Chapitre 4

Marbres blancs et pierres marbrières colorées : de la carrière au décor

Lise Leroux, Annie Blanc

Laboratoire de recherche des monuments historiques, 29 rue de Paris, 77420 Champs-sur-Marne, France
lise.leroux@culture.gouv.fr

L'approvisionnement des pierres utilisées à des fins décoratives sur les chantiers de construction répond à des schémas légèrement différents des pierres de construction. Si les problématiques de coût de transport sont toujours identiques, et fonction de la distance parcourue, du moyen de transport (routier, fluviatile, ...), ou du contexte géopolitique, un effort financier est souvent associé au décor des édifices, que ce soit pour la sculpture, l'ornementation ou les pavements. Ce chapitre traite des marbres au sens large, qui englobent toutes les roches décoratives prenant le poli, alors que les géologues ont restreint l'utilisation du terme aux roches calcaires métamorphisées. Il faut différencier les marbres blancs (marbres au sens strict des géologues) des pierres marbrières. Un vocabulaire traditionnel, pétri de confusions, est affilié à ces roches (voir encadré ci-après).

4.1 L'utilisation des roches marbrières en France

Le goût du décor en marbre a connu deux sommets en Europe : l'Antiquité, puis à partir du siècle de Louis XIV jusqu'au XIX^{e} siècle.

Dans l'Antiquité, les marbres étaient largement utilisés, tant dans la sphère privée que dans les édifices publics. On les considère comme un signe de richesse et de pouvoir. Les plus prestigieux provenaient de l'ensemble du pourtour méditerranéen. Les marbres classiques de la *marmora romana* étaient surtout de provenances grecques, turques et italiennes, et diffusés à la faveur d'un commerce rodé. Les ports du sud de la France constituaient des points de relai, soit en relations directes avec les principales zones d'extraction marbrières du centre et de l'Est du Bassin Méditerranéen, soit par l'intermédiaire du *statio marmorum* d'Ostie où les marbres de l'ensemble des provinces impériales étaient stockés. Dans ce contexte, le Rhône, constituait un axe de

circulation privilégié. Concernant les marbres antiques à large diffusion, il existe une bibliographie très dense et particulièrement bien illustrée, qui retrace les techniques d'exploitations, localise les principales carrières, illustre les différentes variétés, ... et à laquelle il faut se référer, même si les écrits les plus anciens sont incomplets, et même parfois erronés [1-4]. Ces roches décoratives possèdent souvent plusieurs dénominations, du fait de leur grande diffusion, et de l'intérêt qu'elles ont suscité depuis le XVIII^{e} siècle. On se réfèrera tant que possible à la dénomination latine en ce qui concerne l'Antiquité.

On notera que certaines roches extraites en Gaule (en particulier dans les Pyrénées) ont eu leur succès. On les retrouve utilisées en Italie ou en Turquie, et ce sont des pierres qui sont très présentes dans les décors des édifices antiques de l'ensemble du territoire français. Citons les griottes roses, rouges ou vertes des Pyrénées, de type Campan (« *cipolino mandolato* » des italiens) ou encore le Grand Antique d'Auber (marmor celticum, « *marmo d'Aquitania* », « *marmo bianco et nero antico* ») retrouvé par exemple dans des colonnes à Ravenne ou à Philippi.

Outre les carrières réputées de la *marmora romana*, de grande diffusion commerciale, il existe des sites d'extraction de roches sans doute considérées à l'époque de moindre intérêt, qui ont fourni des décors à l'échelle locale, et dont l'aire de répartition est fonction de la réputation, de la capacité de production de la carrière et des moyens de transport. Citons par exemple le marbre de Châtelperron (Allier) utilisé dans des édifices domestiques de proximité (à Lyon par exemple), diffusé à la faveur de la Loire jusqu'en région nantaise [5-6], mais jusqu'à présent non reconnus dans les grandes cités antiques du pourtour méditerranéen. Il faut noter que très souvent ces roches d'origine locale sont très abondantes sur les sites, et utilisées sans retenue. Les plaques de pavage ou de décors muraux peuvent être très épaisses, contrairement aux roches colorées importées, tel le porphyre rouge antique venu d'Egypte (*lapis porphyrites*) rare, souvent choisi pour de petites pièces et épais de quelques millimètres.

Les roches extraites localement sont parfois des succédanés de roches plus réputées : ainsi le calcaire à entroques de type Pouillenay (Côte-d'Or) ressemble au porphyre rouge ; la brèche de Lez (dite brèche romaine) ressemble à la brèche corallin (*marmor sagarium*), d'autant plus si les marbriers antiques ont pris soin de faire rougir sa matrice jaune en chauffant les plaques [7].

Au Moyen Âge, les circulations de ces roches décoratives répondent à des schémas malheureusement moins connus, et il semble qu'en parallèle l'extraction en carrière, en France, ait été en perte de vitesse. Un grand nombre de monuments de l'Antiquité tardive et romans ont été décorés avec les blocs récupérés dans les monuments antiques, voire même dans les édifices carolingiens ou mérovingiens où ils avaient été réemployés préalablement. Citons pêle-mêle l'Abbatiale Saint-Trophime à Arles, le portail de Moissac, les cryptes de Jouarre (figure 4.1), les façades occidentales de la basilique Saint-Denis à Saint-Denis, ou de la basilique Saint-Remi à Reims, ... Pour la plupart de ces édifices il existait à proximité immédiate des monuments publics (théâtre, amphithéâtre, forum...) pouvant fournir la matière, mais en d'autres lieux les grandes cités étaient éloignées, ce qui témoigne d'un commerce établi.



FIGURE 4.1 – Crypte Saint-Paul à Jouarre (77) – Les colonnes et colonnettes qui ne sont pas en calcaire lutétien sont des cipolins à veines grises, des calcaires noduleux (dits griottes) et une brèche (dit Grand Antique). Ces roches ornementales proviennent des Pyrénées. Les chapiteaux sont en marbres blancs dont certains viennent de Carrare (Italie), et d'autres de Saint-Béat (Pyrénées françaises) (Cliché Ph. Blanc).

Dans les édifices gothiques et à la Renaissance, des exemples d'approvisionnement en marbre blanc extrait spécifiquement à Carrare sont connus : colonnade gothique du cloître Saint-Trophime à Arles, commande de grands blocs pour l'exécution des gisants de l'abbaye de Brou à Bourg-en-Bresse [8]. Ceci n'exclut pas le réemploi de marbres colorés provenant de cités antiques, ce que nous enseigne par exemple les vestiges du palais des Tuileries de Philibert Delorme et de Catherine de Médicis : colonnade en griottes des Pyrénées, façade est de la Galerie d'Apollon décorée de marbres colorés, dont des griottes de Pyrénées, un calcaire provençal et de l'Africano (*marmor lucullaeum*).

Le XVII^{e} siècle et le règne de Louis XIV voit naître une nouvelle apogée de l'utilisation des marbres, symboles de pouvoir et de richesse, et en particulier des roches colorées, que l'on retrouve en grande quantité à Versailles. Les besoins du roi font alors l'objet d'une véritable politique de prospection et d'exploitation des ressources minérales françaises, dans les Pyrénées et en Languedoc [9]. De nombreuses carrières sont alors ouvertes en France, et des voies de circulation établies, permettant une grande diversité de couleur et d'aspect. Nombres de ces centres carriers perdureront jusqu'au XIX^{e} siècle, et l'Opéra Garnier à Paris en est le témoignage, montrant tant la richesse en faciès français, que les nombreux approvisionnements européens du moment [10] (figure 4.2). Il ne faut pas oublier de citer la façade du théâtre des Champs-Elysées (début du XX^{e} siècle), avenue Montaigne à Paris, recouverte de marbre blanc bleuté de Châtelperon avec des sculptures de Bourdelle en blanc de Saint-Béat. C'est le chant du cygne des carrières françaises de marbres blancs.



FIGURE 4.2 – Opéra Garnier à Paris (75) - balustre déposé du balcon de l'extrémité sud (rue Aubert) en Brocatelle de Tortosa, provenant d'Espagne (Cliché DBPM).

4.2 Provenance des roches décoratives colorées

De tous temps, les marbriers ont travaillé différents calcaires et brèches, ainsi que des roches siliceuses, dont la finesse et la dureté permettent le poli et l'utilisation en décoration. La simple observation visuelle de ces roches, s'attachant à trouver les critères de distinction caractéristiques (couleur, veinages, fossiles dans les calcaires, forme et nature des éléments des brèches, composition minéralogique des roches siliceuses) permet, dans la plupart des cas, de retrouver la carrière ou tout au moins la zone de provenance.

Concernant les roches ayant circulé dans le monde méditerranéen antique, les déterminations de provenance peuvent s'appuyer sur la bibliographie illustrée [1-3], surtout si celle-ci tient compte des variations de faciès qui existent toujours dans les zones carrières [4]. La consultation de collections de référence, associée à un oeil expert, est un gage supplémentaire de réussite dans ces identifications (figure 4.3).

Concernant les roches de provenance française, la bibliographie est plus dispersée [11-15]. Ce sont majoritairement des roches calcaires, auxquelles s'ajoutent des conglomérats, des brèches et des poudingues.

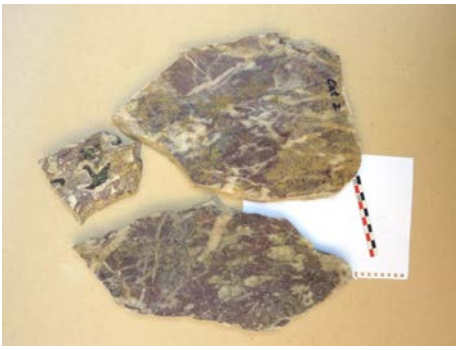
Parmi les calcaires marbriers extraits en France les plus utilisés, retenons :

- les carrières du Languedoc, et en particulier celles du Minervois (Aude) (calcaires d'âge Dévonien) [16], qui ont fourni de nombreuses variétés, aux colorations rouges et grises, surtout utilisées à partir du XVII^{e} siècle (dont à Versailles).
- les calcaires du Viséen gris, roses et rouges, exploités dans plusieurs anciennes carrières près de Sablé (Sarthe) et de Laval (Mayenne), depuis l'Antiquité (diffusion régionale - sites gallo-romain d'Allonnes, dans la Sarthe par exemple) jusqu'au XX^{e} siècle (salle des pas perdus de la gare Saint-Lazare en gris de Bois-Jourdan) [17].

— les calcaires noduleux des Pyrénées (Dévonien), dont les principales carrières connues sont aux alentours de Campan et d'Estours, présentent des amandes de calcite blanche, rose ou verdâtre, entourées d'une pâte schisteuse rouge, verte ou noirâtre (cipolino mandolato). Dans sa thèse, Fabrizio Antonelli [18] a décrit les nombreux faciès observés dans une dizaine d'anciennes carrières et a trouvé des critères pour les différencier.
— les griottes rouges, qui sont aussi des calcaires noduleux d'âge dévonien. Les nodules sont constitués d'anciennes coquilles de goniatites (mollusques, céphalopodes) dont les loges centrales ont été remplies de calcite blanche, évoquant le noyau d'une cerise. Les affleurements de ces faciès sont répartis dans les Pyrénées et la Montagne Noire où l'on trouve de veilles carrières. Dans l'état de nos connaissances, il n'est pas possible de localiser la carrière d'origine par la simple observation : Pyrénées, Minervois ou Pyrénées-Orientales.
— les calcaires jaunes, brèchoïdes, issus de la tectonique provençale, des environs de Brignoles et de Pourcieux (Var), exploités à l'Antiquité jusqu'au début du XX^{e} siècle.
— les nombreux calcaires marbriers de Franche-Comté, dont l'exploitation a connu son apogée à la fin du XIX^{e} siècle et au début du XX^{e} siècle [19] : brocatelles jaune et violette de Chassal et de Molinges, calcaire de Sampans, calcaire jaune Lamartine de Pratz, ...

  Parmi les conglomérats, brèches et poudingues exploités en France, citons :
  — le Grand Antique utilisé dès l'Antiquité (*marmor celticum*), une brèche présentant des éléments anguleux, centimétriques de calcaire noir, entourés d'un marbre blanc. La simple observation d'un élément de quelques centimètres permet d'avancer qu'il provient de la carrière d'Aubert, près de Moulis (Ariège).
  — une autre brèche de provenance pyrénéenne, facile à identifier, issue de l'ancienne carrière de la Pène-Saint-Martin, sur la commune de Lez, près de Saint-Béat (Haute-Garonne), dite aussi « brèche des romains ». De nombreux sites gallo-romains en étaient décorés, en particulier la tour de Vésone à Périgueux.
  — la brèche du Tholonet (Bouches-du-Rhône), commercialisée au XIX^{e} siècle. sous le nom de « brèche d'Alep », dont la carrière est située au pied de la montagne Sainte-Victoire.
  — la brèche de Vimines, qui est en fait un poudingue anciennement exploité près de Chambéry (Savoie), dont il est possible d'observer une colonne dans la crypte de l'église Saint-Laurent à Grenoble et dont un tronçon de colonnette a été retrouvé en fouilles, à Saint-Denis, sur l'emplacement d'un édifice carolingien.

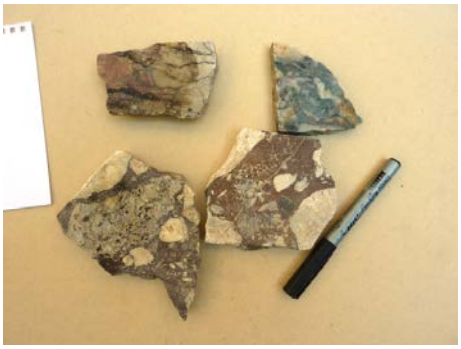
  Les calcaires marbriers belges ne sont pas en reste, que ce soit les variétés noires (Tournai, Dinant, ...) diffusées dès l'Antiquité, ou les variétés rouges, telle le Rouge de Rance, utilisé aussi à Versailles [20-21].



(a)



(b)



(c)

FIGURE 4.3 – Vaison-la-Romaine (84), fragments de décor mis au jour sur le site de la Maison du Paon et conservés au dépôt de La Villasse :
a) 3 fragments de marbre rose d'Eretria.
b) 2 fragments représentant le facies typique de l'Africano, avec des inclusions d'un rouge intense (rouge sang).
c) 4 fragments représentant des variations de faciès de l'Africano (Clichés Ph. Bromblet - CICRP).

4.3 Provenance des marbres blancs

Dans de très nombreux cas, les marbres blancs utilisés en construction et en décoration dans les édifices français et en sculpture ont été importés des grands centres carriers localisés en Italie, Grèce, Turquie et Afrique du Nord, depuis l'Antiquité jusqu'à nos jours. Il existe cependant quelques anciennes carrières de moindre envergure dans les Pyrénées, les Alpes, ou le Morvan.

Le marbre au sens strict, le marbre du géologue, est une roche métamorphique carbonatée constituée de cristaux de calcite (ou de dolomite) jointifs, de plus ou moins grande taille (inférieure au mm à supérieure au cm). Blanc quand il est pur, il peut être gris, rose ou jaune, veiné, rubané, tacheté, ... en fonction des impuretés qu'il contient parfois (minéraux accessoires, matière organique, oxydes de fer, ...). Toutes ces figures variées ne permettent cependant pas de trouver de quelle carrière provient un marbre blanc.

Pour les marbres blancs, l'observation à l'œil et à la loupe est une phase préliminaire qui permet de faire une première classification. En effet, la taille des cristaux de calcite et des éventuels minéraux accessoires sont un premier indicateur de provenance. Une détermination précise ne peut être réalisée qu'en laboratoire, et nécessite le prélèvement de petits échantillons.

Une analyse minéralogique par diffractométrie des rayons X peut éventuellement être effectuée, si la quantité prélevée est suffisante. Elle permettra essentiellement de vérifier la présence de dolomite, typique de certains marbres (carrières du Cap Vathy à Thasos, par exemple).

L'observation en lames minces au microscope polarisant, apporte aussi des arguments pour distinguer les marbres blancs les uns des autres. Plusieurs critères sont retenus : la taille des cristaux de calcite, la présence de minéraux en traces (pyrite, quartz, feldspath, micas) ainsi que la forme des grains et de leurs contours. Les dimensions des cristaux des marbres blancs varient suivant les gisements et parfois au sein d'une carrière. Ainsi, la plupart des marbres blancs de Carrare ont des cristaux de calcite dont la taille est d'environ 0,2 mm, bien qu'il existe dans le massif de Carrare des exemples de très gros cristaux, de plusieurs cm, dans des marbres qui ne sont pas utilisés pour la statuaire. Dans les différentes carrières de l'île de Naxos sont exploités des marbres blancs à grands cristaux d'environ 1 à 2 cm, qui ont des contours simples, rectilignes si bien que leur assemblage arrive à former des points triples.

Ces observations permettent de déterminer précisément la taille des grains et en particulier le MGS (Maximum Grain Size), caractéristique reconnue internationalement pour la détermination de la provenance des marbres blancs [3,22].

Cependant seules des analyses isotopiques [22-24], de cathodoluminescence [25-26] et la résonance paramagnétique électronique [27-28] donnent des orientations plus précises vers des hypothèses de provenance.

4.3.1 Analyse des isotopes stables du carbone et de l'oxygène

Par convention, les résultats de ces analyses isotopiques sont exprimés δ^{13}C ‰ et δ^{18}O ‰, c'est à dire les déviations des rapports de $^{13}C/^{12}C$ et $^{18}O/^{16}O$ par rapport aux valeurs d'un standard international (PDB), ramenés à 1000. Ces dosages constituent une signature isotopique, propre à chaque type de marbre ; celle-ci peut ensuite être comparée aux signatures isotopiques acquises et publiées à partir d'échantillons de référence de marbres provenant de carrières, et en particulier de carrières antiques du pourtour méditerranéen.

Les géochimistes ont dans un premier temps établi des diagrammes où sont représentés les résultats des isotopes des principaux marbres utilisés dans l'Antiquité : Naxos, Mont Pentélique, Dokimeion, Paros, Thasos Cap Vathy et Thasos Aliky, Proconèse, Aphrodisias, Carrare. Les champs se recouvrant, il a été possible de procéder à une séparation en deux graphiques de référence, sur la base du MGS [29]. Un graphique est dédié aux marbres à grain fin (MGS $<$ 2 mm) : Paros Stefani, Dokimeion, Mont Pentélique, Carrare, ... Un autre est dédié aux marbres à grain moyen et grossier (MGS $>$ 2 mm).

Il faut ajouter à cela que les dosages des isotopes effectués sur les principales carrières de marbres blancs des Pyrénées centrales donnent des champs qui recouvrent ceux des marbres du bassin méditerranéen, ce qui a donc donné lieu à un graphique de référence séparé [30].

Comme de nombreux champs se recouvrent encore, en dépit des observations pétrographiques, l'interprétation des résultats isotopiques peut être confortée par une analyse complémentaire en cathodoluminescence.

4.3.2 Cathodoluminescence

Cette technique étant décrite plus précisément dans un chapitre dédié de cet ouvrage (voir chapitre 20), la méthodologie est indiquée ici pour rappel.

La cathodoluminescence mesurée sur les marbres blancs correspond à l'émission de photons (UV, visibles, IR) consécutive à un bombardement électronique sur les cristaux de calcite et/ou de dolomite, en liaison avec une excitation produite par des éléments en traces. La couleur de l'émission renseigne sur la nature du minéral, et sur la nature de l'élément en traces responsable de l'excitation. Dans le cas des marbres blancs, le manganèse sous sa forme ionique bivalente (Mn^{2+}) produit une émission à 620 nm, pour la calcite et 650 nm dans la dolomite.

C'est l'utilisation combinée de ces méthodes qui permet d'avancer des hypothèses sur les provenances des marbres blancs.

4.4 Un cas d'étude : provenance des marbres du cloître roman de Berdoues (Gers)

L'histoire matérielle complexe du cloitre de Berdoues [31-32] a suscité la demande de détermination des provenances des pierres qui le constituent.

L'ancienne abbaye cistercienne de Berdoues, fondée en 1134, est localisée à quelques kilomètres au sud de Mirande, dans la vallée de la Grande Baïse. Le cloître construit au XII^{e} ou XIII^{e} siècle et dont seules deux travées sont actuellement en œuvre dans la chapelle à la suite d'un probable remontage, était semble-t-il, essentiellement en marbre.

L'abbaye, en dépit de son déclin au XVI^{e} siècle, a été l'objet d'importants travaux au XVIII^{e} siècle, puis a été vendue comme bien national en 1792, date à partir de laquelle elle a servi de carrière. En 1821, l'église et une grande partie du cloître et des bâtiments conventuels ont disparu. En 1878, des sœurs s'installent et aménagent une chapelle dans les travées subsistantes de l'aile sud du cloître. En 1905 les restes de l'abbaye sont vendus et transformés en exploitation agricole.

Ainsi les vestiges de l'abbaye et du cloître ont été dispersés dans les environs, en particulier à Mirande et à Marciac. En 1900, le cloître est remonté dans une villa du centre de la France (lieu exact inconnu - existence de photographies). Vendu en 1942 à Goering par le marchand d'art Paul Gouvert, le cloître était destiné à être remonté dans le château de Veldenstein, ce qui n'a jamais été réalisé. En 1945, les vestiges deviennent propriété du Land de Bavière et sont confiés au musée de Nuremberg,

conservés dans les réserves. En 2003, les vestiges du cloître de Berdoues sont restitués à la France. Cela représente plus de 500 éléments d'architecture, dont il est certain que la plupart proviennent d'autres édifices ou sont des créations du XIX^{e} siècle ou du XX^{e} siècle.

S'il est probable que chapiteaux, tailloirs et bases proviennent de l'ancienne abbaye de Berdoues, les claveaux d'arc sont certainement issus d'un autre site. En effet la longueur des arcatures ne correspond pas au rythme des piles trouvées en fouilles. Stylistiquement, les voussoirs à boules de ces arcatures (soit 380 éléments) pourraient être rattachés à un cloître roman du Roussillon ou de Catalogne.

La détermination des zones d'extraction des pierres en œuvre pouvant donner des indices sur la localisation des édifices dans lesquels ont été pris les différents éléments architecturaux de ce cloître composite, il a été décidé de procéder à des identifications géologiques. L'étude s'est déroulée en plusieurs étapes, utilisant les différentes méthodes analytiques des marbres.

Une observation a été réalisée *in situ*, confirmant que les vestiges revenus d'Allemagne sont tous en marbre blanc. Pour pouvoir déterminer la provenance de ce(s) marbre(s) blanc(s), 12 échantillons ont été prélevés sur des éléments architectoniques différents (chapiteaux pour colonnes libres, chapiteaux adossés, bases, couvertines de mur-bahut, tailloirs, voussoir à boules, ...) et caractéristiques. En sus, les traces d'outil ont très rapidement été observées.

Concernant les deux travées en place (remontées au XX^{e} siècle ?) dans la chapelle de l'ancienne abbaye de Berdoues, l'observation a montré aussi la présence de marbre blanc dans les colonnes, bases et chapiteaux. Deux colonnes et une base ont été prélevées.

Ces 15 échantillons ont été observés à la loupe lors du prélèvement, puis à la loupe binoculaire en laboratoire, ce qui a permis de déterminer la taille des grains et en particulier le MGS. Ensuite des analyses géochimiques isotopiques (spectrométre de masse Scira 9 de VG Instruments - procédure standard par rapport à la référence internationale PBD), ainsi que des mesures de cathodoluminescence optique (appareil Cathodyn de OPEA, équipé d'un spectromètre optique Triax 180 de Jobin et Yvon à CCD refroidie LN2), ont été réalisées en collaboration avec Philippe Blanc, à l'université Pierre et Marie Curie, à Paris.

4.4.1 Résultats des observations *in-situ*

A l'œil et à la loupe à grossissement x10, il n'est pas possible de déterminer si plusieurs variétés de marbres blanc ont été utilisées, et donc de distinguer, de ce point de vue, les voussoirs à boules des chapiteaux, bases et tailloirs.

Lors des prélèvements, une odeur fétide a parfois été détectée, et donc systématiquement notée, car représentant un critère d'identification (en particulier pour le marbre de Saint-Béat).

Une observation des traces d'outils, surface de montage et trous de goujon a été réalisée sur chaque objet prélevé, car participant à la critique d'authenticité (figure 4.4).

En effet les surfaces de pose des bases et chapiteaux possèdent des traitements différents, et que les trous de goujons sont de forme et profondeurs variables [31]. Les surfaces de poses des tailloirs et des couvertines du mur-bahut présentent des ciselures périmètriques de taille variables. Les surfaces de pose des bases et chapiteaux sont soit planes et lisses, soit planes et piquetées, soit légèrement surcreusées pour permettre au mieux l'ajustement des colonnes ; cette diversité est soit le témoin d'une mise en œuvre variable des éléments en liaison avec un ouvrier différent ou à un cas particulier de montage, soit liée à un réemploi, mais dans tous les cas peut être médiévale. Concernant les trous de goujon, le discours est différent. En effet rappelons que, avant le XIX^{e} siècle, les fers étaient forgés, et donc de section carrée, or quelques chapiteaux et bases sont porteurs de trous circulaires, de même que la plupart des colonnes, ce qui tendrait à les attribuer à un remontage du XIX^{e} ou du XX^{e} siècle.



Figure 4.4 – Cloître de Berdoues (Gers) - Chapiteau dont le trou de goujon est à section carrée = XII^{e} ou XIII^{e} s. - Surface de pose au niveau de l'astragale surcreusée.
Marbre blanc - grain 0,2 à 0,5 mm (max. 2 mm) - un peu de pyrite - échantillon BER 3 (Cliché J.- M. Calmettes, DRAC Midi-Pyrénées).

Les éléments « en place » dans la chapelle sont en marbre blanc, à l'exception de 3 des 8 colonnes, qui sont en calcaire noduleux des Pyrénées (type Campan). La colonne située à proximité de l'entrée est taillée dans une variété verte. Deux autres sont en plusieurs tronçons de marbre vert ou rouge.

Parmi les 5 colonnes en marbre blanc, l'une d'elle est aussi en plusieurs fragments. Il y a des marbres à grain grossier assez gris et des marbres à grain plus fin.

Ces colonnes cassées et les socles coupés et réajustés sont des indications tendant à confirmer un remontage lors de l'aménagement de la chapelle à la fin du XIX^{e} siècle. Cela nous indique aussi que la fourniture de pierre n'était pas homogène dans la colonnade, comme souvent dans les cloîtres romans, où les réemplois de blocs antiques sont fréquents. Le cloître de l'abbaye de Trie (localité très proche de Berdoues), remonté au Cloisters, à New-York, est lui aussi très composite.

4.4.2 Résultats des observations en laboratoire

Pour l'ensemble des objets prélevés, les observations réalisées à la loupe binoculaire sur les échantillons bruts ont révélé une homogénéité de texture, avec des grains moyens à gros et des clivages courbes.

Les observations en cathodoluminescence optique ont été réalisées sur des pastilles de poudre de 2,5 mm de diamètre. Les échantillons de marbre étudiés ont une réponse assez similaire, avec une luminescence rose-orangé (figure 4.5).

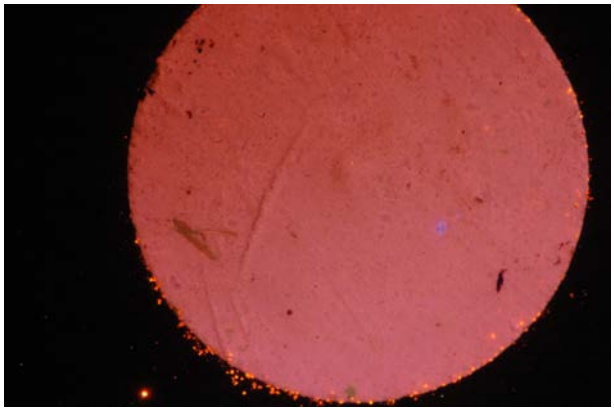


FIGURE 4.5 – Image en cathodoluminescence optique sur poudre d'un marbre blanc - Cloître de Berdoues (Gers), échantillon BER9 =b*ase* sculptée de petit format, adossée à un pilastre, présenatant un trou de goujon de section carrée (XII^{e} ou XIII^{e} s.) et une surface de pose de la colonne surcreusée - marbre blanc à gros grain(MGS 2,3 mm), présence de pyrite et de graphite (Cliché Ph. Blanc).

4.4.3 Analyses des isotopes stables du carbone et de l'oxygène

Les résultats des dosages des isotopes stables du carbone (^{13}C) et de l'oxygène(^{18}O) sont reportés dans le tableau 4.1 ainsi que sur le diagramme de la figure 4.6, en comparaison avec des échantillons de référence prélevés dans les carrières pyrénéennes [33].

On pourrait rapporter ces valeurs isotopiques à des marbres du Proconèse, cependant les couleurs de cathodoluminescence ne sont pas bleues mais rose-orangé et donc correspondent mieux aux différentes carrières de Saint-Béat. Notons en sus que toutes les valeurs sont regroupées dans la partie supérieure droite du nuage de référence des carrières du massif de Saint-Béat, ce qui correspond aux valeurs classiquement trouvées lors d'analyses d'objets archéologiques taillés et sculptés dans ce marbre.

Tableau 4.1 – Résultats des analyses des isotopes stables du carbone et de l'oxygène des échantillons de marbres blancs prélevés sur les éléments du cloître de Berdoues (Gers).

Échantillon	δ^{13}C ‰ (vs PDB)	δ^{18}O ‰ (vs PDB)
BER1	3,13	-2,01
BER4	3,00	-1,99
BER6	3,18	-2,26
BER7	2,99	-2,01
BER8	3,58	-2,41
BER9	3,40	-1,90
BER10	3,14	-2,17
BER11	3,12	-2,01
BER12	3,36	-2,01
BER13	3,46	-1,82

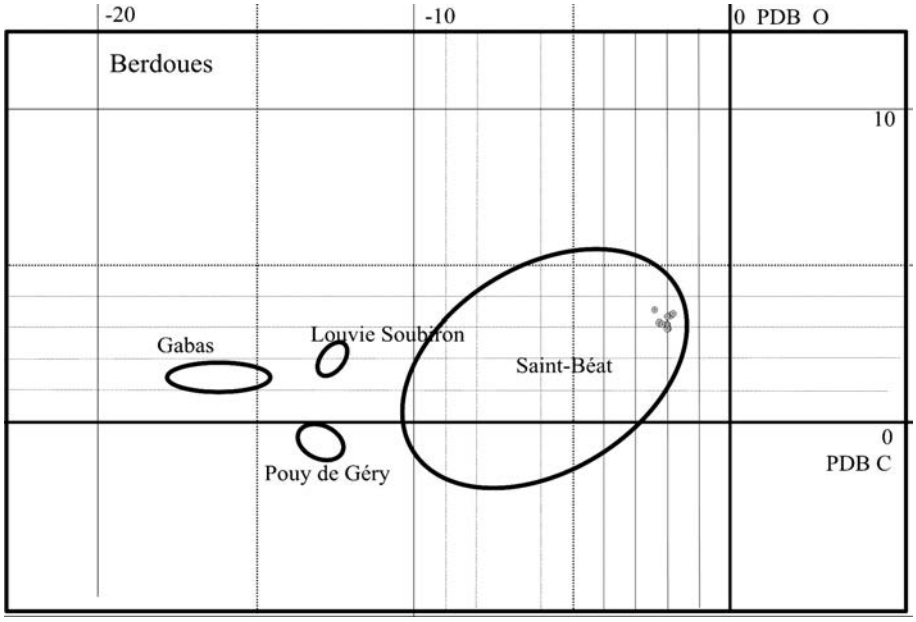


Figure 4.6 – Diagramme représentant les rapports isotopiques (vs PBD) δ^{18}O ‰ en abscisses et δ^{13}C ‰ en ordonnées pour les marbres blancs pyrénéens (ellipses) et les échantillons prélevés dans les éléments du cloitre de Berdoues (points).

4.5 Conclusions

Les analyses isotopiques et les mesures en cathodoluminescence indiquent que ces marbres blancs utilisés dans les fragments prélevés à Berdoues sont issus des carrières

du massif de Saint-Béat. Ceci est conforté par l'analyse en microscopie optique qui montre une homogénéité de texture, avec des gros grains et des clivages courbes.

Il y a donc à Berdoues un lot très homogène en termes de zone carrière. Aucune analyse ne correspond au marbre de Céret comme on aurait pu le soupçonner pour les éléments architecturaux qui, stylistiquement, sont à rapprocher d'édifices du Roussillon ou de Catalogne.

Les éléments possédant des trous de goujon circulaires, et donc que l'on peut soupçonner être des restitutions du XIX^{e} ou du début du XX^{e} siècle, sont aussi en marbre provenant du massif de Saint-Béat. Ceci est tout à fait plausible quand on sait par ailleurs que Paul Gouvert avait fait rouvrir une carrière à Saint-Béat.

4.6 Bibliographie

[1] F. Braemer, « Répertoire des gisements de pierre ayant exporte leur production a l'époque romaine » dans Colloque international sur les ressources minérales et l'histoire de leur exploitation, Grenoble, 108^{e} congrès CTHS, p. 287-328, 1986.

[2] R. Gnoli, G. Ortolani, P. Pensabene : Marmi antichi, Éditions De Luca, 319 pages, 1989.

[3] L. Lazzarini, Pietre e marmi antichi, Éditions CEDAM, 194 pages, 2004.

[4] L. Lazzarini, Poikiloi lithoi, versiculores maculae : i marmi colorati della Grecia antica, Supplément de Marmora, n° 2, 285 pages, 2007.

[5] A. Blanc, Ph. Blanc, « Quelques carrières de marbre oubliées du centre de la France » dans Aspects du travail de la pierre en France et en Belgique de l'Antiquité à nos jours : colloque international, dir J.-P. Ducastelle, Document du Musée de la pierre de Maffle, 11, p. 87-99, 2010.

[6] A. Polinski, « Provenance et utilisation de la pierre dans la basse vallée de la Loire (I^{er} siècle av. J.-C. - VIII^{e} siècle ap. J.-C.) », thèse de doctorat de l'Université de Nantes, 2012.

[7] A. Blanc, Ph. Blanc, « Ancient uses of the Roman breccia (brèche des Romains) in Gaul » dans Interdisciplinary Studies on Ancient Stone, Proceedings of the IX ASMOSIA Conference, Tarragona, p. 487-492, 2012.

[8] M.-F. Poiret, « Marbres et albâtres dans l'église de Brou » dans Marbres en Franche-Comté : actes des journées d'études, Besançon, p. 85-103, 2003.

[9] G. Bresc-Bautier, H. du Mesnil, Le marbre du roi : l'approvisionnement en marbre des Bâtiments du roi, 1660-1715. Eighteen Century Life, The art and architecture of Versailles. 17, 35-54, 1993.

[10] A.-Ch. Perrot, A. Blanc, V. Vergès-Belmin, B. Perdu, La campagne de nettoyage et de restauration des pierres de l'Opéra Garnier. Pierre Actual. 787, 76-85, 2002.

[11] R. Mazeran, « Les brèches exploitées comme marbre dans le sud-est de la France à l'époque gallo-romaine » dans Actes de la IV^{e} Conférence Internationale ASMOSIA, Bordeaux, p. 335-338, 1999.

[12] J. Dubarry de Lasalle : Identification des marbres, Éditions H. Vial, 303 pages, 2000.

[13] F. Antonelli, L. Lazzarini, B. Turi , « The provenance of white marble used in roman architecture of Arausio (Orange, France) : first results » dans ASMOSIA VI international conference, Venise, p. 265-270, 2002.

[14] A. Blanc, Ph. Blanc, L. Gebus, « Étude des marbres blancs de trois sites gallo-romains fouillés à Metz en 1994 » dans Les roches décoratives dans l'architecture antique et du Haut Moyen Âge, Éditions du CTHS, p. 43-61, 2004

[15] P. Julien, Marbres de carrières en palais, Éditions Le bec en l'air, 272 pages, 2006.

[16] R. Bourrouilh, P.-A. Bourque, « Les calcaires à Stromatactis de type marbre rouge du Languedoc » dans Actes de la IV^{e} Conférence Internationale ASMOSIA, Bordeaux. p. 65-76, 1999.

[17] A. Blanc, « Observations préliminaires sur les marbres et roches décoratives de quelques monuments gallo-romains du nord de la France » dans Actes de la IV^{e} Conférence Internationale ASMOSIA, Bordeaux. p. 249-254, 1999.

[18] F. Antonelli, « Le marbre « griotte », « cipolino mandolato » des Pyrénées », thèse de doctorat de l'Université de Tours, 1997.

[19] R. Le Pennec, « Collections de marbres du département du Jura » dans Marbres en Franche-Comté : actes des journées d'études, Besançon. p. 212-218, 2003.

[20] E. Groessens, « La diffusion du marbre de Rance » dans 117^{e} Congrès nat. Soc. Sav. Clermont-Ferrand 1992, 2^{e} coll. Carrières et Constructions, Éditions du CTHS, p. 183-211, 1993.

[21] E. Groessens, Les débuts de l'exploitation de la pierre en Belgique, Monographie du Musée provincial des Arts anciens du Namurois, 53, 67-83, 2011.

[22] D. Attanasio, M. Brilli, N. Ogle, The isotopic signature of classical marbles, Éditions L'Erma di Bretschneider, 297 pages, 2006.

[23] N. Herz, Carbon and oxygen isotopic ratios : classical Greek and Roman marbles. Archaeometry. 29, 35-43, 1987.

[24] N. Herz, Stable isotope analysis of greek and roman marble : provenance, association, authenticity, J.P. Gethy Museum, p. 101-110, 1990.

[25] V. Barbin, K. Ramseyer, D. Decrouez, J.S. Burns, Y. Chamay, J.L. Maier, Cathodoluminescence of white marbles : an overwiew. Archaeometry. 34(2), 175-783, 1992.

[26] Ph. Blanc, « La cathodoluminescence quantitative des marbres blancs » dans 3^{e} Colloque « Carrières et constructions », Amiens, Paris, CTHS, p. 489-504. 1996.

[27] D. Attanasio, Ancient white marbles : analysis and identification by paramagnetic resonance spectroscopy, Studia archeologica n°122, Éditions L'Erma di Bretschneider, 284 pages, 2003.

[28] Y. Maniatis, V. Mandi, Electron paramagnetic resonance signals and effects in marble induced by working. J. Applied Physics. 71, 4859-4867, 1992.

[29] C. Gorgoni, L. Lazzarini, P. Pallante, B. Turi, « An update and detailed mineropetrographic and C-O isotopic reference database for the main Mediterranean marbles used in antiquity » dans Interdiciplinary studies on ancient stone, ASMOSIA V international Conference, Boston. p. 115-131, 2002.

[30] Ch. Costedoat, « Recherches sur les marbres pyrénéens » dans Entretiens d'Archéologie et d'Histoire de Saint-Bertrand-de-Comminges : Les marbres blancs des Pyrénées, Approches scientifiques et historiques, Musée archéologique départemental de St-Bertrand-de-Comminges, p. 101-118, 1995.

[31] Ch. Balagna, Les éléments sculptés du fonds lapidaire de l'ancienne abbaye cistercienne de Berdoues (Gers) : critique d'authenticité, étude technique et stylistique, Rapport préliminaire de la DRAC Midi-Pyrénées, novembre 2006.

[32] J. Lapart, Recherches historiques et bibliographiques sur le cloître de l'abbaye cistercienne de Berdoues (Gers), document préparatoire de la DRAC Midi-Pyrénées, 2005.

[33] Ch. Costedoat, « Essai de caractérisation des marbres blancs pyrénéens par méthodes physiques. Application en architecture et archéologie », thèse de doctorat de l'Université de Bordeaux I, 1992.

Quelques difficultés de vocabulaire autour des pierres marbrières

La géologie, science moderne, contraint à l'usage d'un vocabulaire précis et international, notamment basé sur la minéralogie quand il s'agit de nommer et décrire les roches. Hors, le langage commun des maitres d'œuvre et maitres d'ouvrage de toutes époques, des archéologues et des historiens d'art, est rempli de confusions dans les noms de certaines pierres utilisées en construction, pour la sculpture ou la réalisation objets d'art.

Un **marbre au sens strict**, en terme géologique, est une pierre composée de calcite (carbonate de calcium) issue de la transformation d'un calcaire par l'action de fortes pressions et/ou de fortes températures, appelée métamorphisme. Ce marbre au sens strict est blanc ou grisâtre. Il peut en partie être dolomitique (carbonate de calcium et magnésium).

Certains calcaires dont le métamorphisme n'est pas abouti, pourront être qualifiés de calcaires marmoréens.

Un **marbre au sens large**, correspond plus ou moins à une définition d'usage. C'est une pierre qui peut prendre le poli, miroiter, briller... Cela peut correspondre à un calcaire marbrier de couleurs variées, présentant des aspects sédimentaires, contenant des fossiles ou plus ou moins métamorphisé. Cela peut aussi correspondre à des roches siliceuses telles que des granites. Parmi ces pierres on trouve des calcaires issus de dépôt de calcite hydrothermale, de type travertins hydrothermaux.

Ces travertins hydrothermaux, qui font donc partie des marbres au sens large, sont aussi parfois appelés albâtres ou onyx. Ces termes sont d'usage courant dans la littérature, en particulier concernant l'Antiquité égyptienne et romaine, et parmi les tailleurs de pierre et marbriers. Ils doivent donc être pris en compte ; cependant, d'un point de vue géologique, ils sont erronés.

Ainsi les sculptures égyptiennes, dites en « albâtre », sont en calcite (carbonate de calcium), alors que l'albâtre du géologue est une forme de sulfate de calcium (gypse et/ou anhydrite). Dans les textes anciens, l'« albâtre », est défini comme une pierre blanche, tendre semi-transparente (sans préoccupation de la composition chimique, qui est une notion moderne).

Un **albâtre** au sens géologique est une pierre composée de sulfates de calcium sous la forme de gypse ou d'anhydrite. Les albâtres dits de Nottingham sont de vrais albâtres géologiquement parlant. On parle parfois d'albâtres gypseux (par opposition aux travertins hydrothermaux, que l'on pourrait alors qualifier d'albâtres calcaires).

Certains ont trouvé la solution pour plaire à tous en choisissant les termes « albâtre égyptien » ou « albâtre oriental » pour ces calcites, qui sont parfois aussi nommées onyx, onyx oriental, ... Pour les géologues, un vrai **onyx** est une variété particulièrement belle d'agate, c'est-à-dire une roche dure siliceuse, composée essentiellement de silice sous la forme de calcédoine, plutôt réservée à la réalisation de petits objets.

Enfin, albâtre et marbre blanc sont souvent confondus dans les textes médiévaux et de la Renaissance, « alebastre » désignant plus la qualité esthétique du matériau que sa nature chimique.