'ensemble assez différents de celui de Mousserolles, bien que les niveaux les plus élevés que l'on ait pu prélever soient de couleur jaune-ocre assez proche de celle du calcaire de Mousserolles. Il pourrait donc exister dans la partie sommitale de cet affleurement, actuellement peu visible, des niveaux présentant des similitudes avec le faciès de Mousserolles.

De plus la situation de ce site, en zone rurale, est favorable à des travaux d'exploitation.

Le dernier affleurement intéressant se trouve en rive droite de l'Adour, au lieu dit le Moulin d'Esbouc au sud de Boucau (figure 2, point 6). On observe effectivement sur une centaine de mètres un ensemble calcaréo-gréseux hétérogène, de couleur ocre, avec des alternances de niveaux à stratifications obliques d'aspect sableux friables, et de blocs ou bancs irréguliers indurés contenant des Nummulites abondantes. Il s'agit bien, d'après le faciès, de niveaux identiques à ceux de Mousserolles-Hillans et de Biarritz, mais les bancs gréseux sont particulièrement friables, ce qui n'est pas favorable à leur emploi comme pierre de taille.

Ce site étant par ailleurs loti ne peut donc pas être retenu pour fournir un matériau de substitution à la pierre de Mousserolles.

– Cartes Hasparren, Orthez, St-Vincent-de-Tyrosse et Dax

On peut distinguer deux ensembles géologiques assez distincts, d'une part au sud des Gaves réunis puis de l'Adour, où dominent les formations d'âge crétacé à éocène moyen, d'autre part au nord de cette limite, où dominent les formations d'âge éocène moyen à

oligocène. Dans la partie sud (cartes Hasparren et Orthez), nous n'avons effectivement observé aucun affleurement qui puisse rappeler le faciès de Mousserolles.

Dans la partie située au nord de la limite Adour-Gaves (régions de St-Martin-de-Seignanx et de Peyrehorade), nous avons pu constater qu'aucun des affleurements des terrains datés de l'Eocène supérieur-Oligocène inférieur ne présente de faciès calcaréo-gréseux de couleur ocre-jaune comparable à celui de la pierre de Mousserolles.

Il est donc certain que le faciès de la pierre de Mousserolles ne se rencontre à l'affleurement que dans le secteur Bayonne-Biarritz-Boucau.

- Site de Mousserolles-Hillans

Comme nous l'avons signalé, il s'agit là du seul site potentiellement exploitable du secteur de Mousserolles (figure 2, point 4). Il faudra cependant envisager une étude plus détaillée des divers bancs calcaréo-gréseux qui y sont présents, si le propriétaire ne s'y oppose pas. L'extrait cadastrale (figure 3) montre la localisation précise de l'affleurement et l'emprise de l'ancienne carrière.

Le site est en grande partie masqué par la végétation (planche 2, photo N°1). L'ancienne carrière a un front de taille de 6 à 8 mètres de hauteur, et le dénivelé du plateau atteint environ 15 mètres, le sommet semblant être recouvert par des limons.

Il y a donc un fort recouvrement de la partie gauche de la carrière, un plus faible dans la partie droite. Le front de taille est long d'environ 20 mètres, pour une profondeur maximale de 6 mètres environ. On peut estimer le volume enlevé à environ 500 m³, ce qui est faible, en liaison avec la nature très artisanale de l'exploitation.

La série calcaréo-gréseuse de faciès Mousserolles que l'on peut observer est constituée d'une alternance de bancs métriques de calcaires gréseux et fossilifères assez tendres qui sont altérés et recouverts par la végétation, et de bancs decamétriques à métriques irréguliers de calcaires très indurés (planche 2, photo N°2). Ceux-ci, moins fréquents, sont en relief, de façon assez comparable à ce que l'on peut observer dans les falaises de Biarritz.

L'épaisseur réelle de la série à l'affleurement a été estimée à 20-25 mètres, avec un pendage des couches important, de 45 à 60°, en direction du sud-est. Ceci est un élément favorable à une exploitation sélective dans la mesure où il sera possible de mieux choisir les bancs les plus typiques du faciès "Mousserolles". Mais il reste à vérifier la répartition exacte des diverses couches, après avoir procédé à un déblayage et à un décapage du site.

L'échantillonnage de blocs de taille suffisante pour y prélever des éprouvettes a été assez difficile, du fait de l'état d'altération actuel du site. En effet, seul les bancs indurés sont en relief, les bancs les plus tendres restant en creux et étant altérés. Nous n'avons donc pu retirer que deux blocs de calcaire dur appartenant à deux bancs différents (échantillons MH 1 et MH 3) ainsi qu'un échantillon de calcaire gréseux peu fossilifère tendre (MH 5).

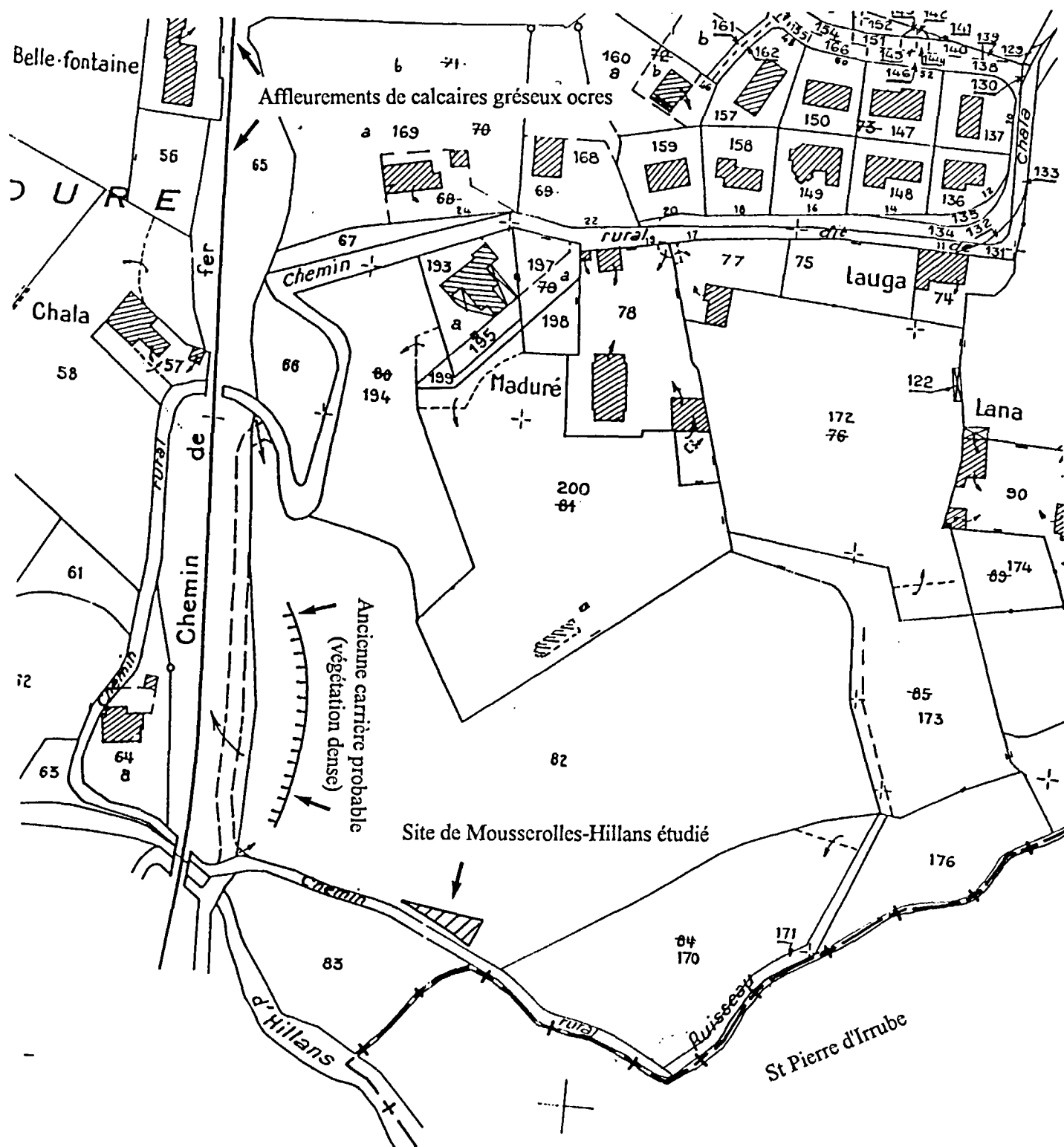


Figure 3. Localisation du site de Mousserolles-Hillans et emprise de l'ancienne carrière (extrait cadastral de Bayonne, section CY, à 1/2000)



Ph 1 : Partie ouest du site, série calcaire recouverte de végétation



Ph 2 : Détail d'un banc

Planche 2. Partie ouest du site de Mousserolles-Hillans et détail d'un banc de calcaire induré

Les études pétrographiques et les essais de caractérisation mécanique et physique de ces échantillons sont effectués dans le chapitre suivant.

– Site des Landes Duboscoa

Situé environ à 2 km au sud du site de Mousserolles–Hillans, celui des Landes Duboscoa est assez différent. Il s'agit d'un ensemble de petites carrières abandonnées assez récemment, mais dont l'accessibilité est déjà difficile. On y observe une série de gros bancs de calcaires massifs généralement durs, très fossilifères, sur environ 200 mètres de longueur. Le pendage de l'ensemble est assez constant, 30° en moyenne, et l'épaisseur de la série dépasse 20 mètres. Les différents calcaires sont de couleur variable, généralement beiges, gris-clair, plus rarement jaunâtres.

C'est apparemment vers le sommet de la série, dans la zone la plus difficile d'accès, que les niveaux présentent le plus de similitude avec ceux de Mousserolles, mais sans cet aspect gréseux caractéristique. Les échantillons les plus représentatifs ont été prélevés, pour une éventuelle caractérisation comparée avec ceux du faciès Mousserolles.

Une étude plus poussée du site, après l'avoir débroussaillé, est à envisager, mais uniquement dans le cas où il ne serait pas possible de travailler sur le site de Mousserolles.

• Etude comparative des échantillons

Petrographie et microfacies

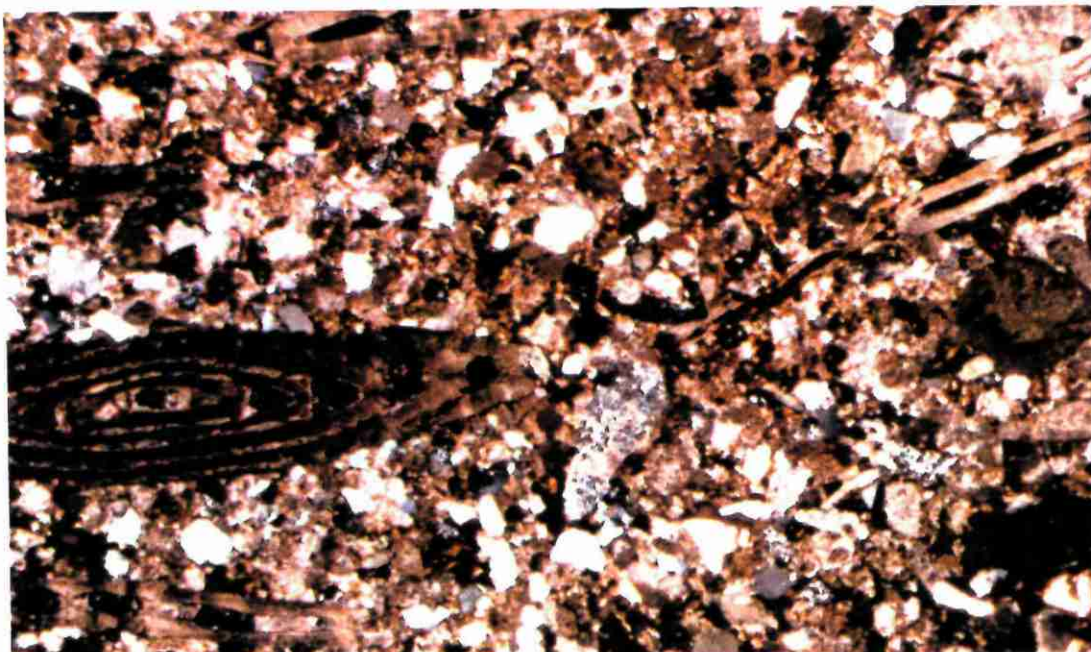
Des lames-minces ont été réalisées sur la pierre ouvrée de la cathédrale (CB 1), sur des blocs provenant du site de Mousserolles–Hillans (MH 1, MH 3 et MH 5), ainsi que sur des échantillons des Landes Duboscoa (LD 1, LD 2, LD 5 et LD 8).

CB 1: calcaire gréseux à grands bioclastes (biocalcarénite quartzreuse)

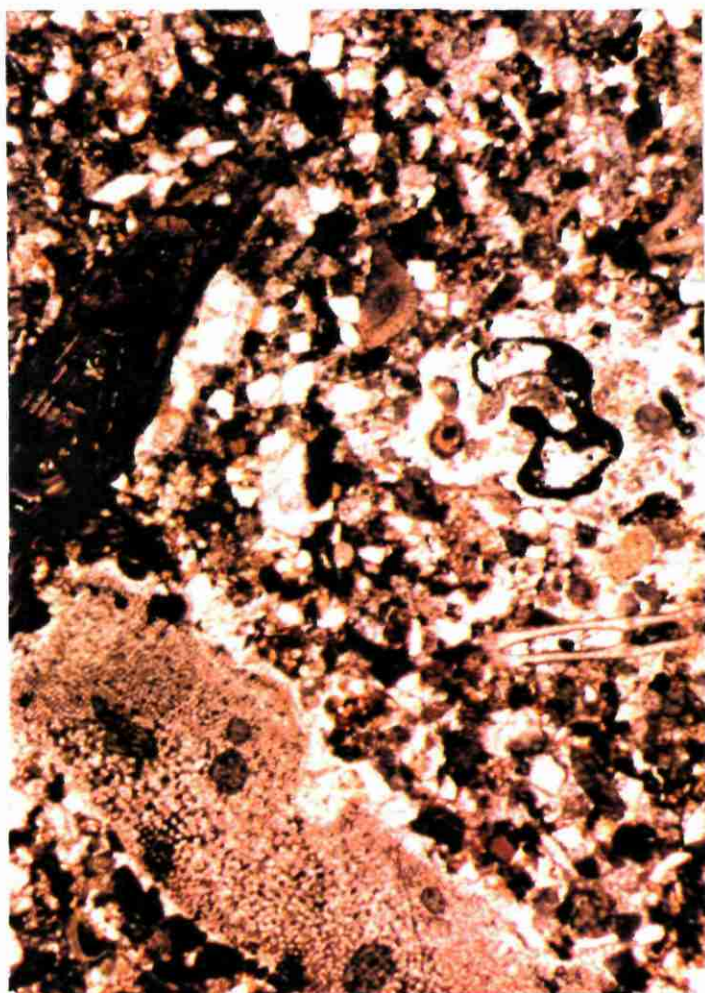
Roche à structure litée assez confuse, indiquant un milieu de dépôt agité. Les petits quartz anguleux (abondants), les feldspaths et micas peu altérés (traces), mélangés aux grands bioclastes (abondants), Nummulitidés et grandes plaques d'Echinodermes, sont répartis assez uniformément dans une matrice carbonatée sparitique bien cristallisée, mais mal cimentée (planche 3, photos N° 1 et 2).

Les oxydes de fer qui pigmentent la matrice et certains bioclastes sont à l'origine de la coloration de la roche (planche 3, photo N° 3). Cette pigmentation est ultérieure au dépôt de la roche.

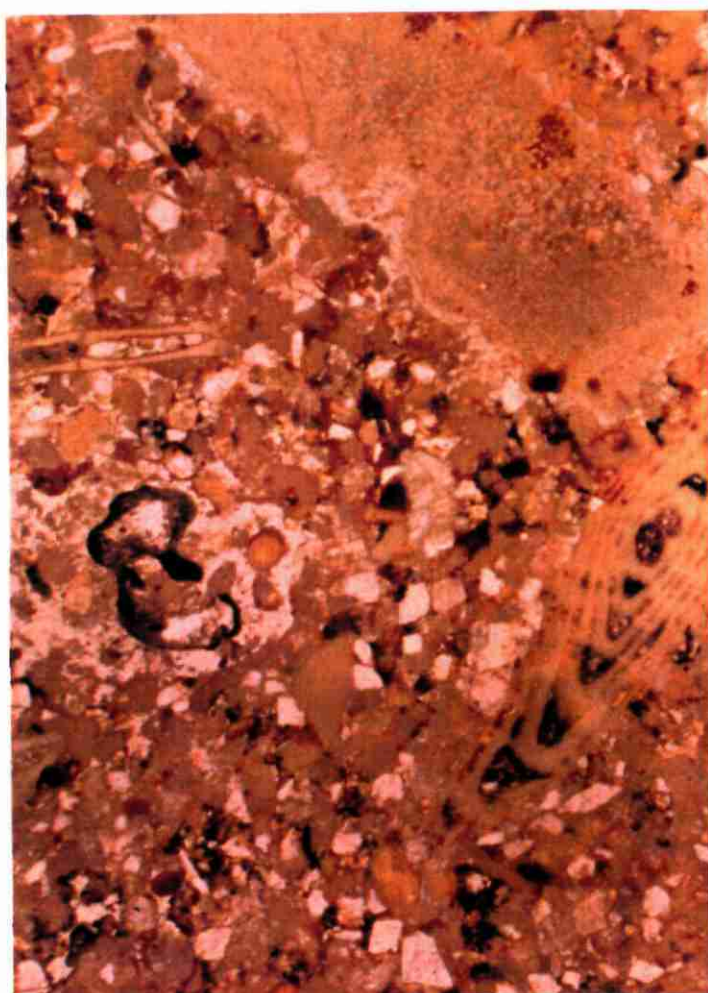
La porosité apparente est faible, sauf dans la structure interne des bioclastes. On retient donc comme caractéristiques principales qu'il s'agit d'une roche hétérogène, mal cimentée, dont la coloration est due à une pigmentation relativement tardive.



Ph 1 : Bioclastes et fréquence de petits quartz dans matrice carbonatée (lumière polarisée, LP)



Ph 2 : idem, lumière naturelle (LN)



Ph 3 : répartition des oxydes dans fraction carbonatée (lumière réfléchie, LR)

Planche 3. Microfaciès de l'échantillon CB 1 (x 30)



Ph. 1 : MH 5, quartz silteux dans matrice carbonatée, absence de bioclastes (LP)

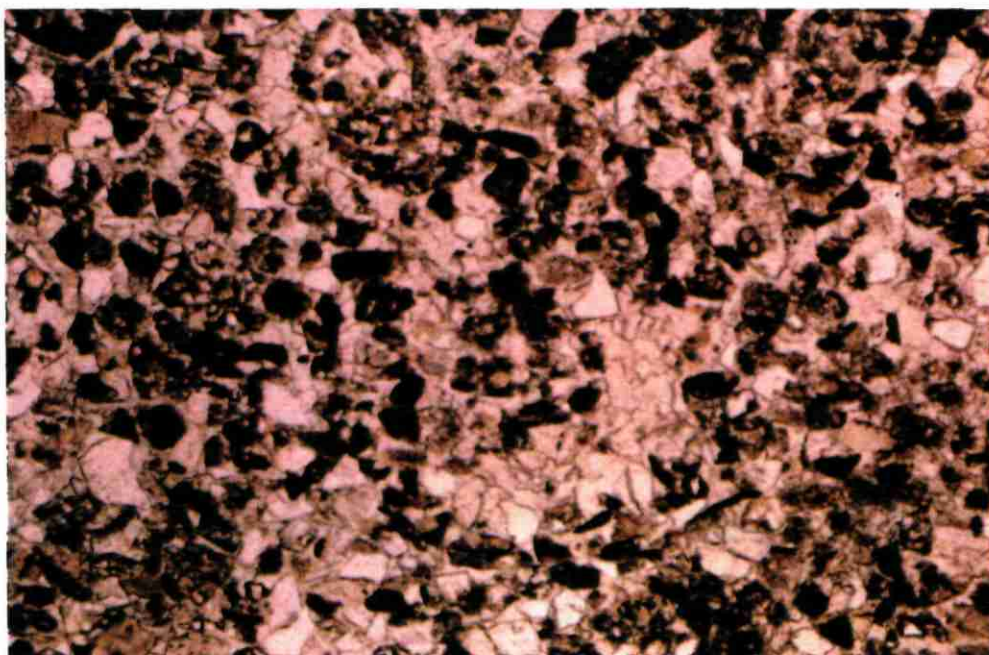


Ph. 2 : MH 3, faciès proche de celui de CB 1 (LP)

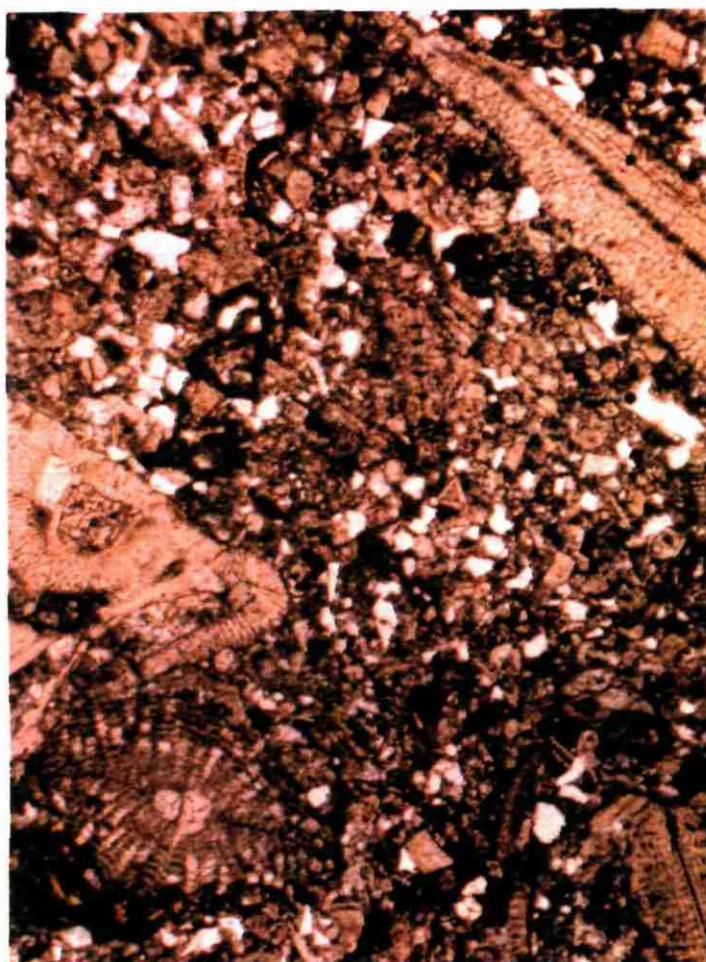


Ph. 3 : MH 3, répartition des oxydes (LR)

Planche 4. Microfaciès des échantillons MH 3 et MH 5 (x 30)



Ph. 1 : MH 1, cimentation des éléments par calcite sparitique (LN)



Ph. 2 : LD 8, petits quartz et gros bioclastes (LN)



Ph. 3 : LD 8, idem répartition des oxydes (LR)

Planche 5. Microfaciès des échantillons MH 1 et LD 8 (x 30)

MH 3: calcaire gréseux à grands bioclastes (biocalcarénite quartzeuse)

Roche assez comparable à CB 1, avec toutefois des Nummulitidés moins abondants, de plus grande taille, mieux lités (planche 4, photo 1). On note une légère porosité de dissolution, et un même type de coloration par oxydes, moins prononcée que pour CB 1 (planche 4, photo 2).

MH 1: Calcaire gréseux cimenté (Calcarénite quartzeuse bioclastique)

Il s'agit d'un échantillon du faciès cimenté et induré présent en bancs irréguliers dans les niveaux plus tendres. C'est une roche de structure plus homogène que les précédentes, avec moins de petits quartz détritiques et de bioclastes (planche 4, photo 3), correspondant à un changement des conditions de dépôt.

La dureté élevée et la porosité faible de la roche s'expliquent par la cristallisation très poussée de calcite en cristaux sparitiques et la couleur grise à la cassure par l'absence d'oxydes.

Ces observations confirment que ce type de faciès est assez différent de celui du calcaire gréseux de la pierre de Mousserolles.

MH 5: Calcaire gréseux (calcarénite quartzeuse)

Faciès assez comparable à celui des échantillons CB 1 et MH 3, mais sans Nummulitidés, et avec très peu de débris bioclastiques (planche 5, photo 1). La structure est homogène mais confuse, et la matrice carbonatée non recristallisée explique la friabilité de la roche.

Par ailleurs la porosité est notable, et la pigmentation par les oxydes moins prononcée que pour CB 1 et MH 3.

LD 8: Calcaire à grands bioclastes légèrement gréseux (Biocalcarénite quartzeuse)

Sur cet échantillon du site des Landes Duboscoa, qui s'approcherait le plus du faciès Mousserolles, on observe de grands bioclastes différents de ceux des échantillons précédents, moins de petits quartz détritiques, et une cimentation de calcite sparitique assez poussée (planche 5, photo 2). Par ailleurs, la coloration est moins prononcée car les oxydes sont peu abondants (planche 5, photo 3).

C'est donc surtout la plus faible fraction de quartz et d'oxydes qui différencie ce faciès.

Caractéristiques physiques

Quatre échantillons ont été sélectionnés pour effectuer des mesures comparatives de leurs caractéristiques physiques (porosité, masse volumique) et de leurs propriétés mécaniques (ascension capillaire, vitesse du son, résistance à la compression simple). En

effet, le comportement et l'altération de la pierre ouvrée dépend de ces différents facteurs, et il est important

Parmi ces échantillons, deux proviennent de pierres ouvrées (CB 1 cathédrale, et MO 1 chantier) et deux du site de Mousserolles-Hillans (MH 4 et MH 5). Si les échantillons de pierre ouvrée ont pu être retenus sans difficulté, ce n'est pas le cas de ceux du site, où il n'a pas été possible d'obtenir des types de roche équivalents à ceux des blocs ouvrés, comme cela a été expliqué précédemment. L'échantillon MH 4 notamment est assez hétérogène, car il est constitué en partie par le faciès Mousserolles typique, en partie par le faciès induré, tels que décrits dans l'étude pétrographique. De même, l'échantillon MH 5 est, d'après les observations de terrain, plus tendre que les blocs ouvrés. Les résultats obtenus dans ce paragraphe sont donc indicatifs, et devront être complétés par de nouveaux tests sur des échantillons plus représentatifs en provenance du site.

Sur les quatre blocs de roche nous avons prélevé trois carottes de 40 mm de diamètre, afin de tripler les mesures et d'obtenir des résultats fiables. Sur l'échantillon provenant de la pierre ouvrée du Musée Basque, seules les mesures de porosité et de masse volumique ont pu être faites.

Mesures des porosités et des masses volumiques

La porosité est donnée par la formule suivante :
$$P = \frac{M3 - M1}{M3 - M2} \times 100$$

- M1 masse de l'éprouvette sèche
- M2 masse dans l'eau de l'éprouvette saturée en eau
- M3 masse dans l'air de l'éprouvette saturée en eau

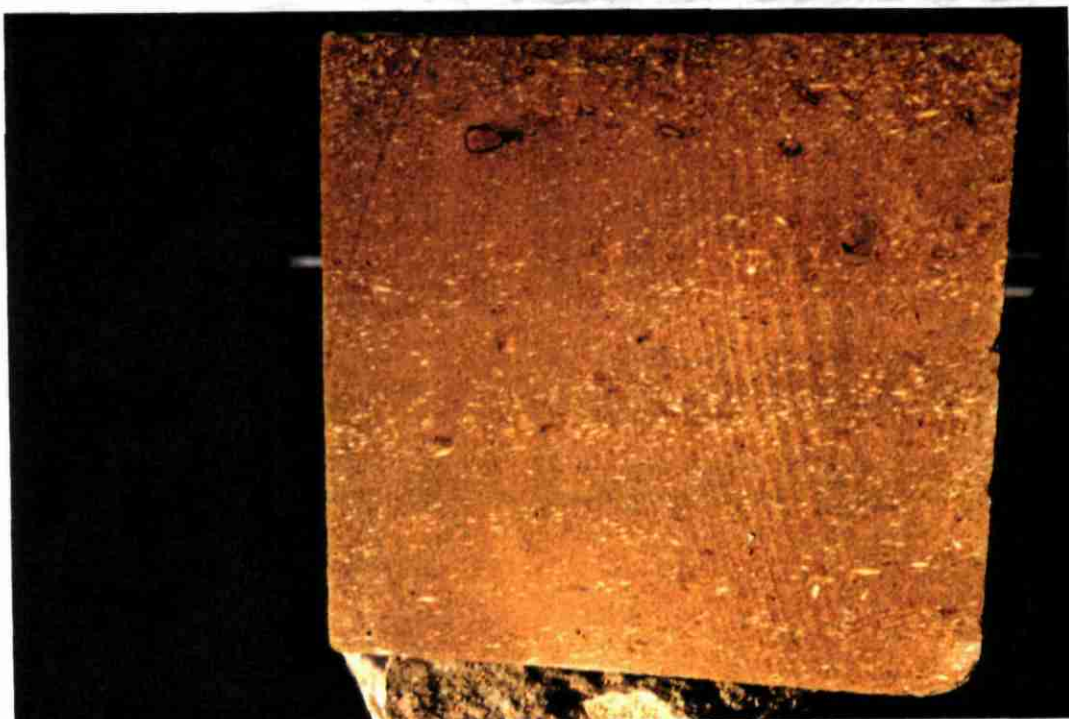
La masse volumique réelle est donnée par la formule :
$$\frac{M1}{M1 - M2}$$

et la masse volumique apparente par la formule :
$$\frac{M1}{M3 - M2}$$

Les résultats, calculés par la moyenne des trois mesures, sont les suivants (tableau 1) :

Echantillon	Porosité %	Masse volumique réelle	Masse volumique apparente
CB 1	29,71	2,70	1,93
MO 1	28,24	2,69	1,93
MB 1	31,84	2,69	1,83
MH 4	7,25	2,70	2,51
MH 5	27,17	2,68	1,95

Tableau 1. Porosités et masses volumiques des échantillons



Ph. 1 : bloc provenant du parvis de la cathédrale (hauteur environ 20cm)



Ph . 2 : Bloc taillé fragmenté provenant d'un chantier (hauteur environ 25 cm)

Planche 6. Blocs de pierre de Mousserolles ouvrés

Les deux échantillons provenant de blocs de construction, CB 1 et MO 1, ont des porosités élevées, très voisines. Celui de la pierre de voûte du Musée Basque a une porosité légèrement plus forte, peut être en liaison avec une altération plus poussée due à son exposition ancienne.

L'échantillon de calcaire gréseux du site de Mousserolles-Hillans a une porosité comparable à celles des blocs, tandis que le calcaire cimenté du même site n'a qu'une faible porosité, quatre fois moindre que celle des autres. Les masses volumiques réelles sont très homogènes, celles apparentes sont liées directement à la porosité.

Absorption d'eau par capillarité

Ces essais ont été réalisés selon la norme NF B 10502. Ils consistent à mettre les éprouvettes cylindriques sèches dans 2 mm d'eau, puis à peser à intervalles de temps en progression logarithmique la masse d'eau absorbée, jusqu'à ce qu'elle reste constante.

Le coefficient de capillarité est défini par l'expression
$$C = 100 \frac{M}{S \sqrt{t}}$$

où :

- M est la masse totale d'eau absorbée depuis le début de l'immersion, en grammes,
- S est la section, en centimètres carrés, de la face inférieure de l'éprouvette,
- t est le temps total, en minutes, écoulé depuis le début de la remontée capillaire.

Le coefficient de capillarité d'une roche est égal à la moyenne des coefficients correspondant aux valeurs durant lesquelles la courbe $\sqrt{t}$ en abscisses, $\frac{100 M}{S}$ en ordonnées, est une droite ascendante.

Les valeurs de mesure obtenues sont reportées en annexe 2. Les coefficients calculés sont les suivants, sachant que pour les échantillons CB, MO et MH 5 ils sont indicatifs, car l'équilibre n'a pas été atteint (tableau 2) :

ECHANTILLON	COEFFICIENT DE CAPILLARITE
CB	15,37
MO	27,23
MH 4	8,48
MH 5	23,04

Tableau 2. Coefficients de capillarité des échantillons ouverts et bruts

On note une assez grande disparité entre les échantillons, avec un coefficient moyen pour CB, faible pour MH 4 (en liaison avec sa texture cimentée peu poreuse, et plus fort pour MO et MH 5, qui peuvent absorber une assez grande quantité d'eau.



Ph. 1 : bloc de calcaire cimenté du site de Mousserolles-Hillans scié ;
noter la frange d'altération et la couleur grise au centre (hauteur sur photo environ 18 cm)



Ph. 2 : éprouvettes taillées dans les échantillons MH 4 et MH 5 (site de Mousserolles)
et dans les blocs ouvrés MO et CB 1 (hauteur 10 à 15 cm)

Planche 7. Bloc de calcaire induré du site de Mousserolles-Hillans et éprouvettes réalisées dans les quatre blocs sélectionnés

Essais de compression simple

Les mesures sont effectuées selon les prescriptions de la norme NF B 10-509, et sont exprimées en mégapascal. Les valeurs obtenues sur les trois éprouvettes de chaque bloc sont assez hétérogènes, variant parfois du simple au double (annexe 3).

Ceci peut s'expliquer par la présence de fissure dans l'échantillon. Les valeurs moyennes obtenues sont cependant représentatives de la résistance générale du bloc de roche considéré :

CB :	25,49 MPa (roche demi-dure)
MO :	13,63 MPa (roche tendre)
MH 4 :	76,22 MPa (roche dure à très dure)
MH 5 :	9,93 MPa (roche très tendre à tendre)

Ces valeurs confirment d'une part ce qui avait été noté sur le terrain pour les échantillons du site de Mousserolles-Hillans, très grande dureté du faciès calcaire cimenté et friabilité du faciès gréseux. Concernant les blocs ouverts la différence entre l'échantillon provenant de la cathédrale et celui du chantier est assez surprenante, car les deux faciès sont très proches l'un de l'autre.

Vitesses de propagation du son

Ces mesures ont été effectuées selon les prescriptions de la norme NF B 10-505, sur les mêmes éprouvettes cylindriques ayant servies aux mesures de porosité (à sec et sur saturé).

Les résultats complets sont reportés en annexe 4; les vitesses moyennes sont indiquées dans le tableau 3 suivant :

ECHANTILLON	VITESSE sur sec (m/s)	VITESSE sur saturé (m/s)
CB	2378	2181
MO	2136	1970
MH 4	4710	4654
MH 5	1834	1448

Tableau 3. Vitesses du son sur échantillons sec et saturés

Ces valeurs, liées à la fois à la densité, à la porosité et à la résistance à la compression, confirment les essais précédents.

CONCLUSIONS

Les conclusions concernant cette étude d'identification et de caractérisation d'un matériau calcaire mis en oeuvre dans des monuments anciens de Bayonne et de sa

région, et sur les possibilités de trouver un matériau de substitution identique ou comparable, apparaissent clairement.

Au point de vue ressource en matériau de même nature pétrographique et de caractéristiques physiques comparables, il n'existe dans la pratique qu'un seul site susceptible de fournir, dans des conditions d'exploitation non rédhibitoires, un volume suffisant pour des travaux de restauration.

Ce site, celui de Mousserolles-Hillans, est localisé sur le flanc sud du plateau de Mousserolles, et correspond très certainement à d'anciennes carrières, d'où étaient extraits des blocs de calcaire gréseux ocre à Nummulites ayant servi dans le bâti de Bayonne.

Etant à l'heure actuelle envahi par la végétation et fortement dégradé, il n'a pas été possible d'y prélever suffisamment d'échantillons pour retrouver le faciès lithologique exactement identique à celui de Mousserolles tel qu'il apparaît sur deux blocs de pierre ouvree, en provenance de la cathédrale et d'un chantier de construction. Mais l'observation des différentes couches en place ne laisse aucun doute sur la possibilité d'obtenir un type de matériau équivalent à celui des blocs ouverts.

Les mesures physiques effectuées sur ces derniers montrent qu'ils sont caractérisés par une forte porosité, une capacité d'absorption par capillarité élevée, et une résistance à la compression moyenne, correspondant à une roche demi-dure à tendre.

Les deux seuls blocs qu'il a été possible de prélever sur le site de Mousserolles-Hillans ont des caractéristiques assez différentes: porosité et capacité d'absorption réduites pour le faciès cimenté, équivalentes pour le faciès gréseux, mais surtout résistance à la compression élevée pour le premier type de faciès, très faible pour le second. Notons au passage que le faciès induré se révèle être un meilleur matériau de construction que la pierre de Mousserolles classiquement employée dans les bâtiments anciens.

Il convient donc maintenant de préciser, par un travail plus systématique sur le site de Mousserolles-Hillans, où il sera possible de prélever le type de roche le plus approprié pour les travaux de restauration. Pour cela, il est nécessaire de débayer le site de sa végétation sauvage, puis des matériaux altérés qui s'y sont accumulés avec le temps, afin d'obtenir une coupe fraîche permettant de repérer les différentes couches lithologiques, ce qui sera facilité par leur structure fortement pentée.

Cette démarche est cependant conditionnée par l'accord préalable du propriétaire du site.

CONCLUSION

La présente étude a permis de dresser un catalogue des pierres locales utilisées dans les édifices et les monuments historiques de chacun des départements constituant la région Aquitaine. De plus, une description rapide des faciès et des paramètres physiques principaux permet de mieux appréhender le choix parfois difficile d'une pierre de substitution lors des travaux de restauration en rénovation.

Sur les 86 pierres citées dans l'étude, seules 20 restent exploitées dont certaines de façon très épisodiques. Au fil du temps, les petites exploitations artisanales ont tendance à fermer et les entreprises plus importantes à cibler leur activité sur un nombre restreint de produits. Dans cette évolution dirigée par la notion de rentabilité, il n'y a certes pas place pour la sensibilité artistique nécessaire à la rénovation. Ne serait-il pas souhaitable d'examiner par région et/ou par département des possibilités de mettre en "réserve" certaines carrières abandonnées où les entreprises de rénovation pourraient s'approvisionner en pierre d'origine, les gains obtenus étant réinjectés directement dans le circuit de la restauration locale, ou servant simplement à maintenir l'activité d'extraction.

La situation n'est pas catastrophique mais les problèmes auront tendance à se poser avec un poids de plus en plus important. Si on veut éviter les choix malheureux et se libérer de la pression commerciale conduisant à l'utilisation de produits inadaptés même s'ils respectent les critères esthétiques, il faut dès aujourd'hui que les divers participants à l'activité de rénovation se fixent des règles ou plutôt une déontologie plus précise en ce qui concerne le matériau de substitution. Notre étude a montré que pour la pierre de Mousserolles, on a pu trouver des sites peu éloignés avec des paramètres physiques et esthétiques très proches du produit initial. Il serait agréable de constater que cette tentative avec l'espoir de la renaissance d'une pierre comme à Bayonne serve de catalyseur à un processus plus généralisé allant dans le sens d'une reprise des extractions en Aquitaine.

Dans l'ensemble, la rénovation des monuments historiques est une activité où la qualité et le sérieux prédominent chez les différents intervenants, ceci pouvant déboucher sur des réalisations particulièrement soignées où divers corps de métier peuvent donner libre cours à leurs talents.

ANNEXE 1

Mesures physiques sur la pierre de Mousserolles

RESULTATS

1 - MESURE DES MASSES VOLUMIQUES ET DE LA POROSITE

Les mesures sont effectuées suivant les prescriptions de la norme NF B 10-503.

Références échantillon: CATHEDRALE PERIGUEUX bas			
Forme des éprouvettes: cylindres			
Numéro éprouvette	Porosité	Masse volumique réelle	Masse volumique apparente
CP B - A	14,82	2,68	2,28
CP B - B	16,16	2,68	2,25
CP B - C	16,90	2,67	2,22
MOYENNE	15,96	2,68	2,25

Références échantillon: CATHEDRALE PERIGUEUX haut			
Forme des éprouvettes: Cylindres			
Numéro éprouvette	Porosité	Masse volumique réelle	Masse volumique apparente
CP H - A	16,83	2,69	2,23
CP H - B	16,83	2,68	2,23
CP H - C	16,83	2,68	2,23
MOYENNE	16,83	2,68	2,23

2 - MESURE DU COEFFICIENT DE CAPILARITE

Les mesures sont effectuées à partir du mode opératoire de la norme NF B 10-502.

Les courbes de remontée capillaire sont présentés en annexe 1.

Référence échantillon: Cathédrale Périgieux HAUT éprouvette C

Numéro Mesure	Section de l'éprouvette (cm 2)	Temps (mn)	Masse d'eau absorbée	COEFFICIENT DE CAPILARITE
1	12,56	1,00	0,5	3,98
2	12,56	17,50	1,81	3,44
3	12,56	21,00	1,81	3,14
4	12,56	32,50	2,32	3,24
5	12,56	50,00	2,71	3,05
6	12,56	67,00	3,02	2,94
7	12,56	91,00	3,38	2,82
8	12,56	123,00	3,68	2,64

Référence échantillon: Cathédrale Périgueux BAS éprouvette B

Numéro Mesure	Section de l'éprouvette (cm 2)	Temps (mn)	Masse d'eau absorbée	COEFFICIENT DE CAPILARITE
1	12,56	2,00	0,89	5,01
2	12,56	18,50	1,98	3,67
3	12,56	24,50	2,39	3,84
4	12,56	33,00	2,62	3,63
5	12,56	51,00	3,21	3,58
6	12,56	67,50	3,67	3,56
7	12,56	92,00	4,23	3,51
8	12,56	124,00	4,85	3,47

3 - MESURE DE LA VITESSE DE PROBAGATION DU SON

Les mesures sont effectuées suivant les prescriptions de la norme NF B 10-505.

REFERENCE ECHANTILLON: Cathédrale Périgueux HAUT

Référence Eprouvette	VITESSE (m / s)
C P H A sec	3341,09
C P H B sec	3609,30
C P H C sec	3937,22
moyenne :	3629,20
C P H A saturé	2160,40
C P H B saturé	3104,00
C P H C saturé	1526,96
moyenne :	2263,79

REFERENCE ECHANTILLON: Cathédrale Périgueux BAS

Référence Eprouvette	VITESSE (m / s)
C P B A sec	4264,71
C P B B sec	3743,59
C P B X sec	3899,08
moyenne :	3969,13
C P B A saturé	3766,23
C P B B saturé	3343,51
C P B X saturé	3046,59
moyenne :	3385,45

4 - ESSAIS DE COMPRESSION

Les mesures sont effectuées suivant les prescriptions de la norme NF B 10-509.

Référence échantillon: Cathédrale Périgueux HAUT

Forme des éprouvettes: cylindres

Numéro éprouvette	Résistance à la compression Rc en MPa
C P H A	26,85
C P H B	47,49
C P H C	48,23
MOYENNE	40,86

Référence échantillon: Cathédrale Périgueux BAS

Forme des éprouvettes: cubes 7x7x7 cm

Numéro éprouvette	Résistance à la compression Rc en MPa
C P B A	37,27
C P B B	51,25
C P B C	23,03
MOYENNE	37,18

ANNEXE 2

Iconographie

Liste des planches photos

1. Cathédrale St Front : pierre de Périgueux (Coniacien supérieur)
2. Clocheton en cours de rénovation
3. Clochetons restaurés
4. Phénomène d'écaillage des embases
5. Pierre de Périgueux avec rognon de silex noir (Abbaye de Chancelade)
6. Microfaciès : biocalcarénite avec présence de glauconie (quartz < 100 μ)
7. Pierre de Chancelade
8. Coniacien à silex et Turonien moyen à supérieur
- 9.10 Carrières VEZE aux Eyzies de Tayac (Coniacien moyen et supérieur)
11. Château de Losse restauré avec la pierre des Eyzies
12. Carrière CONSTANT à Paussac (Turonien moyen à supérieur)
13. Détail d'affleurement
14. Détail sur section sciée
15. Carrière Borde et Large à Paussac (Turonien moyen à supérieur)
16. Paussac coquillier
17. Paussac jaune
18. Paussac fine blanche
19. Château de Puyguilhem
20. Détail d'une fenêtre à meneaux, jambages et linteau sculptés
21. Pierre de Villars (Turonien basal)
22. Pierre de St Front (Bajocien supérieur à Bathonien basal, oolitique)
23. Carrière de Rafaillac (Hettangien supérieur à Sinémurien)
24. Détail sur section sciée
25. Donjon rénové du château de Bardefols d'Ans
26. Château de Castelnaud rénové avec de la pierre de Rafaillac
27. Cathédrale de Bazas
28. Détail : grès de Bazas (Aquitanien)
29. Citadelle de Blaye
30. Calcaire de Blaye (Lutétien supérieur)
31. Grand Théâtre de Bordeaux : péristyle
32. Carrière Tavernier à Marcamps (Stampien)

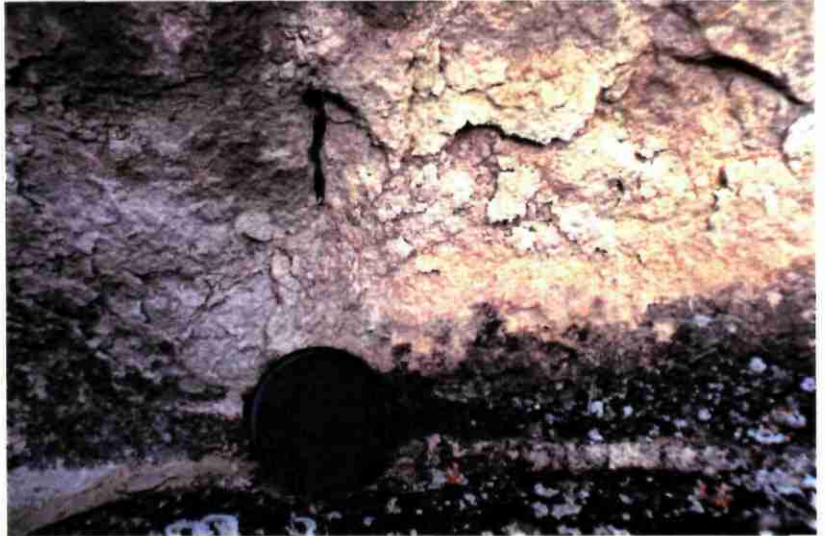
33. Pierre de Bourg fin (section sciée)
34. Pierre de Bourg grossier (section sciée)
35. Carrière de Jugazan (Stampien)
36. Détail (section sciée)
37. Pierre de Frontenac fin (section sciée)
38. Frontenac fin, jaune (section sciée)
39. Eglise monolithe de St Emilion (Stampien)
40. Fontaine à St Emilion (restauration récente)
41. St Emilion : carrières abandonnées
42. St Macaire : carrière Lavizon (Stampien)
43. St Macaire fin (section sciée)
44. St Macaire grossier (section sciée)
45. St Macaire coquillier à l'affleurement
46. St Macaire coquillier (section sciée)
47. Enceinte de Vianne (Pierre de Vianne)
48. Détail du mur : calcaire gris de l'Agenais (Aquitanien supérieur)
49. Moulin fortifié de Barbaste (Pierre de Vianne)
50. Affleurement de calcaire de Nérac (Chattien)
51. Calcaire gris de l'Agenais (Aquitanien supérieur)
52. Calcaire blanc de l'Agenais (Aquitanien inférieur)
53. Calcaire blanc de l'Agenais : faciès saumon
54. Calcaire de Nérac (Chattien)
55. Cathédrale d'Agen (Calcaire blanc de l'Agenais)
56. Détail calcaire blanc de l'Agenais
- 57.58 Eglise de Ste Colombe en Bruilhois (calcaire blanc)
59. Prieuré de Moirax (calcaire blanc)
60. Prieuré de Moirax : collatéral sud à voûte d'arêtes et doubleaux en plein cintre
61. Prieuré de Moirax : coupole à lanterne de la croisée de transept
62. Prieuré de Moirax : croisillon sud : voûte à nervures multiples
63. Détail intérieur : calcaire blanc et calcaire gris de l'Agenais
64. Eglise de Pontenx les Forges
65. Détail du mur (2 types de garluche)
66. Eglise de Mézos

- 67.68. Affleurement de garluche (barade de Cantegrit)
- 69. Garluche caverneuse (section sciée)
- 70. Garluche compacte (section sciée)

1



4



2



5



3



6





7



9



8



10



11



12

13

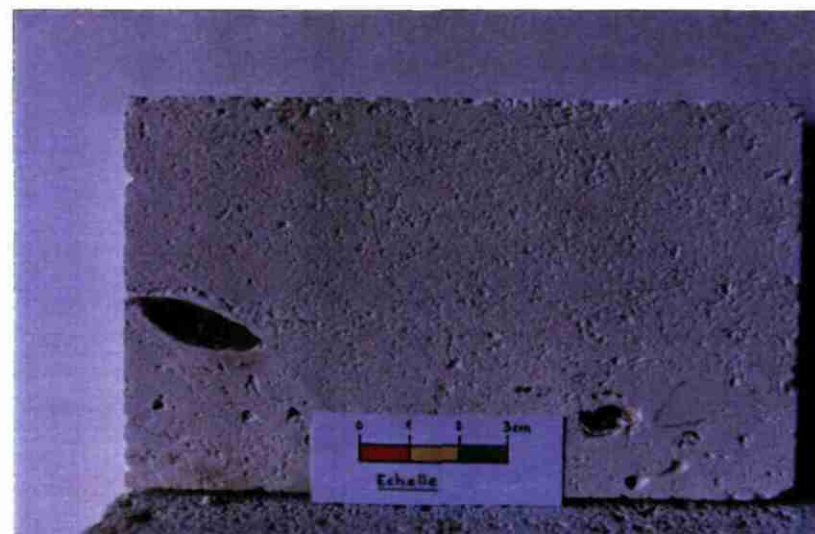


14





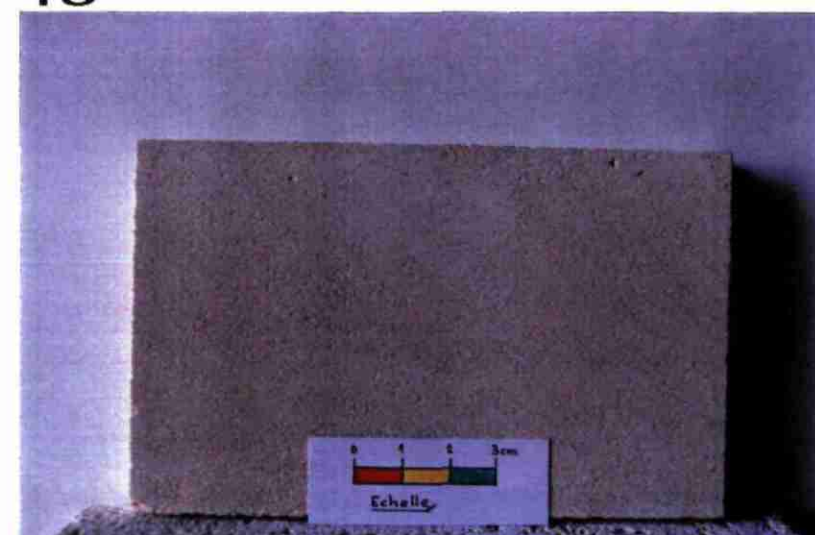
15



16



17



18



19



20



21



22



23



24

25

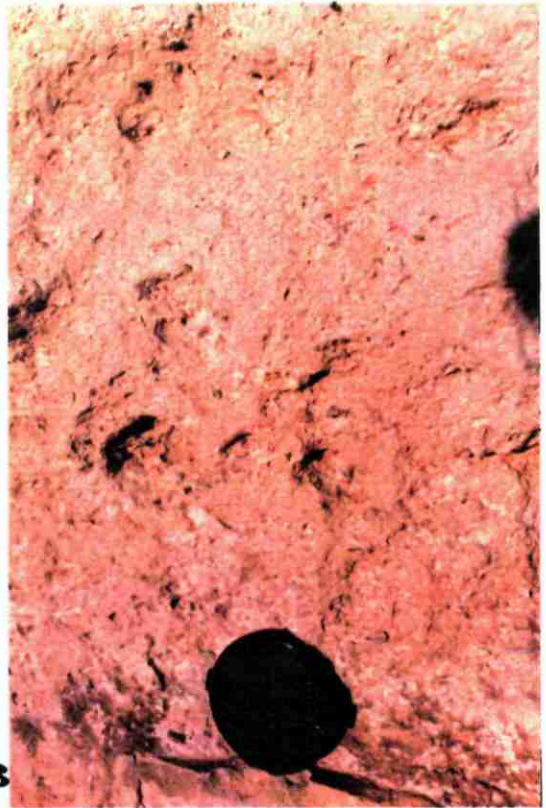


26





27



28



29



30



31



32

33



34





35



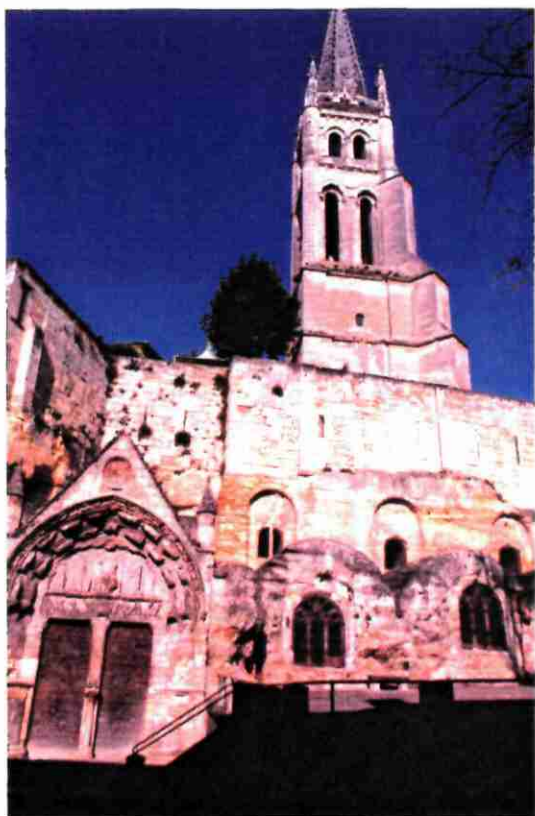
36



37



38



39



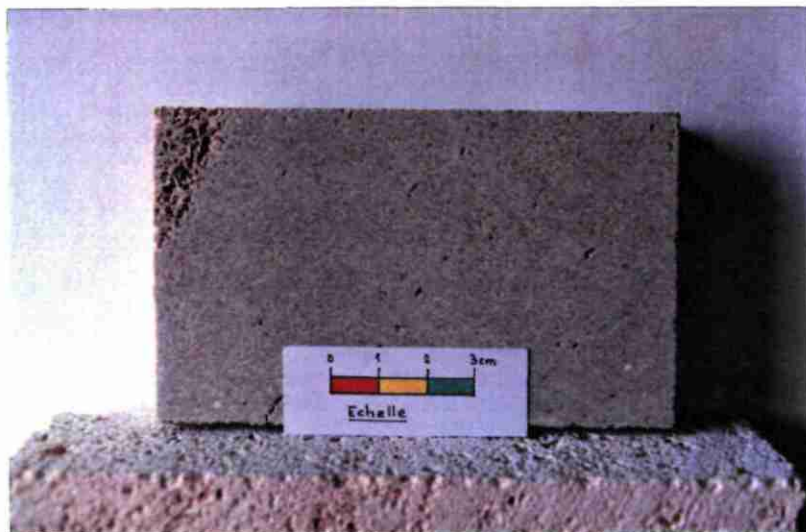
40



41



42



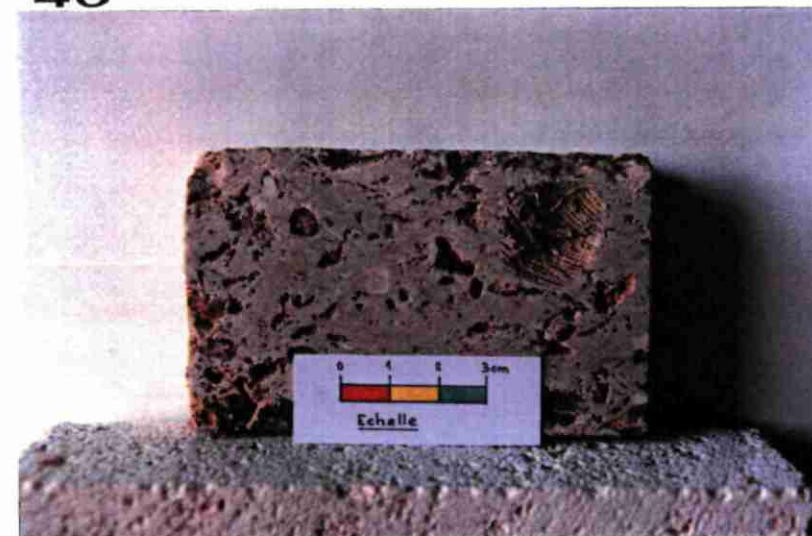
43



44



45



46



47



48



49



50



51



52

53

54

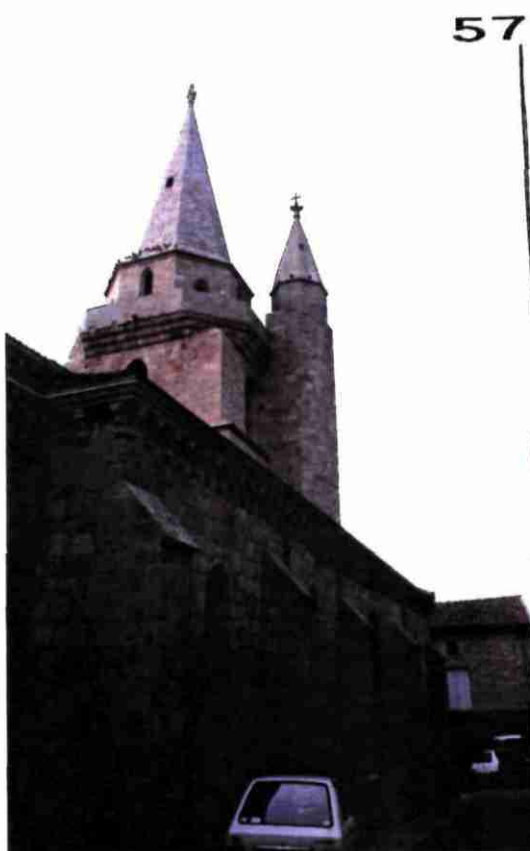




55



56



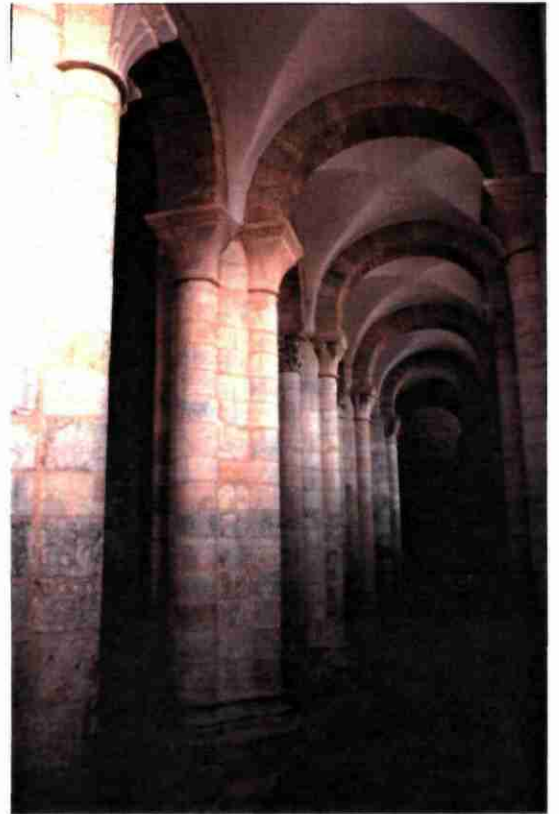
57



58



59

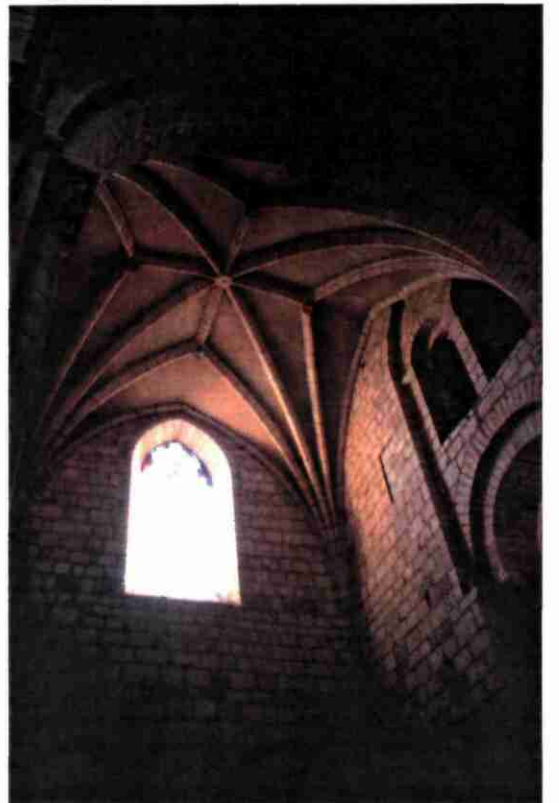


60

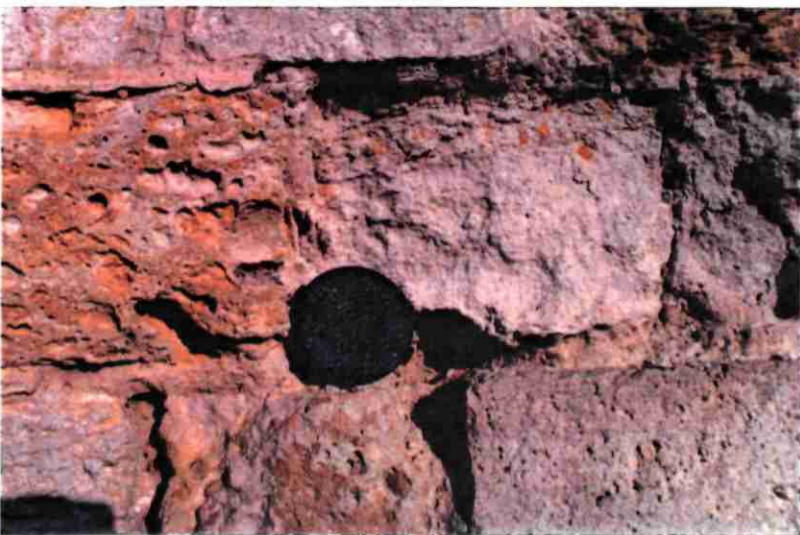


61

62



63





64



65

66





67



68

69

70

