



HAL
open science

L'Oolithe vacuolaire : caractéristiques, mise en œuvre et altération

Gilles Fronteau

► **To cite this version:**

Gilles Fronteau. L'Oolithe vacuolaire : caractéristiques, mise en œuvre et altération. Bulletin d'information des géologues du Bassin de Paris, 2000, 37 (3), pp.34-39. <hal-02882797>

HAL Id: hal-02882797

<https://hal.science/hal-02882797v1>

Submitted on 27 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

L'Oolithe vacuolaire : caractéristiques, mise en œuvre et altération

Fronteau Gilles

Laboratoire des Sciences de la Terre. Université de Reims Champagne-Ardenne
2 esplanade Roland Garros, 51100 Reims. gilles.fronteau@univ-reims.fr

Les carrières souterraines de Savonnières-en-Perthois

Les carrières souterraines de Savonnières-en-Perthois forment un immense ensemble d'exploitations toutes reliées les unes aux autres et désormais soit laissées à l'abandon, soit utilisées comme champignonnières (même si cette activité est elle aussi en perte de vitesse). Le développement total de ces exploitations couvre une zone dépassant le kilomètre carré tandis que l'épaisseur de calcaire exploité varie entre 3 et 4 mètres seulement. Cette pierre de taille est, et a été, largement utilisée en France et en Belgique sous le nom de Pierre de Savonnières ; appellation limitée aux carrières se situant sur les communes de Savonnières-en-Perthois, Juvigny-en-Perthois et Aulnois-en-Perthois (Anonyme, 1890 ; Noël, 1970). Les autres sites où une pierre équivalente était extraite (fig. 1) ont pris des noms dépendant de la commune d'extraction : Pierres de Chévilion (en Haute-Marne), Liais de Brauvilliers, Pierre de Combles... Mais le centre du principal bassin carrier se situait au niveau des carrières visitées durant cette excursion, c'est à dire sous Savonnières-en-Perthois, même si les anciennes carrières du plateau Est de la vallée de la Saulx sont très nombreuses (fig. 1).

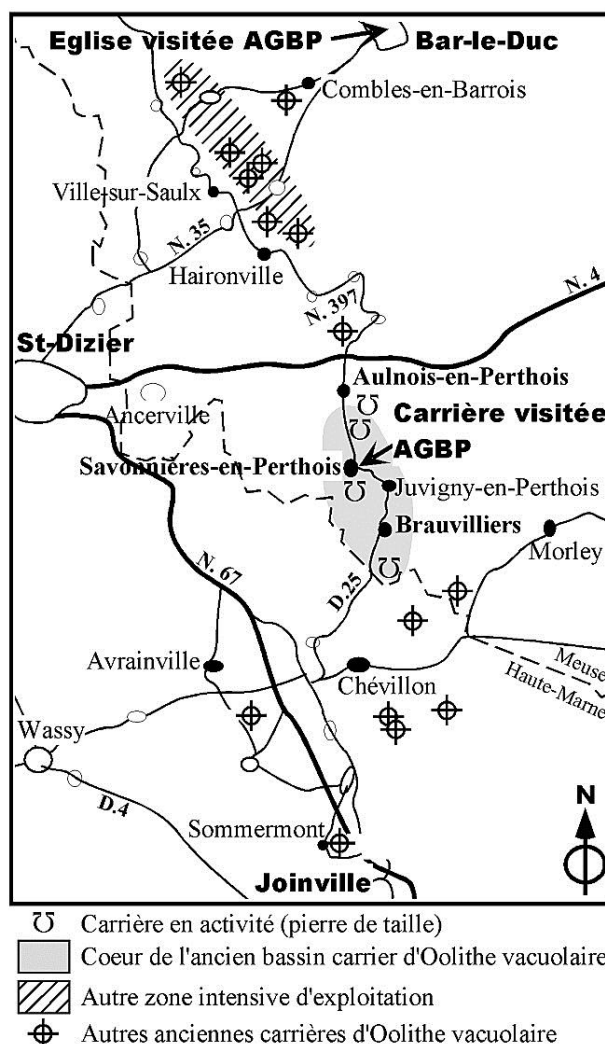


Figure 1 : Situation des carrières d'Oolithe vacuolaire

Toutes ces appellations de pierres de taille proviennent d'une formation stratigraphique nommée « l'Oolithe vacuolaire » (Stchépinsky, 1959, 1960, 1969) dont les affleurements se situent à la limite des départements de la Haute-Marne et de la Meuse, à l'Est de St-Dizier. Ce qui correspond globalement à une zone longue de quelques kilomètres de large pour une vingtaine de kilomètres de long : de Bar-le-Duc à Joinville. Toute cette zone est parsemée d'anciennes carrières mais désormais seul le centre du gisement d'Oolithe vacuolaire fait l'objet de quelques exploitations pour la pierre de taille.

L'âge de la formation de l'Oolithe vacuolaire n'est pas fixé avec précision, on le suppose Tithonique inférieur (zone à *Cyrena rugosa*), mais la formation proprement dite ne contient pas de marqueurs biostratigraphiques (Salin, 1935 ; De Brétizel, 1962 ; Stchépinsky, 1959, 1960, 1969 ; Fronteau, 2000). Le calcaire exploité est nettement oolithique (généralement une oosparite) avec quelques intercalations coquillères (lentilles lumachelliques de coquilles de lamellibranches). Au centre du bassin carrier, la variabilité lithologique de la formation est très faible : le sédiment ne contient que des oolithes aux nucléus plus ou moins dissouts et des coquilles de lamellibranches, à l'exclusion de tout autre type d'éléments. Il s'agit alors d'une pierre très homogène voire très monotone (si on examine le microfaciès). Mais à la périphérie du bassin carrier, le faciès est beaucoup plus hétérogène, avec par exemple, la présence de Miliolites (Combles-en-Barrois, Avrainville) ou bien de lithoclastes micritiques beiges arrondis (s'ils ont une taille centimétrique : pierre utilisée pour l'église de Bar-le-duc) ou nettement allongés (taille dépassant parfois la dizaine de centimètres : pierre utilisée pour la Basilique de l'Epine).

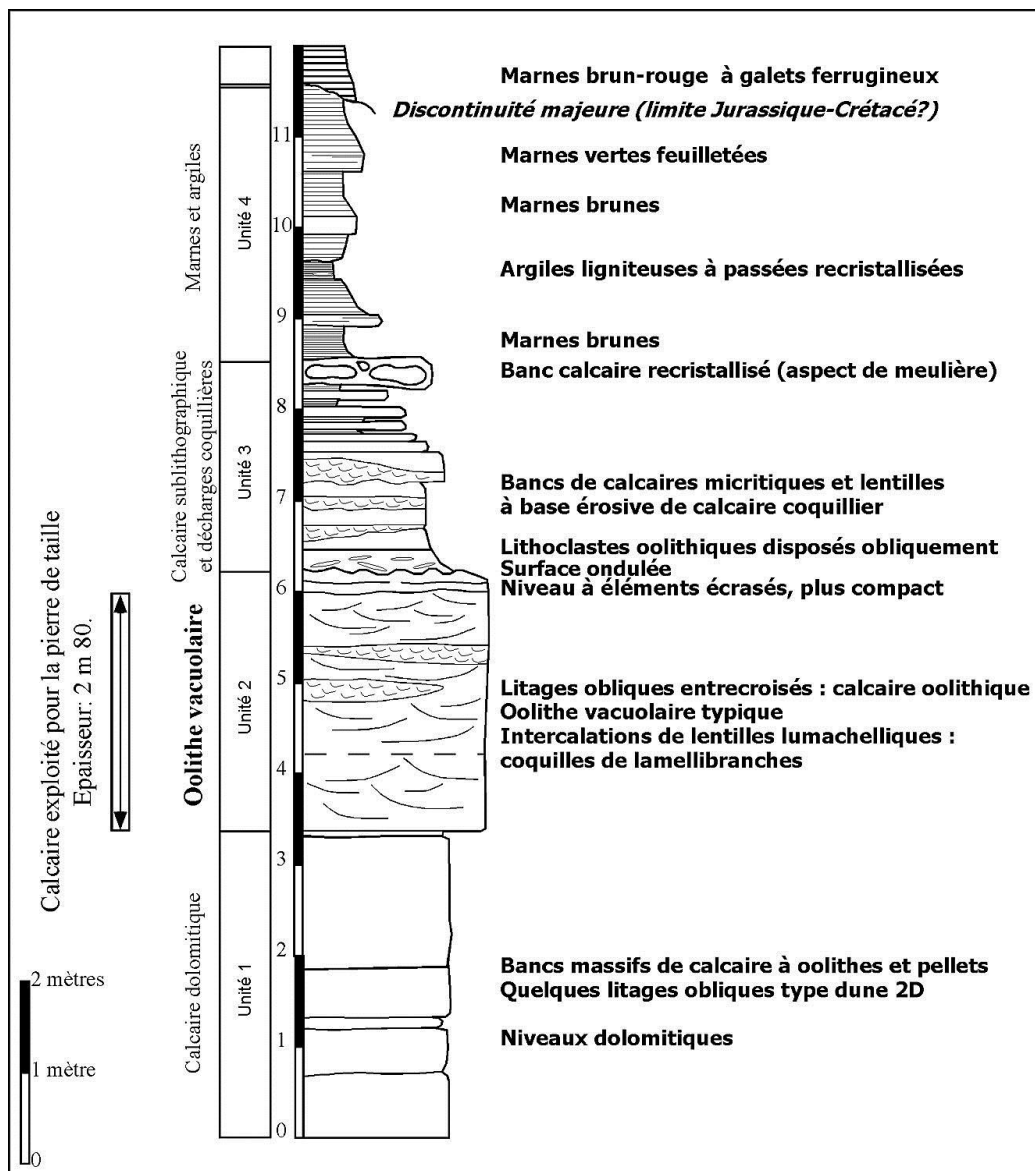


Figure n°2 : Log stratigraphique série Oolithe vacuolaire (ici carrière de La fontaine à Brauvilliers)

L'Oolithe vacuolaire

La série stratigraphique est composée de la succession de calcaires (dolomitiques puis oolithiques et enfin sublithographiques) puis de marnes et d'argiles azoïques (fig. 2). Le contenu paléontologique est faible et peu varié : seule l'Oolithe vacuolaire contient quelques coquilles de lamellibranches souvent réduites à l'état de moules (Buvignier, 1854 ; Salin, 1935). Les carrières souterraines de Savonnières-en-Perthois ne permettent pas véritablement d'observer la série sédimentaire mais nous avons vus, par endroits, les calcaires micritiques sublithographiques gris qui surmontent l'Oolithe vacuolaire. De plus, lors de la visite des carrières, nous nous sommes rendus compte de l'homogénéité du calcaire et on peut d'ailleurs remarquer qu'actuellement, seule cette pierre grise homogène est recherchée pour l'exploitation (François, 1992). Les bancs de la base de la formation ou des carrières de la vallée de la Saulx, plus hétérogènes avec une tendance jaunâtre ou rougeâtre, ne sont plus extraits. Lors de la restauration des monuments avec de la Pierre de Savonnières, cette différence pourra poser des problèmes d'ordre esthétique (différence de couleur ou d'aspect : pierre plus ou moins poreuse) mais aussi d'altérabilité : si les propriétés pétrophysiques de ces pierres sont différentes (comme nous le verrons en détaillant la Basilique de l'Épine).

Les piliers qui soutiennent le toit de la carrière permettent parfois d'observer en 3 dimensions les différents types de litages obliques qui composent la masse de la Pierre de Savonnières. Ceux-ci sont généralement des litages entrecroisés typiques d'environnements de dépôts tidaux et étaient exploités sous le nom de Pierre de Savonnières fine (ou $\frac{1}{2}$ fine si la granulométrie est hétérogène d'un litage à l'autre). Mais par endroits des niveaux lenticulaires se trouvent intercalés, ils sont principalement composés de coquilles de lamellibranches (lumachelle bioclastique à oobioclastique) et mesurent en moyenne 50 cm de hauteur pour une vingtaine de mètres de longueur. Ces niveaux, à base érosive, ont été exploités sous l'appellation de $\frac{1}{2}$ fin coquillier, il s'agit de décharges bioclastiques liées à des tempêtes, qui recouvrent épisodiquement les sédiments plus oolithiques. Notons d'ailleurs que nous avons retrouvé ces figures mis en œuvre dans la Basilique de L'Épine, où les structures sédimentaires observées sur certains blocs sont particulièrement pédagogiques.

Enfin, soulignons ici une observation qui a intrigué tout le groupe de visiteurs et qui concerne certains endroits du toit des carrières souterraines, et plus particulièrement le sommet de la formation de l'Oolithe vacuolaire. En effet, normalement, les 20 derniers centimètres de cette formation ne sont pas exploités et sont conservés pour former le toit des exploitations souterraines ; mais parfois cette limite supérieure peut s'observer (au profit d'effondrement ou de modes d'exploitation différents). Nous avons alors remarqué que toute la surface qui limite le sommet de la Pierre de Savonnières est marquée de stylolithes, témoignant d'un glissement banc sur banc. L'importance de cette observation se révèle si on observe le microfaciès des derniers centimètres de la Pierre de Savonnières (voir ci-dessous). En effet, le grains y sont écrasés et parfois seules les oolithes dont le nucleus n'a pas été dissout sont encore reconnaissables. La porosité est faible (moins de 10%) et les éléments peuvent même être réduits à l'état de liséré micritique entre deux niveaux sparitiques (fig. 3).

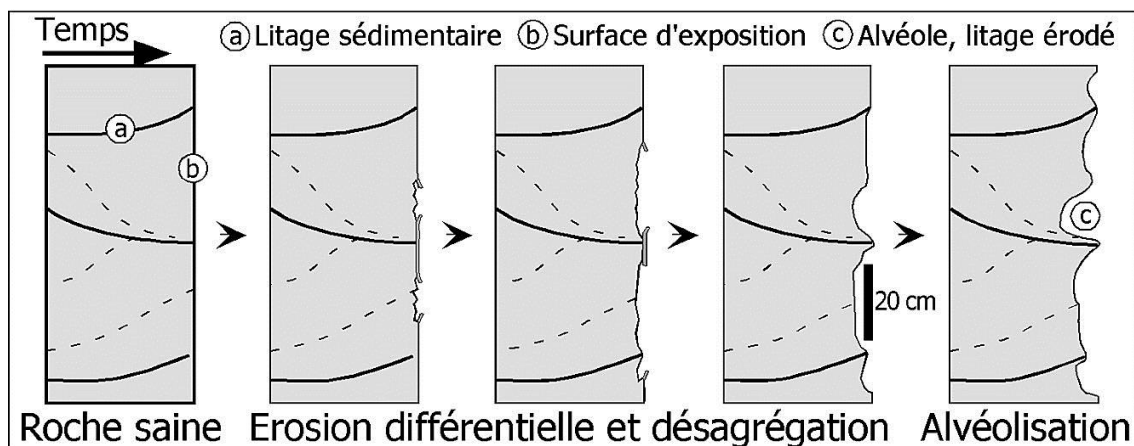


Figure 3 : Cinématique de désagrégation de l'Oolithe vacuolaire (altération préférentielle)

Le microfaciès de référence de l'Oolithe vacuolaire

Le faciès le plus commun de ce groupe de pierres de taille est bien défini par le terme d'Oolithe vacuolaire car 90% des éléments sont des oolithes dont les nucléus sont totalement ou partiellement dissouts. La grande particularité de cette pierre est donc la dissolution du nucléus des oolithes, c'est à dire l'existence d'une phase de diagenèse précoce qui a affecté préférentiellement les pellets fécaux (composés de calcite hautement magnésienne) qui servent de nucléus aux oolithes, en respectant les cortex des oolithes et le ciment palissadique (composés de calcite bassement magnésienne).

La phase granulaire (50%) comprend uniquement trois types d'éléments : des oolithes, des pellets non oolithisés et des coquilles plus ou moins éparses. Les éléments sont liés par un ciment isopaque palissadique qui n'obture jamais totalement la porosité intergranulaire, laissant de nombreuses vacuoles. La cimentation représente globalement 20% du total de la roche. La porosité est très importante : souvent plus de 30% (Bousquié, 1979 ; Rémy, 1993) et elle est principalement composée de deux types de macropores. Une macroporosité intragranulaire, liée à la phase de dissolution qui a affecté les nucléus des oolithes ainsi que la plupart des coquilles de lamellibranches et une macroporosité fonction de l'obturation imparfaite de l'espace intergranulaire. La porosité intragranulaire représente globalement 15 à 25% du volume de la roche ; cette phase de dissolution est relativement précoce et précède les épisodes locaux de dolomitisation. De plus, cette macroporosité intra-oolithes explique le très fort pourcentage de porosité piégée de ce calcaire (près de 60% de la porosité totale). La microporosité est faible : de 5 à 10%, et principalement composée de micropores au sein des oolithes (cortex ou vestiges du nucléus) ou entre les cristaux du ciment palissadique.

Localement on rencontre des microfaciès à matrice micritique, souvent en relation avec les lentilles coquillières, l'épaisseur des ces lits est variable, mais généralement centimétrique. Le ciment sparitique palissadique est alors peu développé voire absent. La macroporosité est nettement plus faible que dans le microfaciès de référence : seulement 5 à 10%, elle est principalement composée des pores intragranulaires et on note d'ailleurs un plus faible taux de dissolution des nucléus.

Le microfaciès au sommet de l'Oolithe vacuolaire :

Même si la formation n'est pas terminée au toit par une discontinuité sédimentaire, dans les deux derniers centimètres de l'unité, on remarque une brutale transformation du microfaciès. Les éléments sont engrenés et même écrasés, seules les oolithes avec un cortex suffisamment résistant sont encore reconnaissables alors que les autres éléments forment comme des « lamines ». Ce microfaciès n'a pas été exploité pour la pierre de taille car les oolithes et les éléments sont écrasés, la macroporosité très faible : moins de 5%, et son aspect macroscopique compact est éloigné de celui de l'Oolithe vacuolaire. L'origine de cette écrasement des éléments n'est pas la compaction sédimentaire, mais un glissement banc sur banc de toute la formation, celui-ci ne se décèle pas en carrière ouverte mais a nettement été reconnu dans les carrières souterraines sous Savonnières-en-Perthois. Le fait de retrouver ce microfaciès au sommet de l'Oolithe vacuolaire à Savonnières-en-Perthois, mais aussi à Aulnois-en-Perthois et à Brauvilliers montre que ce glissement est généralisé à toute la région.

L'Oolithe vacuolaire mise en œuvre et son altération :

Au cours de cette excursion, nous avons côtoyé et observé divers exemples de construction en Oolithe vacuolaire, principalement à Bar-le-Duc, Savonnières-en-Perthois et à L'Epine près de Châlons-en-Champagne. Ce calcaire oolithique est une très bonne pierre de taille, exploitée depuis l'époque gallo-romaine ; en climat tempéré, elle peut occuper des positions architecturales très variées : élévation, rejaillissement, bandeau, corniche... sans présenter de gélivité ni d'altérabilité excessive (Noël, 1970, Mausolée, 1985, Rocamat, 1997).

Dans les différents sites visités, nous avons nettement constaté que cette roche tend à s'altérer en développant des désagréments et des alvéolisations, ce qui est fréquent pour les calcaire granulaires à cimentation sparitique et à forte macroporosité (Fronteau *et al.*, 1999, Fronteau 2000). Cette altération préférentielle, quand elle se développe lentement, tend à souligner les litages obliques du calcaire en

surcreusant plus ou moins les différentes lamines ce qui forme des alvéoles allongées selon le lit de la roche (fig. 3).

Pourtant en visitant la Basilique de l'Épine ou la cathédrale de Reims, nous avons constaté que les morphologies d'altérations développées sur un monument pouvaient être très variées et que pour les comprendre il fallait non seulement tenir compte des propriétés de la roche elle-même (paramètres propres au calcaire) mais aussi du milieu d'exposition ou des conditions de mise en œuvre (paramètres externes à la roche). Par exemple, à Reims, nous avons facilement décelé que la pollution urbaine provoquait le développement d'altérations différentes de celles du milieu rural. Les désagrégations y sont en effet très rares alors que les croûtes noires affectent la plupart des bâtiments (encroûtements liés à la cristallisation de gypse et à l'accumulation de particules atmosphériques).

Le cas de la Basilique de l'Épine

Il s'agit d'une église de pèlerinage construite entre 1405 et 1527 dans le style gothique flamboyant sur un plan similaire à celui d'une cathédrale. Les deux tours de la façade sont surmontées de flèches ajourées, elles-aussi en pierre. Sur le déambulatoire s'ouvrent 5 chapelles rayonnantes. 3 portails sculptés sous porche s'ouvrent dans la façade principale alors qu'un quatrième s'ouvre à l'extrémité du bras Sud. Les gargouilles sont remarquables et particulièrement celles qui ornent le chevet. La basilique trône dans un petit village au cœur des plaines de Champagne, l'environnement est donc typiquement rural. La route qui jouxte le monument est passagère, mais le trafic est peu dense (quelques véhicules par minute), de plus elle se trouve en contrebas par rapport à la basilique. Enfin, cette dernière est séparée de la route par une bande d'herbe de quelques mètres de large ou par le parvis, qui très développé.

Presque tout le bâtiment est composé d'Oolithe vacuolaire, seuls deux ou trois petits moellons de craie se trouvent intercalés dans la construction, sans qu'il y ait de raison apparente. Cette grande homogénéité de la roche utilisée est remarquable et laisse supposer que les restaurations, s'il y en a eut, ont elles aussi été faites dans ce calcaire. On peut tout de fois remarquer que l'Oolithe vacuolaire utilisée ici présente très fréquemment des teintes jaunes ou rouges, ce qui donne un polychroïsme particulier aux assemblages. Dans cette variété d'Oolithe vacuolaire, on rencontre très fréquemment de gros lithoclastes micritiques beiges, comme ceux que l'on rencontre dans les carrières de la vallée de la Saulx. On peut aussi noter l'omniprésence des litages obliques de type tidaux avec quelques traces de tempêtes (storm wash-over). Enfin, les faciès coquilliers ou oolithiques sont nettement mélangés avec parfois des mises en délit des moellons, quelle que soit leur nature sédimentologique.

L'inventaire des différentes altérations développées sur le monument nous permet de dresser la liste suivante (voir fig.4) :

Une importante surface de la construction est recouverte par des mousses et des lichens (colonisation biologique) qui forment parfois de véritables tapis (croûte verte). Les lichens et les mousses apparaissent très nombreuses et elles colonisent à nouveau la façade principale alors que celle-ci a déjà été nettoyée dans les années 80. Pourtant, dans la plupart des cas cette colonisation par les organismes végétaux est plus inesthétique que véritablement nuisible à la durabilité de la roche. Par contre, on peut s'intéresser à l'arrière du monument, où les saillies et les corniches sont tapissées par la mousse et où toutes les zones de ruissellement sont soulignées de vert (production d'acide biologique, destruction mécanique par perforation ?).

A l'inverse, les véritables encroûtements avec cristallisation de gypse sont relativement rares (croûte noire), même si toute la partie supérieure de la construction présente une nette teinte grise (patine grise). Cette faible représentation des encroûtements gypseux et l'abondance des organismes végétaux est d'ailleurs la meilleure signature de la ruralité de l'environnement du monument. Les recristallisations de calcite n'ont pas été observées, nous considérerons donc qu'il n'existe pas de croûte blanche sur cette construction, soit parce que l'Oolithe vacuolaire résiste particulièrement bien à cette altération, soit du fait de la situation en milieu rural et d'une eau de pluie peu acide.

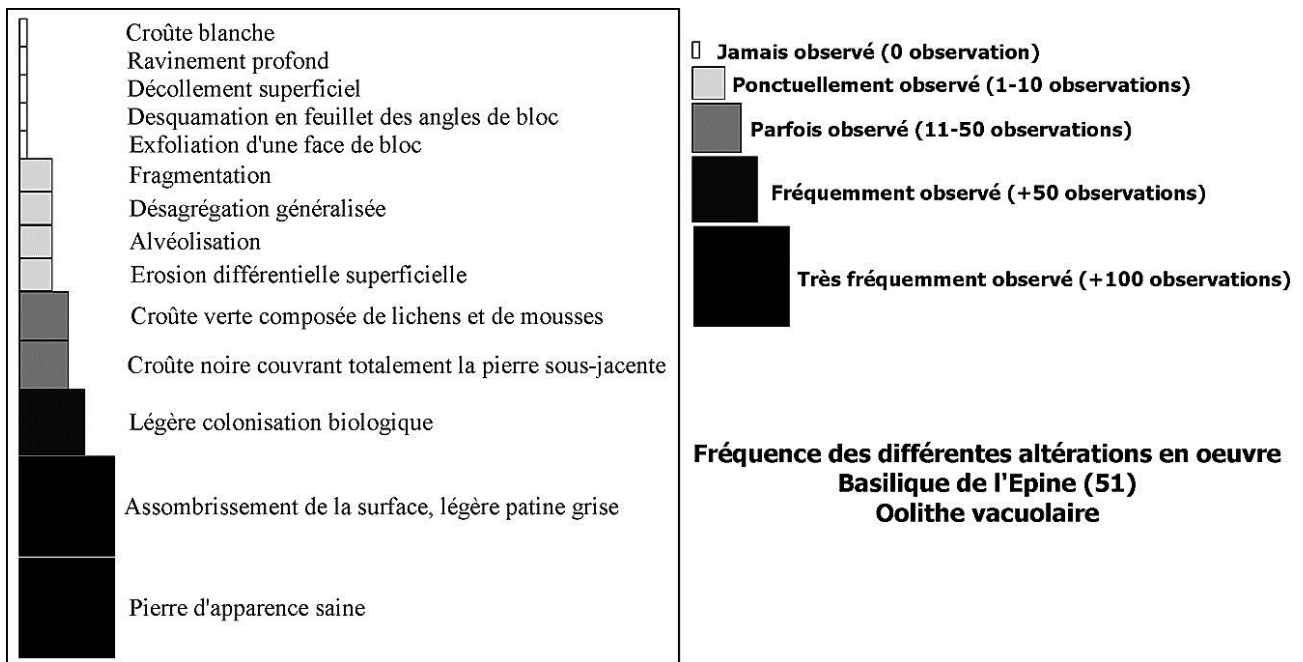


Figure 4 : Inventaire des altérations développées sur la basilique de l'Épine (51, Maine)

On remarque aussi que quelques blocs du coin Nord de la façade principale présentent une érosion différentielle qui fait ressortir les limites entre les litages obliques (érosion différentielle superficielle). Et que les altérations de type désagrégation sont particulièrement importantes au niveau des colonnes et des chapiteaux des porches de la façade principale ou porche du bras sud. Les deux désagrégations typiques de l'Oolithe vacuolaire (notion d'altération préférentielle) sont représentées, avec d'une part une désagrégation généralisée de toute la surface ou d'autre part une alvéolisation avec le creusement d'alvéoles labyrinthiques ou en nids d'abeilles. La basilique de l'Épine est d'ailleurs un site privilégié pour étudier les relations entre ces deux formes de désagrégations, notamment par rapport à l'exposition des surfaces (plus ou moins abritées du vent et de la pluie).

Enfin, alors que les fragmentations se développent classiquement dans les zones d'anisotropie (sédimentologique ou de porosité), on remarque qu'ici les fissures se sont formées dans les saillies de certains blocs à la base des porches de la façade principale. Cette altération, avec des fissures en croix, ne se développe que sur les blocs de restauration, composés d'Oolithe vacuolaire type Pierre de Savonnières. La fissuration conduit soit directement à une fragmentation soit à une desquamation de part et d'autres des fissures puis à une dissociation des zones desquamées.

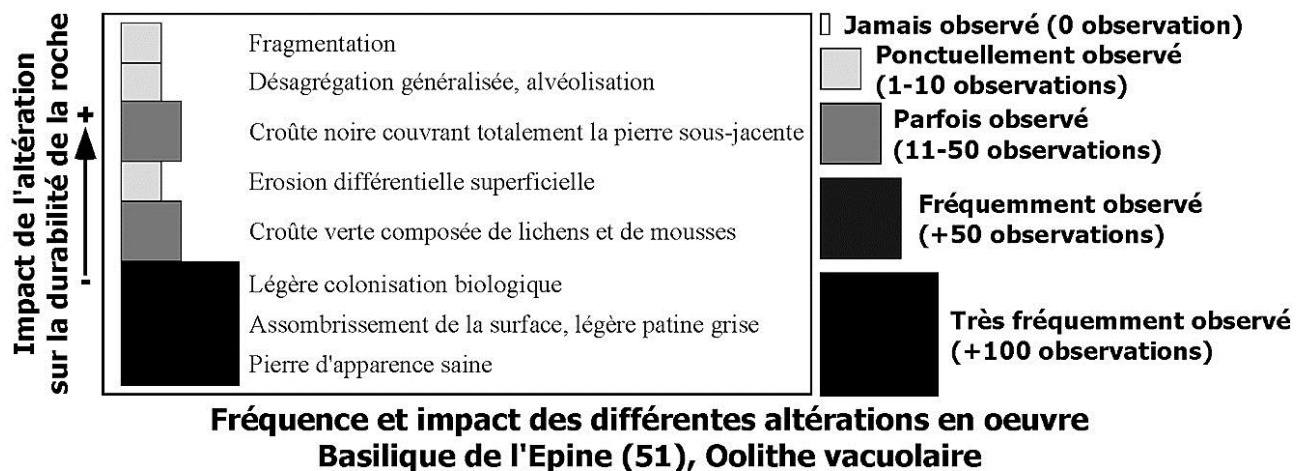


Figure n°5 : Etat global d'altération du monument (relation entre altérations développées et durabilité).

En guise de conclusion et afin de juger de l'état de conservation de ce monument, nous pouvons classer les différentes altérations en oeuvre caractérisées selon leur impact sur la roche. La proportion entre

les altérations très dommageables et celles qui sont peu destructives (fig. 5) étant nettement en faveur des pierres relativement saines, nous jugerons que ce monument est peu altéré. Enfin, notons que l'association d'une étude sédimentologique à l'analyse des morphologies de dégradation permettra de mieux caractériser les différents comportements d'altération de la pierre de taille utilisée (notion de comportement tégogénétique) : ici l'Oolithe vacuolaire.

Bibliographie

- ANONYME (Durand Claye et collaborateur).** 1890. *Répertoire des carrières de pierre de taille exploitées en 1889*, Ministère des Travaux Publics. Paris : Librairie Polytechnique et Cie. 321 pages.
- BOUSQUIE P.** 1979. Texture et porosité de roches calcaires : relations avec perméabilité, ascension capillaire, gélivité et conductivité thermique, Thèse de l'Ecole Nationale Supérieure des mines de Paris, Paris, 191 pages.
- de BRETIZEL, P.** 1962. Données nouvelles sur les "calcaires du Barrois" à l'ouest du fossé de la Marne. *Colloque sur le Jurassique*, Luxembourg. (Luxembourg). 16 pages.
- BUVIGNIER A.** 1854. *Statistique géologique, minéralogique et minéralogique de la Meuse*. 1 vol. 694 pages. 32 pl.
- FRANCOIS D et P. LE BRUN.** 1992. Guide des carrières et des pierres. *Savonnières et Brauvilliers* : Documentation interne ROCAMAT, 2 pages. Non publié.
- FRONTEAU G.** 2000. Comportements tégogénétiques des principaux calcaires de Champagne-Ardenne, relation avec leur faciès de dépôt et leur séquençage diagénétique, Thèse de l'Université de Reims Champagne-Ardenne. 312 pages, 8 planches photographiques.
- FRONTEAU G., V. BARBIN et A. PASCAL.** 1999. Impact du faciès sédimento-diagénétique sur l'altération en œuvre d'un géomatériau calcaire. *C. R. Acad. Sci. Paris* 328 : p. 671-677.
- MAUSOLÉE.** 1985. Les carrières de Brauvilliers et de Savonnières. *Le Mausolée* : p. 1263-1265.
- NOEL P.** 1970. *Les carrières françaises de pierre de taille*. Société de diffusion des Bâtiments et Travaux Publics. 261 pages.
- REMY J.M.** 1993. Influence de la structure du milieu poreux carbonaté sur les transferts d'eau et les changements de phase eau - glace : application à la durabilité au gel de roches calcaires de Lorraine. Thèse de Géologie mention Génie civil et minier, Ecole Nationale Supérieure de Géologie, Nancy, 327 pages.
- ROCAMAT.** 1997. Savonnières 1/2 fine et Brauvilliers Banc II. Fiches Techniques Rocamat. 2 Planches.
- SALIN E.** 1935. Monographie des Calcaires du Barrois. *Bull. Soc. Géol. France* 5 (5) : p. 117-165.
- STCHEPINSKY.** 1959. Carte géologique et notice, Bar-le-Duc, 1/50 000 : BRGM.
- STCHEPINSKY.** 1960. Carte géologique et notice, Joinville 1/50 000 : BRGM.
- STCHEPINSKY V.** 1969. Carte géologique et notice, Wassy 1/80 000 : BRGM. Notice 6 pages.