



HAL
open science

La minéralogie de la carrière de granite de Misery (Nantes) vue au travers des collections anciennes

Jean-Pierre Lorand

► **To cite this version:**

Jean-Pierre Lorand. La minéralogie de la carrière de granite de Misery (Nantes) vue au travers des collections anciennes. 2020. hal-02955797v2

HAL Id: hal-02955797

<https://hal.science/hal-02955797v2>

Submitted on 29 Sep 2021

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.

La minéralogie de la carrière de granite de Miséry (Nantes) vue au travers des collections anciennes

The mineralogy of the Misery (Nantes) granite quarry seen through old collections

Jean-Pierre LORAND

*Laboratoire de Planétologie et Géodynamique, UMR CNRS 6112, Université de Nantes, Faculté
des Sciences et des Techniques, 2 rue de la Houssinière, B.P. 92208, 44322 NANTES Cedex 3,
France (Jean-Pierre.Lorand@univ-nantes.fr)
et Muséum National d'Histoire Naturelle, 61 Rue Buffon, CP 52, 75005, Paris France*

Résumé.

La carrière de leucogranite de Miséry, à Nantes-Chantenay (Loire-Atlantique, France) est célèbre pour la variété des minéraux collectés au XIX^e siècle durant l'exploitation du granite. L'histoire de ces découvertes a été reconstituée dans cet article à partir de l'étude des collections des musées régionaux (Nantes, Le Mans) et nationaux (Muséum National d'Histoire Naturelle et Ecoles des Mines-Paristech). Au moins trois épisodes de minéralisations ont été reconnus, i) une minéralisation tardomagmatique à béryl en cristaux décimétriques avec sulfures associés (löllingite, érubescite, molybdénite); ii) une minéralisation hydrothermale où se sont succédés des filonnets de galène et sphalérite avec quartz disséminés dans le granite et un filon métrique à barytine, fluorite, quartz et pyrite recoupant la partie sud de la carrière; iii) des minéraux secondaires (gypse, halotrichite) provenant de l'altération de surface des sulfures de fer. C'est la minéralisation à barytine qui a fourni les spécimens les plus connus et les plus nombreux en collection. On peut citer les groupements fibro-radiés ou les cristaux prismatiques colorés, de même que l'association avec la fluorite jaune. Ce n'est que récemment que quelques associations similaires ont été retrouvées en périphérie du Massif Armoricaïn qui reste toutefois pauvre en minéralisation à barytine.

Mots-clés :

Miséry, granite, béryl, barytine, minéralisation, Massif Armoricaïn.

Abstract.

The Misery leucogranite quarry, in Nantes-Chantenay (Loire-Atlantique, France) is famous for the variety of minerals collected in the 19th century during granite mining. The history of these discoveries has been reconstructed in this article from a study of the collections of regional (Nantes, Le Mans) and national (Muséum National d'Histoire Naturelle and Ecoles des Mines-Paristech) museums. At least three episodes of mineralization have been recognized, i) a tardomagmatic mineralization with beryl in decimetric crystals with associated sulphides (löllingite, erubescite, molybdenite); ii) a hydrothermal mineralization consisting in granite-hosted disseminated veinlets of galena and sphalerite and a metric vein with barite, fluorite, quartz and pyrite intersecting the southern part of the quarry; iii) secondary minerals (gypsum, halotrichite) from the surface alteration of iron sulphides. It is the barite mineralization that has provided the best known and most numerous mineralogical specimens in collection. Mention have to been made of fibro-radiated groups or colored prismatic crystals of barite, as well as the association of barite with yellow fluorite. It was only recently that a few similar associations were found at the periphery of the Massif Armoricaïn, which however remains poor in barite mineralization.

Keywords :

Misery quarry, granite, beryl, barite, mineralization, Armorican massif.

INTRODUCTION

Miséry (ou Miséri suivant les époques et les écrits, nous choisissons ici Miséry, pour conserver l'orthographe choisie par Bouton *et al.* (2018), est un haut-lieu du patrimoine historique et géologique nantais. C'est de là, dans le coteau de l'Hermitage au bord de la Loire qu'a été tirée la majeure partie des pavés des rues nantaises, depuis la fin du Moyen Âge jusqu'au tout début du XX^e siècle, ainsi que de nombreux blocs de granite incorporés dans les immeubles nantais (Lorand 2016). L'activité de la carrière a profondément marqué l'histoire de ce quartier proche de Chantenay. Cette histoire a été racontée à plusieurs reprises (Lalague-Guilhemsans 1982), notamment en 2018 dans un fascicule rassemblant un collectif d'auteurs de la Société des Sciences Naturelles de l'Ouest de la France (Bouton *et al.* 2018). Trente ans après la fermeture de l'activité industrielle (Brasseries La Meuse) qui avait succédé à l'exploitation du granite, l'avenir du site est maintenant fixé avec un aménagement paysager et ludique en un jardin botanique tropical dit « Jardin Extraordinaire » dont le clou visible en 2022 sera un arbre métallique de 32 mètres

de haut, baptisé « Arbre aux Hérons ». Une partie des fronts de taille de la carrière est préservée, permettant de rappeler aux générations futures ce qu'a été son activité passée.

En bref, les conditions sont réunies pour rappeler combien la carrière de Miséry a également marqué la minéralogie de la Loire-Atlantique (Loire-Inférieure avant 1955) et les collections minéralogiques régionales ou nationales depuis plus de 2 siècles. À Miséry ont en effet été trouvés quelques cristaux isolés de béryl décimétriques, les mieux formés du département d'après Charles Baret (1887). Le gisement est surtout connu pour la barytine (le seul gisement où elle existait en abondance dans le département, associée à la fluorite jaune également exceptionnelle) formant des géodes de cristaux bien formés ou des masses « fleurs de pêcher », les plus connues et les plus recherchées des collectionneurs. Le site a été exploré par les savants minéralogistes tout au long du XIX^e siècle (François René Dubuisson puis Charles Baret), dont les découvertes ont été reprises par Alfred Lacroix dans son tome IV de la

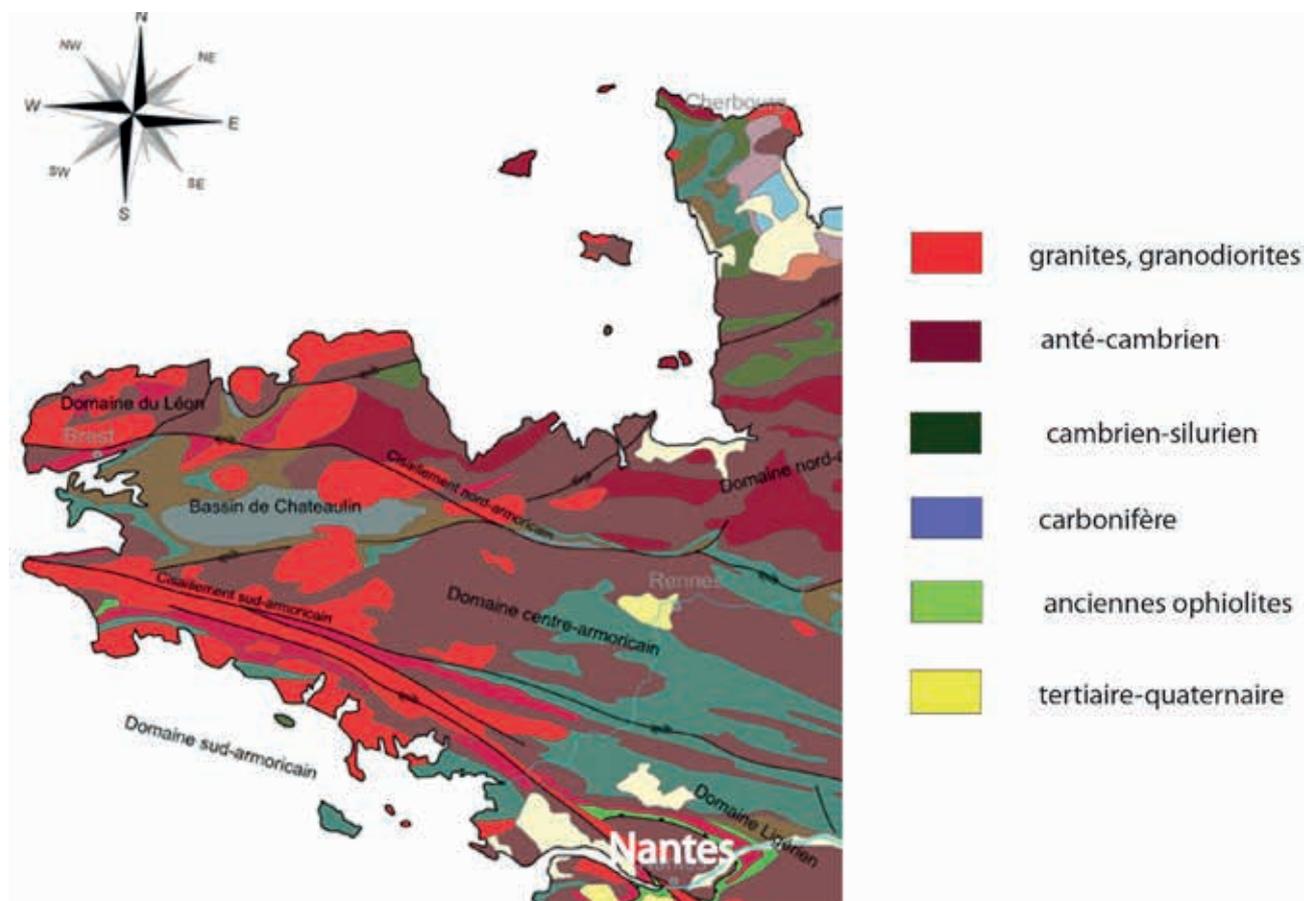


Figure 1. Le Cisaillement sud-armoricain s'étend sur environ 450 kilomètres de la pointe du Raz à la Vendée (voir carte géologique du Massif armoricain). Il est jalonné de granites de composition très proche de celui qui était exploité à Chantenay. La carte géologique schématisée du Massif Armoricain fait bien ressortir la forme elliptique des affleurements de granite. En profondeur, cette roche occupe de vastes volumes en forme de montgolfière ou de lames tordues.

minéralogie de la France et de ses colonies (1910). Une bonne vingtaine d'espèces minérales différentes y ont été décrites, certaines signalées pour la première fois (molybdénite) ou comme la bornite découverte pour la seule et unique fois en Loire-Inférieure. On peut déplorer qu'aucune observation géologique détaillée d'un tel site minéralogique n'ait été réalisée lors de l'exploitation de la carrière, ni qu'aucun des rares textes disponibles n'ait fourni de description d'ensemble du site, pouvant permettre une chronologie et un répertoire paragénetique des associations minérales présentes. Heureusement, les collections aussi bien régionales (collections François René Dubuisson et Charles Baret au Muséum d'histoire naturelle de Nantes - MHNN; collection du Musée du Mans...) que nationales (Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, École Nationale Supérieure des Mines) ont conservé de nombreux échantillons collectés à des époques suffisamment variées pour couvrir toute la diversité minéralogique du gisement. Le but de cet article est d'en faire un recensement aussi exhaustif que possible. Nous avons repris l'étude de quelques uns de ces échantillons les plus

représentatifs au microscope optique et au microscope électronique à balayage (Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris). Ainsi rassemblées, ces nouvelles observations permettent d'en dire un peu plus sur l'histoire minéralogique de la carrière de Miséry.

QUELQUES ÉLÉMENTS DE GÉOLOGIE :

C'est l'exploitation du granite dans les carrières du coteau de l'Hermitage, plus connu maintenant sous le nom de Butte Sainte-Anne, qui a révélé ce site minéralogique exceptionnel pour la Loire-Atlantique. Il faut donc rappeler quelques éléments de la géologie locale pour bien comprendre les minéralisations présentes dans la carrière de Miséry. Le granite exploité ici et dans les différentes carrières du coteau de l'Hermitage, appartient à une bande de granites à deux micas (leucogranite) s'étirant de Saint-Étienne-de-Montluc-Savenay à l'ouest en passant par Nantes puis se développant en Vendée (Fig. 1). Le granite forme un promontoire culminant à 70 mètres dans les hauteurs de Chantenay et la butte Sainte-Anne. Vers le nord-ouest, il se confond avec le Sillon de Bretagne, long talus rectiligne qui traverse la Loire-Atlantique depuis Pont-Château jusqu'au Bignon.

Cet escarpement est la manifestation dans la topographie d'un mouvement tectonique à la période Tertiaire le long du Cisaillement sud-armoricain (C.S.A.), suture tectonique majeure de la partie sud du Massif Armoricain, allant de la Pointe du Raz à la Vendée. Le C.S.A. a joué en décrochement dextre à la fin de l'orogénèse hercynienne (-320 à -300 millions d'années, période westphalienne du Carbonifère), décalant la partie sud-armoricaine du domaine hercynien nantais (Gumiaux 2003). Cette faille est encore active, comme en témoignent les séismes de faible magnitude, mais récurrents, enregistrés dans la région.

Les leucogranites sont communs dans les zones orogéniques associées à une collision continentale (Lameyre 1980, La Roche *et al.* 1980, Barbarin 1999, Carron & Le Guern de Kerneizon 1994). La formation et la mise en place des granites sud-armoricains sont intimement liées à la chaîne de montagne hercynienne édifiée de l'actuel continent américain à l'Asie, voici 350-360 millions d'années (Ma) et qui a structuré le Massif Armoricain (voir par exemple Bernard Griffith *et al.* 1985, Georget 1986). Elle résulte de la collision entre un supercontinent venu de très loin dans l'hémisphère sud (Gondwana, englobant l'actuelle Amérique du Sud, l'Afrique et l'Antarctique) et un supercontinent nordique, la Laurussia (Amérique du Nord et Europe

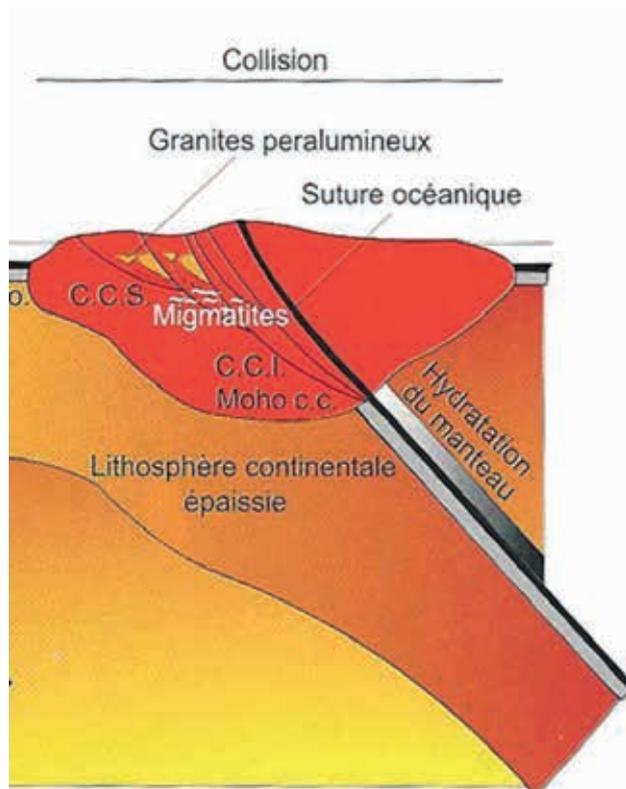


Figure 2. Schéma d'une collision continent-continente telle qu'elle ait pu se produire le long du Cisaillement sud-armoricain il y a environ 315 millions d'années (d'après Gloaguen & Drain 2001). Les sédiments de la croûte continentale supérieure (C.C.S.) sont entraînés en profondeur et chauffés jusqu'à produire des magmas granitiques (migmatites) peralumineux qui remontent ensuite le long des grandes failles, donnant les massifs de granites en lobes.



Figure 3. La butte Sainte-Anne, vue de l'île de Nantes (rive gauche de la Loire). À l'extrême gauche, la carrière de Miséry, au centre les escaliers et l'église Sainte-Anne de Chantenay, avec le Musée Jules Verne. Les falaises de granite sont artificielles. Elles ont été taillées par l'exploitation du granite et la construction en 1860 de l'ancienne voie ferrée Nantes-Saint Nazaire, déviée en 1955 (Cliché J.-P. Lorand).

du Nord). Coincé entre ces deux mastodontes, un petit lambeau deviendra l'Armorique (Ballèvre *et al.* 2009). Cette collision a eu pour effet d'enfouir les sédiments gréso-pélicites de la croûte superficielle à grande profondeur, provoquant leur métamorphisme (Fig. 2). Ainsi chauffés, les minéraux les moins résistants à la chaleur (feldspath et quartz) fondent vers 650°C, tandis que l'eau libérée par la destruction des micas blancs accélère le processus, produisant des magmas granitiques préfigurant les granites sud-armoricains. Les magmas libérés remontent, guidés par les zones de faiblesse de la croûte rigide qui jalonnent la collision, tel que le Cisaillement sud-armoricain. Très visqueux, les magmas granitiques sont stoppés en profondeur (10-15 km) et cristallisent lentement.

En Bretagne Sud, ces granites prennent une forme en lobes souvent étirés dont le grand axe est parallèle au tracé du Cisaillement sud-armoricain. Cette morphologie particulière résulte des mouvements tectoniques le long du Cisaillement sud armoricain faisant coulisser le compartiment nord vers le sud-est et le compartiment sud vers le nord-ouest (Cisaillement dextre). Les massifs granitiques ont donc été étirés au moment de leur mise en place dans la croûte continentale (granites syntectoniques) (Berthé *et al.* 1979, Lagarde *et al.* 1992). Depuis Vidal (1973), les leucogranites sud-armoricains sont estimés s'être mis en place à la fin du carbonifère (310 Ma), avec souvent une activité tardomagmatique et hydrothermale s'étalant sur plusieurs millions d'années (Tartèse & Boulvais 2010, Tartèse *et*

al. 2011, Ballouard *et al.* 2015). D'où l'abondance des filons recoupant les granites-aplites, pegmatites, filons hydrothermaux minéralisés avec béryllium, étain, baryum, phosphore, molybdène, arsenic, bore, lithium, uranium... Chose curieuse, la géologie et la pétrologie des granites nantais n'ont jamais été sérieusement étudiées, contrairement à leurs homologues des départements bretons ou de la Vendée ; peut-être faut-il voir là une conséquence de l'absence de ressource métallifère exploitable.

La déformation a continué bien après la solidification totale du granite (Poncet 1993, Vignerresse & Brun 1983). À l'emplacement du Cisaillement sud-armoricain qui limite au sud-ouest le granite de Chantenay, le granite est transformé en mylonite, avec des minéraux difficilement discernables à l'œil nu suite à l'intensité des déformations (Ters *et al.* 1969, Lorand 2016). Entre le granite et la mylonite, existent des stades intermédiaires avec des roches feuilletées où les minéraux initiaux sont encore identifiables (orthogneiss). La déformation s'étant effectuée en profondeur, certains minéraux ont recristallisé au cours de celle-ci, notamment le quartz et la muscovite, tandis que la biotite a disparu.

Même dégagée de sa végétation, la carrière de Miséry ne montre plus grand chose du granite qui y était exploité. Il faut aller dans les falaises de la butte Sainte-Anne, le long du quai Marquis d'Aiguillon et son prolongement boulevard de Cardiff pour observer des filons de pegmatites (du grec *pegme* qui veut dire coagulé, tellement les cristaux sont enchevêtrés) et des



Figure 4. Derniers stades de cristallisation du granite : pegmatites et aplites (Cliché J.-P. Lorand).

aplates (Fig. 4). Constituées des mêmes minéraux que le granite, à l'exception de la biotite, les pegmatites de Miséry sont constituées de cristaux décimétriques de quartz et de feldspaths alcalins (microcline et orthose), isolant des lamelles de muscovite et un feldspath sodique (albite). Comme nous l'avons vu plus haut, les leucogranites sud-armoricains tels que ceux exploités à Miséry se sont formés à partir d'anciens sédiments grésopélitiques entraînés en profondeur et chauffés suffisamment pour fondre partiellement et donner les magmas granitiques. Ils contiennent de nombreux éléments rares hérités des sédiments originels et économiquement intéressants comme le béryllium, l'étain, le baryum, le phosphore, le molybdène, l'arsenic, le bore, le lithium... Au cours de la cristallisation du granite, ces éléments chimiques n'entrant pas ou peu dans la structure cristalline des minéraux usuels du granite (micas, feldspaths, quartz) ont été progressivement rejetés dans les magmas résiduels riches en eau et autres éléments volatils qui ont produit les pegmatites.

Les aplites sont une variété de granite à grain très fin, constituée d'un enchevêtrement de cristaux de feldspath, quartz, et rares micas, indiscernables à l'œil nu. On voit fréquemment pegmatites et aplites associées, s'interpénétrant mutuellement, mais toujours recoupant la masse du granite à deux micas (Fig. 4). En fait, les deux roches ont cristallisé à partir des dernières fractions de magmas laissées par la cristallisation du granite. Ces fractions sont enrichies en éléments chimiques n'entrant pas ou peu dans la composition des minéraux cardinaux du granite, tels que les éléments volatils (fluor, chlore), eau, gaz carbonique... L'eau abaisse le point de solidification de ces magmas, qui de ce fait acquièrent une plus grande mobilité et peuvent fracturer la masse déjà consolidée pour former des filons. L'eau facilite la croissance des cristaux ce qui donne la pegmatite. Mais si elle s'échappe brutalement du milieu, le magma restant prend en masse et forme une multitude de cristaux qui n'ont pas le temps de grossir : c'est l'aplate.

Le granite de Miséry

La notice de la carte géologique au 50 000^{ème} Nantes-Île du Pilier décrit ces granites comme des leucogranites à deux micas à grain relativement fin (millimétrique) équants, sans grande particularité (les auteurs anciens comme F.R. Dubuisson et Ch. Baret parlaient de « granulites »). À l'affleurement, la cassure est franche souvent jaunâtre en raison de l'oxydation de surface. Cassés au marteau, les blocs les plus durs montrent une teinte gris-bleuté, c'est le « grison » des anciens carriers (Bouton *et al.* (2018)). C'est le quartz qui donne cette dominante tandis que les micas blancs et les clivages des feldspaths lui donnent sa cristallinité. Au microscope optique en lumière polarisée analysée (Fig. 5), la roche est constituée de grands cristaux de

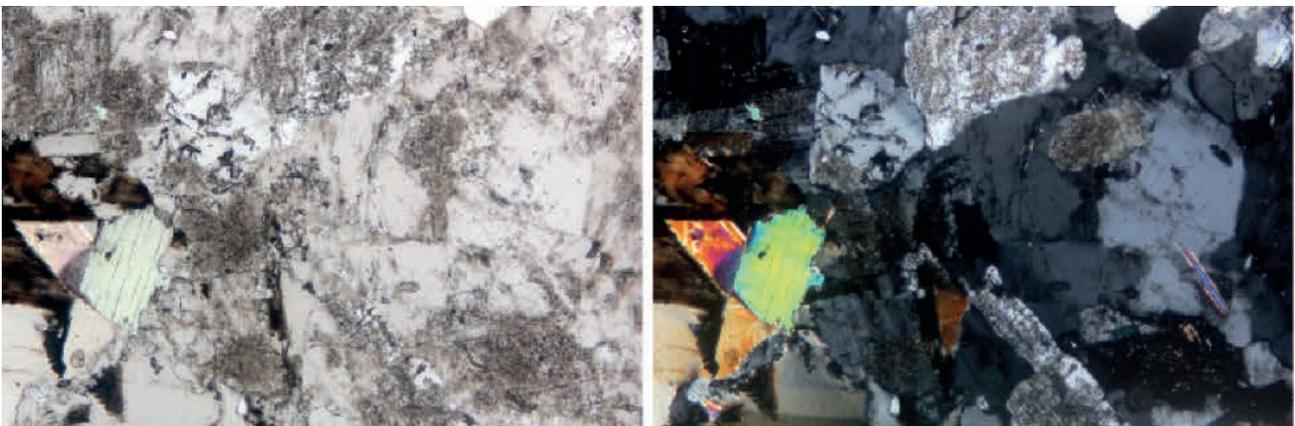


Figure 5. Au microscope polarisant, le granite de la carrière de Miséry révèle quelques lamelles de mica incolore (muscovite) ou coloré (biotite); le quartz est abondant, blanc à gris, limpide (photo de gauche, lumière polarisée non analysée). En lumière polarisée analysée (photo de droite), la muscovite prend des teintes vives, le feldspath alcalin microcline, souvent séricitisé, apparaît en grain gris abondant, parfois veiné d'albite, souvent trouble. (Cliché J.-P. Lorand, grossissement x 100).

feldspath potassique (microcline et orthose) (avec des exsolutions perthitiques sodiques) enchevêtrés avec du quartz présentant souvent une extinction onduleuse dénotant des déformations et un plagioclase acide avec macles polysynthétiques (albite-oligoclase). La biotite est souvent moins fréquente que la muscovite. Elle possède souvent des halos. Apparaissent aussi des minéraux accessoires (zircon, apatite, monazite, tourmaline), de même que quelques oxydes ferro-titanés (ilménite) et de la pyrite en très faible quantité. En raison de l'abondance de la muscovite et du feldspath alcalin, les leucogranites sud-armoricains sont riches en aluminium, d'où leur dénomination de peralumineux.

LES CARRIÈRES DE MISÉRY.

L'exploitation remonte au moins au XV^e siècle quand les Seigneurs de la Hautière, propriétaires du terrain, autorisaient la ville de Nantes à extraire le granite, moyennant loyer (Bouton *et al.* 2018). Tous les monuments historiques de Nantes datant de cette époque (Cathédrale, Porte Saint-Pierre, Château des Ducs de Bretagne) et les restes des fortifications en renferment de même que les rues et le pavage des quais de la Loire et de l'Erdre (Lorand 2016). L'actuelle cavité de Miséry résulte de la réunion de deux carrières ouvertes dans le coteau du même nom dominant la Loire à 27 mètres (ou carrières de l'Hermitage). Le lobe oriental était exploité pour le compte du département, le lobe occidental pour le compte de la ville de Nantes. L'histoire de cette exploitation est jalonnée de litiges, plaintes, récriminations de part et d'autre et des nuisances supportées par les riverains (Bouton *et al.* 2018). Au plus fort de son exploitation (XIX^e siècle), les historiens A. Guépin et E. Bonnamy (1835) nous disent que la carrière de Miséry se divise en roche dure et en roche à faible cohésion. Cette dernière, qui correspond au granite de couleur jaunâtre, facile à tailler, occupe la partie supérieure où son épaisseur peut être estimée à 8 ou 10 mètres. La roche dure, le granite gris-bleu (« grison »), occupe la partie inférieure qui paraît s'enfoncer dans le sol. Ce granite est exploité uniquement pour le pavage

de la ville, mais il disparaît à mesure que l'exploitation progresse vers l'intérieur du coteau. Cette qualité étant rare, on n'hésite pas à employer la qualité jaune, plus tendre et impropre au pavage. D'où une mauvaise résistance et un délabrement rapide du pavage. On recherche alors de nouvelles sources d'approvisionnement (Grès d'Étampes, par exemple) car la ville a toujours grand besoin de pavés pour le pavage des rives de l'Erdre, jusqu'à la fin du XIX^e siècle. Les rapports préfectoraux indiquent que la carrière de Miséry reste la plus importante des carrières du département de la Loire-Inférieure jusqu'au début du XX^e siècle. Puis viennent le déclin et l'arrêt dans les années 1930. L'activité se déplace à la Contrie, sur le coteau qui domine la Chézine au sud, où est installée l'exploitation des «granits nantais» qui emploient plus de deux cents ouvriers. Le granite du Sillon de Bretagne vient progressivement de l'extérieur de Nantes, des pointements de Vigneux-de-Bretagne, d'Orvault (célèbre pour ses tourmalines colorées) (Baret 1898, Lorand & Régnauld 2012) au nord-ouest de Nantes et qui cesse son activité en 1914, des carrières de Savenay à 30 km à l'ouest de Nantes (Carrière du Trou Bleu à Lavau-sur-Loire, fermée en 1980). Les pavés modernes des rues piétonnes furent longtemps issus des Côtes d'Armor, avant l'arrivée massive de granite chinois dans les années 2000. Entre temps, dès le début du XX^e siècle, le site de la carrière de Miséry a été occupé par des brasseries (les Brasseries Nantaises, puis la Meuse) qui finissent par disparaître en 1987, laissant une friche industrielle (Fig. 6).

Historique des découvertes minéralogiques dans les carrières de Miséry.

Par sa localisation à proximité du centre ville et la nature de sa production, la carrière de granite de Miséry a très tôt attiré l'attention des érudits férus de Géologie et de Minéralogie. Il faut citer d'abord François René Dubuisson (1769-1836), fondateur et premier conservateur du Muséum d'Histoire Naturelle de Nantes qu'il a créé en 1810 et d'autres collectionneurs privés de



Figure 6. Photo panoramique de la carrière en 2013 (Cliché J.-P. Lorand).



Figure 7. Le Massif Armoricain a subi un climat tropical à plusieurs époques notamment à l'Éocène (Boulvais *et al.* 2000). Celui-ci a profondément altéré le granite hercynien lui conférant une couleur d'ensemble jaunâtre due à l'argilisation partielle du feldspath (kaolinisation) et à l'oxydation du fer des micas et des oxydes ferro-titanés (Lorand 2016). Ce granite altéré, jaune, moins résistant à l'écrasement, était utilisé comme pierre de parement (photo de droite), comme ici dans la tranchée de l'ancienne voie de chemin de fer (ouest de la Carrière de Miséry). À comparer avec le granite gris (grison à gauche) destiné aux pavés (Cliché J.-P. Lorand).

Nantes de ce début du XIX^e siècle, tel Helric Parruitte, une relation de Dubuisson largement mentionnée dans son traité sur la minéralogie de la Loire-Inférieure de 1830. On peut supposer que c'est à Dubuisson que revient la primeur de la découverte du filon de barytine. Dans une lettre de 1818, adressée au Préfet de Loire-Inférieure, il dit avoir découvert la «baryte sulfatée» dès avril 1796.

Très rapidement, Miséry devient un lieu de collecte de minéraux. En 1807, F.J.B. Ménard de la Groye signale des globules de quartz radié dans la carrière de Miséry («sur le quartz commun, fibreux et radié qui se trouve principalement en France dans le département de Maine-et-Loire », *Journal des Mines*, vol. XXVII, 1810, 67-78). M. Boubée, en compagnie de membres de la Société Géologique de France, après avoir pris conseil auprès du Baron Bertrand-Geslin, entre autre, effectuée en 1833 une excursion sur le site de Miséry. Il écrit que «rien n'est plus intéressant que les carrières de Miséri» où il rapporte avoir trouvé «quelques uns des minéraux du terrain granitique (...), baryte sulfatée rose lenticulaire et trapézoïdale, du zinc sulfuré et du plomb sulfuré au milieu du granit, ce qui est assez rare» (séance du 24 Juin 1833, *Soc. Géol. De Fr.*, 1^{ère} série, Tome III). Dubuisson (1830) mentionne 34 échantillons de Miséry, collectés par lui-même ou par son collègue Helric Parruitte. La barytine y est largement représentée (17 échantillons d'une grande variété de couleur et de forme de cristaux), à côté de quelques spécimens de quartz en cristaux limpides («hyalins») de très petite taille (inférieure au mm), de galène (plomb sulfuré) et de sphalérite (zinc sulfuré) collectés par son ami Helric Parruitte, et de «silex corné» - en fait de la calcédoine. Galène (plomb sulfuré lamellaire)

et sphalérite (zinc sulfuré) sont décrits par Dubuisson (1830) dans une série de filons (fissures) recoupant le granite, cristallisés directement sur le granite, ou disséminés dans ce dernier, indépendamment du filon à barytine et pyrite, mais recoupés par ce dernier (dixit Helric Parruitte 1828). Dubuisson pense pouvoir y trouver du plomb sulfuré et demande l'autorisation au préfet de Loire-Inférieure d'y effectuer des recherches par puits (24 octobre 1818). Cette recherche est accordée (avril 1819) mais n'aboutira jamais, et pour cause, la galène est totalement indépendante du filon de barytine. (Fig. 8)

Cinquante ans plus tard, la minéralogie des carrières de Miséry est considérablement augmentée par Charles Baret (1831-1910), pharmacien de profession, mais passionné de minéralogie et infatigable prospecteur des minéraux de la Loire-Inférieure et d'autres départements voisins (Lorand & Régnault 2012). Meticuleux, il note toutes ses dates de course minéralogique, soit sur les étiquettes des échantillons collectés (au nombre de 73), soit dans ses publications. Il visite ainsi régulièrement les carrières de Miséry entre 1880 et 1900. En plus des minéraux déjà recensés par ses prédécesseurs, Charles Baret est le premier à collecter la fluorite. Mais la découverte majeure de Charles Baret reste un beau cristal de béryl cylindroïde, mesurant 10 cm, dans une poche de pegmatite à quartz gris foncé d'odeur fétide, accompagné de feldspath orthose, plagioclase (plus tard déterminé comme oligoclase), mica noir biotite (en grandes lames) plus abondant que le mica blanc (muscovite), qui contient accidentellement de la tourmaline, du mispickel (arsénopyrite, en fait de la löllingite), de la molybdénite, de la chalcopyrite et du béryl. C'est la deuxième fois que la molybdénite (avec la löllingite)

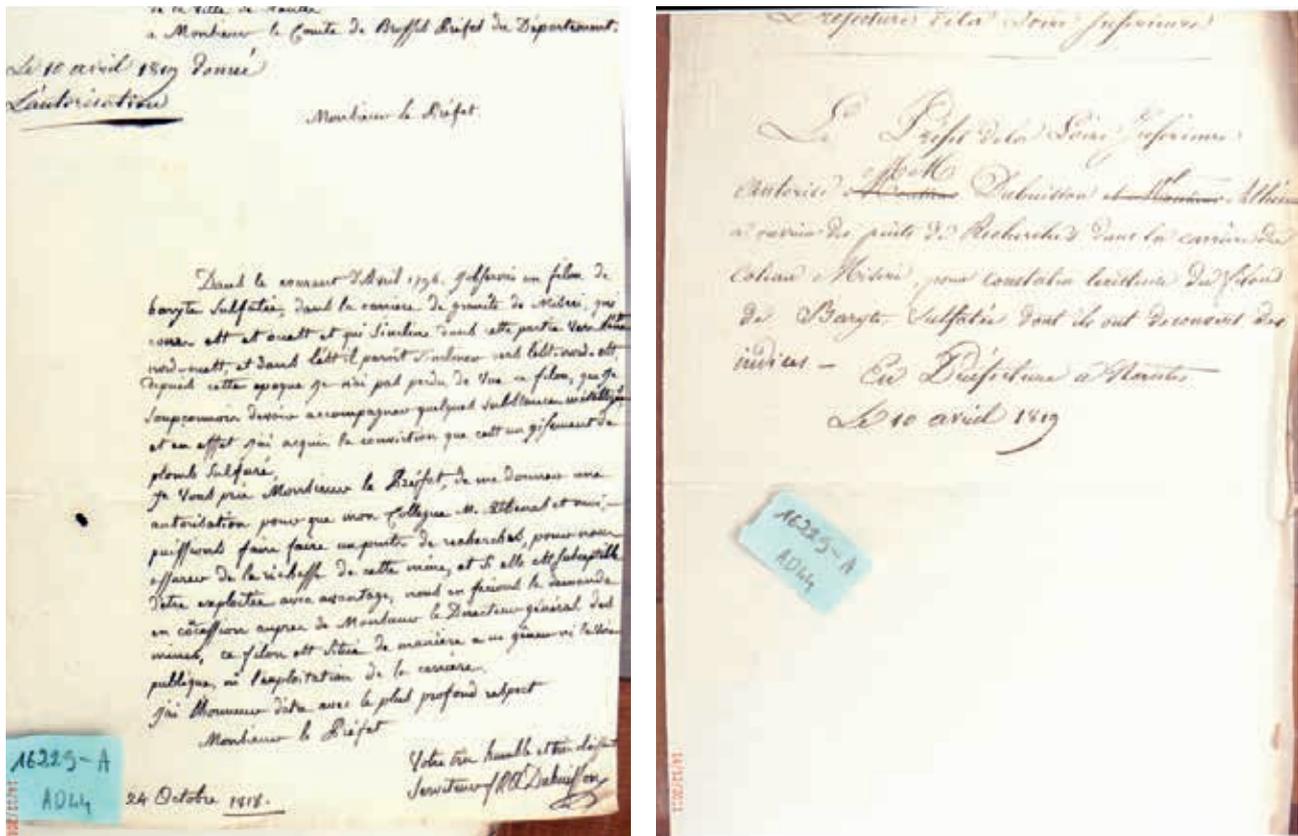


Figure 8. Demande de prospection du filon de barytine de Miséry par F.R. Dubuisson au préfet de la Loire-Inférieure (24 Octobre 1818), et autorisation de ce dernier (10 Avril 1819).

est découverte en Loire-Inférieure. La chalcoppyrite est partiellement remplacée par de la bornite, ce qui fait de Miséry le seul gisement d'«érubescite» connu en Loire Inférieure. Il fait part de sa découverte dans une courte publication parue au Bulletin de la Société Française de Minéralogie début 1887, découverte largement reprise par Alfred Lacroix dans le tome II de sa Minéralogie de la France et de ses colonies. Les dernières découvertes de Charles Baret vers 1895-1899 sont de la fluorite et du «beurre de montagne», en réalité un mélange de sulfates de fer et d'aluminium très riches en eau (halotrichite). Il ne semble pas y être retourné après 1899.

Alfred Lacroix, le plus célèbre des minéralogistes français (<http://www.mnhn.fr/mnhn/mineralogie/histoire/index/historique>) n'a pas visité la carrière de Miséry. Lors de son unique tournée dans les carrières nantaises en compagnie de Charles Baret en février-mars 1889, l'année de soutenance de sa thèse, il s'est concentré sur les minéraux des roches métamorphiques, en particulier celles montrant des phénomènes de métamorphisme de contact des carrières longeant les rivières du Cens et de l'Erdre (Lorand & Régnauld 2012). Mais Miséry demeurera encore longtemps un lieu de tourisme géologique puisqu'une excursion (facultative) à la « gra-

nulite de Miséri » était prévue le samedi 5 Septembre 1908 dans le cadre de la réunion annuelle de la Société Géologique de France qui avait lieu à Nantes cette année là. Cent ans plus tard, elle est toujours mentionnée comme un haut lieu géologique nantais (Colloque des Professeurs de l' Association des professeurs de biologie et géologie APBG, juillet 2011), même si, à cette époque, l'état de la carrière ne permet plus aucune récolte ni observation de minéraux.

Les collections.

À peu près toutes les collections régionales du XIX^e siècle, publiques ou privées, renferment des spécimens de minéraux de la carrière de Miséry. À tout seigneur tout honneur, F.R. Dubuisson a réuni au Muséum d'Histoire Naturelle de Nantes 17 échantillons de barytine (plus de la moitié de ce qui est conservé comme échantillons de Miséry dans sa collection), cristaux millimétriques jaunes en géodes (« faciès octaédrique ») avec quartz hyalin et pyrite sur granite, ou masses en fleur de pêcher rosâtres ou créteées, parfois avec encroûtement de calcédoine, avec pyrite. Le reste se distribue en sulfures (blende et galène), silicose corné (calcédoine), talc stéatite, et fer sulfaté (mélantérite d'altération de

Catalogue de Minéralogie Série 28.

Origine, Donateur ou collection	Désignation de l'échantillon	Séances géographiques	Remarques
28-29	16-18-19 Gypse coarcté L'ancien de Baret	de Nantes	
30	17-18-19 Baryte sulfatée limpide	de Nantes	
31	20 Baryte sulfatée limpide	de Nantes	
32	21 Baryte sulfatée limpide	de Nantes	
33	22-23-24-25-26-27 Gypse coarcté dans un fragment	de Nantes	
34	28-29-30-31 Baryte sulfatée	de Nantes	
35	32-33-34-35 Baryte sulfatée	de Nantes	

1 N. 4. Baryte sulfatée limpide en prisme octaédres réguliers à sommets cunéiformes dont les plans sont triangulaires, du côté de Miséri au sud-ouest de Nantes (1).

(1) L'analyse de cette substance, que M. Pihan-Du-

Figure 9. À gauche, registre d'entrée de la collection de minéralogie du Muséum national d'Histoire Naturelle (année 1828), indiquant les dons d'Helric Parruitte à Alexandre Brongniard (28-30, 31 et 32). À droite, extrait de l'inventaire géognostique de F.R. Dubuisson (1830).

la pyrite). L'inventaire de Maulny du Musée d'histoire naturelle du Mans renferme trois échantillons de barytine (1006, 1016, 1280). Les collections nationales (MNHN, Musée de l'École des Mines de Paris Mines ParisTech) en possèdent également. Quelques échantillons du MNHN ont été donnés du vivant de Dubuisson en 1828 par Helric Parruitte à Alexandre Brongniard (catalogués 28-30 à 32 ; Fig. 9).

À l'École des Mines, Dubuisson est donateur d'un échantillon de baryte (62 072). On retiendra qu'aucun des échantillons collectés durant la période Dubuisson ne renferme de fluorite, ni de béryl ou de minéraux de pegmatite.

C'est la collection Charles Baret, du Muséum d'Histoire Naturelle de Nantes qui est la plus complète, avec 73 références cataloguées par son auteur en 1905,

toutes collectées entre 1880 et 1900. Malheureusement, les modifications successives des présentations de la galerie des Sciences de la Terre ont quelque peu disséminé les échantillons Baret, dont certains restent encore à localiser. L'association barytine, fluorite, quartz est particulièrement bien représentée (plus des deux tiers de la collection). Cinq échantillons de barytine et un de fluorite sont entrés entre 1897 et 1908 au Muséum National d'Histoire Naturelle, dont 4 retrouvés grâce à l'obligeance de Cristiano Ferraris, chargé de conservation de la collection nationale. Ils ont été donnés par Charles Baret, mais aussi par Edouard Tirlet, industriel nantais amateur de minéraux, membre éphémère de la SSNOF et compagnon d'excursion de Baret, et enfin par Alfred Lacroix lui-même. Les étiquettes sont de la main d'Alfred Lacroix, sauf une de son assistant Paul Gaubert. (Fig. 10) Les dates d'entrée de ces spécimens

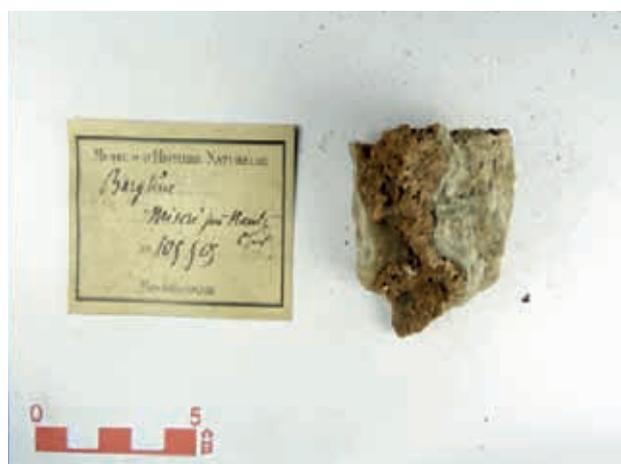


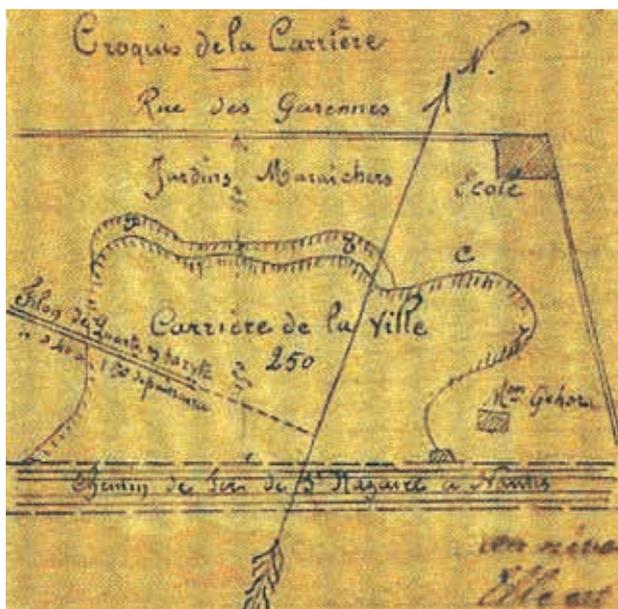
Figure 10. Deux échantillons du filon de barytine de la carrière de Miséry conservés au Muséum National d'Histoire Naturelle ; à droite, étiquette de la main d'Alfred Lacroix.

sont postérieures à la disparition du filon de Miséry. L'échantillon 105-505 a été donné par Alfred Lacroix dont on a vu qu'il n'a jamais visité la carrière de Miséry. Il s'agit probablement d'un double échangé avec un collectionneur nantais. D'autres pièces de la même époque (fin XIX^e siècle) sont connues dans des collections régionales comme la collection rassemblée par Ruché, agent voyer et collectionneur à ses heures perdues (Muséum d'Histoire Naturelle de Nantes). Il faut surtout mentionner la collection de Enault, instituteur à Basse-Indre (environs de Nantes) et fidèle compagnon des tournées minéralogiques de Charles Baret. Celle-ci, récemment redécouverte et déposée au Muséum d'Histoire Naturelle de Nantes (Lorand 2018) contient des échantillons en tous points similaires à ceux collectés par Charles Baret, mais souvent de qualité esthétique moindre.

Le filon à barytine est l'élément majeur de l'histoire de la minéralogie de la carrière de Miséry (il fournit la quasi totalité des échantillons conservés en collection), bien que sa relation avec le granite reste à démontrer. Aucune étude géologique sérieuse n'a pu être menée sur ce filon disparu il y a plus d'un siècle. En 1828, F. R. Dubuisson, en collaboration avec le Dr Pihan-Dufeillay, le décrit un peu plus en détail dans une courte publication au « Lycée Armorican » intitulée : « Note sur la présence de la strontiane dans la baryte sulfatée des terrains primitifs ». Dans ce texte, le filon est dit « cernant la carrière dans sa partie méridionale; courant est-ouest et incliné, il fait deux mètres de puissance et est visible sur 150 pas. Il délimite le granite de meilleure qualité pour faire du pavé

(bleu) du granite altéré jaunâtre utilisé pour les moellons et les pierres de construction (...). Le toit du filon est exposé au septentrion et le mur au midi ». Avec les indications de direction sommaires reportées dans l'article, on pourrait penser que le pendage était dirigé vers le nord. Toits et murs sont constitués tous deux de barytine, de couleur grise, rosâtre à brun roux (due à des oxydes de fer) baryte sulfatée rose en masses mamelonnées « fleurs de pêcher ». Plus rarement la baryte se présente en petits cristaux prismatiques limpides jaunâtre « octaèdres à sommets cunéiformes ». La baryte est constamment accompagnée de pyrite (fer sulfuré blanc), parfois recouverte d'un dépôt de quartz calcédoine. Le centre du filon est occupé de cristaux prismés de quartz hyalin sur lesquels poussent les cristaux de barytine jaune ; à leur base des carbonates de calcium et magnésium d'origine secondaire sont décrits, de même que la transformation de la pyrite en oxydes de fer et fer sulfaté blanc (mélanterite). En effet, le filon rendu poreux par les nombreuses vacuoles et géodes a été mis au contact des eaux de surface (sources, pluies) par l'exploitation du granite (jusqu'au niveau de la chaussée dans la partie ouest selon Dubuisson). D'où la présence de limonite et une teinte rousse généralisée. Selon Dubuisson, les mêmes solutions qui ont lessivé la pyrite ont oxydé le mur du filon en déposant des oxydes de fer sur la barytine.

Cette orientation générale est-ouest est confirmée par un rapport daté de février 1880 de Mathieu Guillier, Garde mines à la résidence de Nantes. Le filon est figuré dans la partie ouest de la carrière exploitée pour le compte de la Ville de Nantes, mais le croquis semble



CARRIÈRE DE MISÉRY, 500 ANS D'HISTOIRE NANTAISE

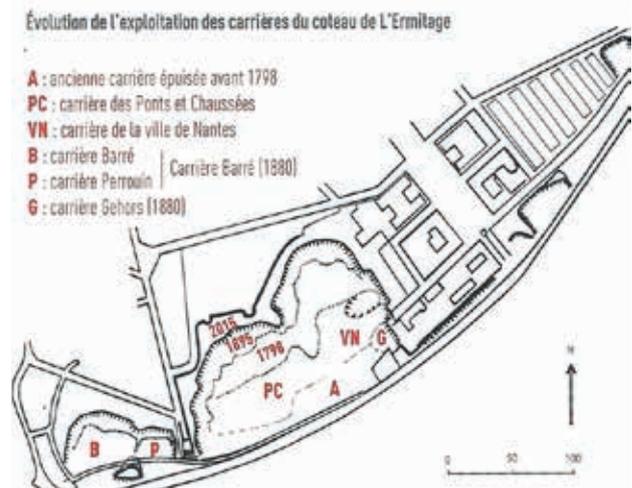


Figure 11. À gauche, croquis des carrières de Miséry en 1880, avec localisation du filon de quartz et baryte (Mathieu Guillier, Garde mines à la résidence de Nantes). À droite, schéma d'avancement de l'exploitation (Bouton et al. 2018).



Figure 12. À tout seigneur, tout honneur, le béryl cylindroïde (éch MHNN 007544), photo MHNN et dessin de Baret (1898). On voit sur le cliché qu'il a été fracturé et que les plans de fractures ont été cicatrisés par le quartz gris qui englobe l'échantillon. À droite, béryl («émeraude») dans quartz gris (coll. Enault, in Lorand 2018). Molybdénite de la collection Baret et bornite de la collection Enault avec étiquette manuscrite postérieure (Erubescite).

indiquer qu'il s'étendait sur la partie exploitée par le département (Fig. 11). D'après l'extension des exploitations qui se sont succédées sur le site de Miséry, on peut supposer que le filon a d'abord été attaqué dans sa partie est, le front de taille reculant vers le nord-ouest. Le filon est dit pratiquement disparu par Baret dans sa *Minéralogie de la Loire-Inférieure* (1898), sans doute enfoui sous le terre-plein de la carrière où le stérile s'est accumulé. Il avait été retrouvé quelques années plus tôt à 8 mètres de profondeur dans un puits creusé à proximité de la carrière de Miséry et un échantillon donné au Muséum d'Histoire Naturelle de Nantes par Th Velloppé (procès verbal de la *Soc. Sc.Nat. Ouest France* du 5 juin 1896). Il n'est plus possible de le localiser à l'heure actuelle, compte tenu de l'imprécision des croquis existants.

Minéraux des pegmatites.

À cette catégorie appartient un lot de 10 échantillons dont 4 de béryls collectés le 3 janvier 1886 (éch. MHNN 007544, 007548, 007551; voir Baret, 1905 pour les numéros originaux). Cette découverte est à l'origine de la réputation de la carrière de Miséry comme localité à béryl. Le béryl cylindroïde (éch. MHNN 007544) est dessiné dans la *Minéralogie de la Loire-Inférieure* (Fig. 6, Planche XV) de Baret (1898). On voit sur le cliché qu'il a été fracturé et que les plans de fractures ont été cicatrisés par le quartz gris qui englobe l'échantillon (Fig. 12). Cette simple observation prouve que le béryl s'est développé dans un environnement affecté par des déformations mécaniques contemporaines de sa cristallisation. Un filon de pegmatite riche en quartz gris en peigne, visible dans les affleurements de granite le long du Quai Marquis d'Aiguillon, donne une idée de la roche d'origine (Fig. 13). À notre connaissance, la découverte du béryl de 1886 est restée à peu près unique (une autre a été faite en Juin de la même année, mais l'échantillon reste introuvable). Aucun béryl de Miséry ne figure dans la collection nationale de Minéralogie (MNHN), ni à notre connaissance dans les autres collections régionales. Seule la collection Enault renferme un échantillon avec fragments de béryl isolés dans le quartz gris à éclat gras (Fig. 12). Les minéraux métalliques constituent un autre point fort de la découverte du 3 Janvier 1886. Il s'agit de molybdénite (MHNN 005742, 005741 et 005740) avec löllingite (mispickel dans Baret, 1905) et bornite (érubescite), rapportée dans trois échantillons (MHNN 006301, 006335 et 006337). La bornite cristallise directement sur le granite, et peut coexister avec le béryl (MHNN 006337). Il s'agit d'une paragenèse pneumatolytique typique (Routhier 1963).



Figure 13. Poche de quartz gris dans un filon de pegmatite (Quai Marquis d'Aiguillon). Cet échantillon donne une idée du contexte de la découverte de béryl dans la carrière de Miséry. (Cliché J.-P. Lorand)

Les minéraux imprégnant le granite

Galène et sphalérite apparaissent régulièrement dans le granite au cours de l'exploitation du XIX^e siècle. C'est ce qu'on peut déduire de la présence de ces deux sulfures dans les collections Dubuisson et Baret, ainsi qu'au Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN) (28-30 ; donateur Helric Parruitte, voir ci-dessus) et à Mines Paritech (donateur inconnu). Dans la dizaine d'échantillons disponibles, ces deux sulfures ont cristallisé directement sur le granite jaunâtre dans des fissures. L'échantillon le plus démonstratif est 005720 de la collection Baret avec des cubo-octaèdres millimétriques de galène sur éponte granitique altérée et microcristaux de quartz (Fig. 14).



Figure 14. Cubo-octaèdres de galène avec cristaux de quartz laiteux sur granite (MHNN 005720 ; Coll. C. Baret).

La minéralogie du filon de barytine

La diversité des échantillons collectés sur un siècle indique clairement que ce filon était loin d'être un filon de barytine homogène. On peut distinguer plusieurs associations aux formes de cristaux différentes : massive à terminaisons crêtées, en rognons ou « fleurs de pêcher », en cristaux prismatiques de couleur et de morphologie variées.

La variété de barytine massive rosâtre.

Souvent à terminaison crêtée, elle est la plus courante en collection (éch. 8N4 à 20N4 de Dubuisson ; 1280, 1006 et 1016 de l'inventaire de Maulny, le Mans). De plusieurs centimètres d'épaisseur, elle est décrite en contact direct avec le granite altéré jaunâtre, souvent très déformé et broyé (« granulite » des anciens auteurs). Pihan Dufeillay & Dubuisson en ont tenté une première analyse chimique en 1828. Ils identifient la strontiane (oxyde de strontium) dans la barytine dans des proportions de 1 pour 100 parties de barytine (on sait maintenant que baryum et strontium se remplacent mutuellement, des teneurs atteignant jusqu'à 6-7% de SrSO_4 sont connues dans la littérature) (Fig. 15). Mais l'analyse portant sur 20 grammes de matière fortement mélangée, elle est faussée par la présence de grosses quantités de silice .

Pour la petite histoire, Charles Baret avait reporté cette analyse dans sa « Description des minéraux de la Loire-Inférieure » parue en 1885, mais son ami Alfred Lacroix l'a rayée de son exemplaire, la considérant certainement comme erronée. Baret décrit une dizaine d'échantillons correspondant à cette définition avec des dates de collectes entre novembre 1891 et juillet 1893 (MHNN 006590, 006588, 006574, 006597, 006591) (Fig. 16) (Fig. 17). On retrouve des échantil-

Pour 100.	
Baryte sulfatée.	10,41 Sulfate de baryte. 22,55
Strontiane sulfatée.	0,22 — de Strontiane. 1,10
Magnésie carbonatée.	0,16 Carbonate de magnésie. 0,60
Chaux carbonatée.	0,60 — de chaux. 2,00
Trioxyde de fer.	0,66 Trioxyde de fer. 2,50
Silice.	7,41 Silice. 27,03
Gas sulfureux et eau.	0,70 Gas sulfureux et eau. 2,50
Perte.	0,64 Perte. 2,30
Total.	20,00 Total. 100,00

La strontiane existe donc dans cette baryte sulfatée, mais en proportion inférieure à celle de la baryte d'Auvergne, dans laquelle, suivant M. Barruel, elle entre pour la 30.^{me} partie.

PIHAN-DUFEILLAY, DUBUISSON, *Conservateur Docteur-Médecin, du Cabinet d'Histoire Naturelle.*

Figure 15. Reproduction des résultats de l'analyse du strontium dans la barytine de Miséry par Pihan-Dufeillay & Dubuisson (1828).

lons identiques dans la collection Enault. Dans tous ces échantillons, la barytine massive repose sur des épontes quartzieuses noirâtres très hydrothermalisées (en plus de leur contact parfois direct avec le granite). Il s'agit certainement de septas quartzieux, tels que les décrivent Pihan Dufeillay et Dubuisson (1828). La barytine peut aussi former des sphérules crêtées reposant sur le granite dans l'échantillon MHNN 006595.

La barytine en groupement de type «Fleurs de Pêcher».

Dans cette catégorie sont rangés les groupements tabulaires radiés souvent fixés sur la fluorite jaune et des microcristaux de quartz tels que l'échantillon 006599 (reporté comme 6534 dans Lorand & Régnauld 2012) (Fig. 18). On y observe des cristaux millimétriques de fluorite jaune sans troncature, parsemée de pyrite, sur quartz calcédonieux. Cette association entre barytine et fluorite jaune semble fréquente dans la carrière à l'époque des collectes de Charles Baret (MHNN 005760, 005778, 006576, 006600) puisqu'on la retrouve également dans la collection Enault. En général, les cristaux reposent sur le granite écrasé, parfois avec une éponte intermédiaire de quartz blanc calcédonieux.

Barytine sur agate.

Ce troisième type de barytine en tablettes s'observe sur des quartz microcristallins zonés de type agate (Fig. 19). Ce faciès est omniprésent à Miséry tout au long de l'exploitation du XIX^e siècle. Dubuisson en décrit deux échantillons (barytine rose sur «quartz rayonné» dans sa publication de 1828). Baret parle de «barytine siliceuse zonaire» dans sa découverte de juin 1891. On observe tous les stades entre noyaux de quartz fibroradiés calcédonieux parsemés de tablettes de barytine rosâtre (MHNN 006579 ou 006571) et des encroûtements



Figure 16. Échantillons de barytine massive créée sur éponte siliceuse noire, bien visible sous les sphérules de barytine rose (Coll. Charles Baret, excepté échantillon du bas : coll. Enault). Noter les teintes rougeâtres résultant d'un encroûtement d'oxyhydroxydes de fer. Le dépôt jaunâtre sur l'échantillon de la collection Enault est constitué de sulfate de fer ferrique hydraté (copiapite) produit par la décomposition des sulfures de fer pendant le stockage des échantillons en milieu humide.

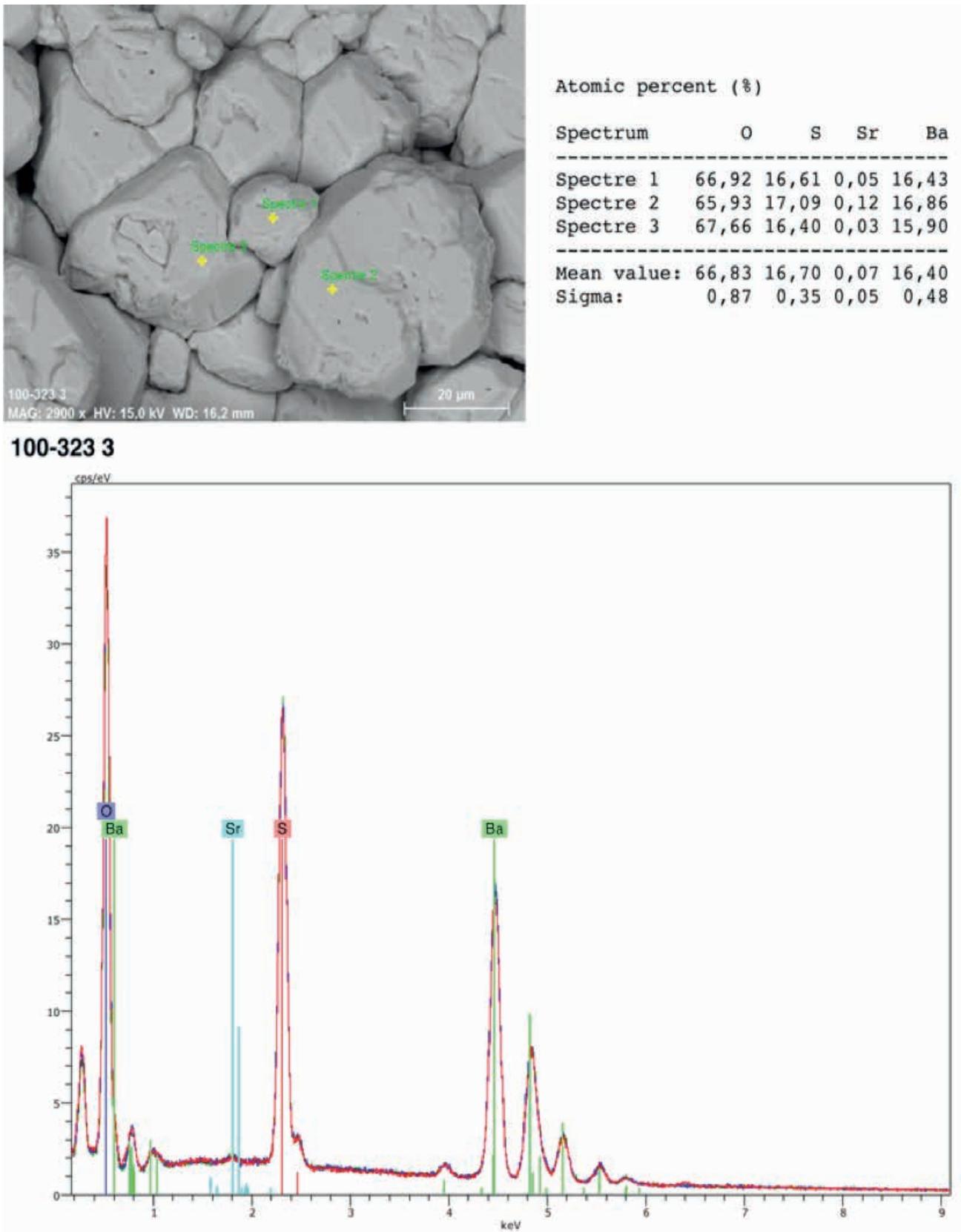


Figure 17. L'étude au microscope électronique à balayage MEB de l'échantillon 100-223 du MNHN (voir Fig. 10) fait apparaître des groupements parallèles à l'allongement des tablettes (001) dans la barytine massive. Le strontium détecté par l'analyseur de rayons X (EDS) est un élément mineur qui ne dépasse pas 0,5% en moles de SrSO₄. Même si à ce seuil de concentration, l'incertitude analytique est très élevée, on peut conclure que la barytine de Miséry est très pure.



Figure 18 : groupement de barytine «fleurs de pêcher» sur cristaux de fluorite jaune (coll. Baret, excepté échantillon intermédiaire gauche, coll. Enault). En haut à gauche, échantillon 006599, coll. MHNN (Lorand & Régnauld 2012).

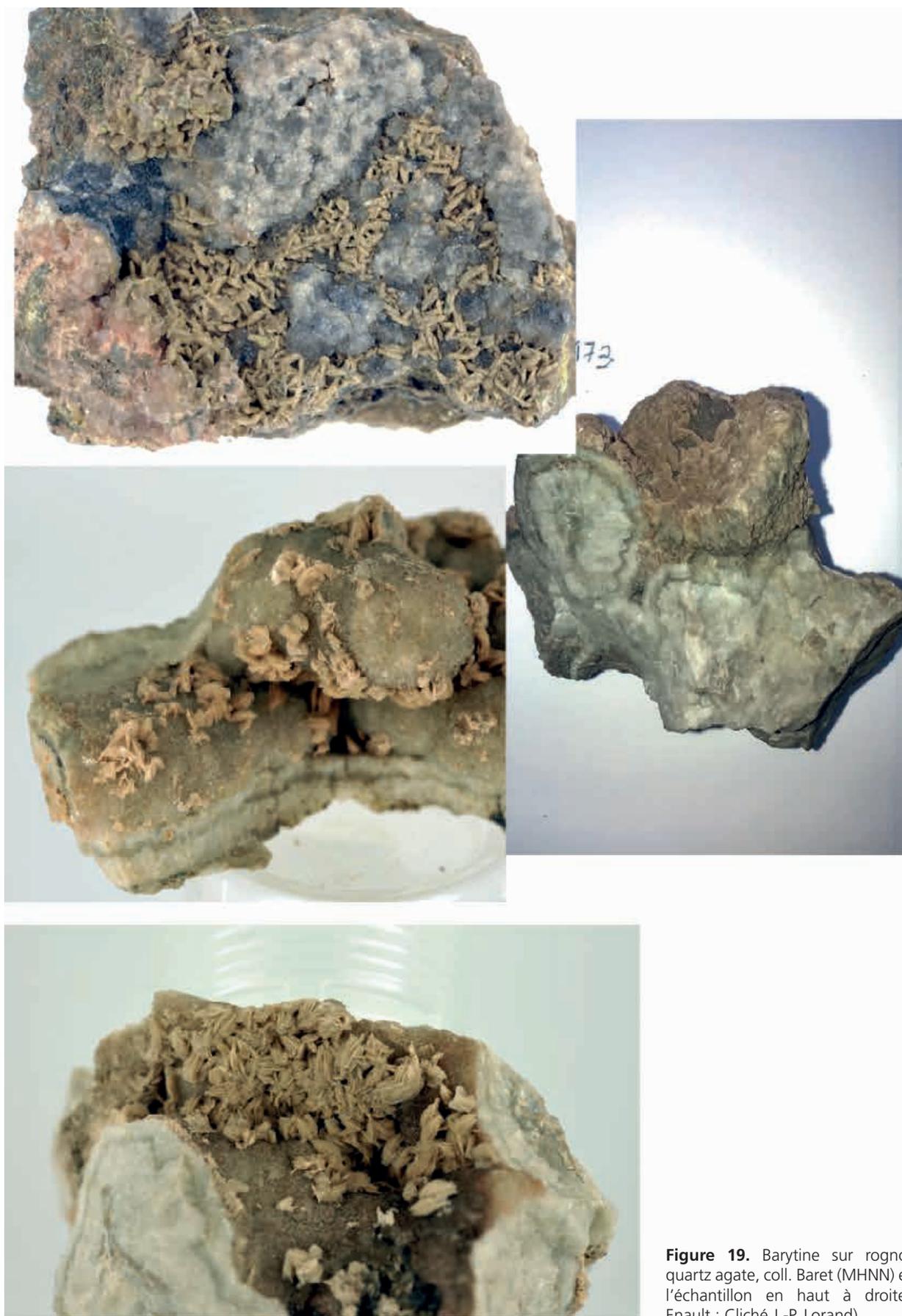


Figure 19. Barytine sur rognons de quartz agate, coll. Baret (MHNN) excepté l'échantillon en haut à droite (coll. Enault ; Cliché J.-P. Lorand).



Figure 20. L'étude de l'échantillon 105-505 du MNHN au microscope électronique à balayage identifie des terminaisons cristallines typiques (avec faces 110 (m) très développées, de même que 001 (p), 011 (e1) et 102 (a2) Lacroix 1910).

complets de barytine sur quartz (006567). La collection Enault en possède (Fig. 18). De même, l'échantillon 105-505 du MNHN se rapporte à cette catégorie (Fig. 10). Dans ce cas, les terminaisons cristallines des lamelles de barytine sont classiques de l'espèce (Fig. 20).

Barytine en cristaux individuels.

Une dernière variété de barytine dans la carrière de Miséry regroupe les cristaux bien individualisés, quoique ne dépassant jamais 2-3 mm en dimension (Fig. 21). D'après Pihan Dufeillay et Dubuisson (1828), ces petits cristaux limpides sont rares, ce que confirme leur petit nombre en collection (Dubuisson en décrit 6 échantillons). De teinte souvent jaune, mais parfois plus délavés, virant au beige, voire incolores, ils ne sont jamais associés à la barytine massive rosâtre. Le plus souvent, ils se sont développés dans des géodes tapissées de quartz ou de calcédoine (variété agate). Les gangues sont souvent constituées de granite broyé et oxydé («protogine»). Le plus spectaculaire est l'échantillon MHNN 006587 (référéncé 6355 dans Lorand et Régnault 2012), qui correspond exactement aux groupements de cristaux millimétriques en T, jaunes, dessinés par Charles Baret dans sa «Minéralogie de la Loire-Inférieure» de 1898 (pl VI, fig. 1,2) (Fig. 21). Baret le décrit comme «petits cristaux de barytine (jaune) groupés suivant leur axe rectangulaire». Ce même groupement implanté dans une géode de microcristaux de quartz est dessiné le 27 février 1889 par A. Lacroix, lors de son passage à Nantes, en route vers l'estuaire de la Loire pour étudier les roches qui font l'objet de sa thèse (Lorand et Régnault 2012). Le groupement dessiné correspond à un cristal aplati suivant p (001) et montrant les

faces 102 et 011 ainsi que des faces triangulaires qui ne sont pas représentées dans le dessin de Lacroix. Ces cristaux sont référencés comme appartenant au «type II» dans la «Minéralogie de la France et de ses colonies» de Lacroix (1910) p. 79. À côté de ce cristal, on peut également observer des cristaux prismatiques allongés avec «102» et «011», pouvant correspondre au type IV de Lacroix (1910). Les cristaux blancs en tablette de l'échantillon MHNN 006582 semblent également appartenir à ce type.

Dans la même rubrique des cristaux jaunes individualisés, on peut aussi ranger l'échantillon 108-227 du MNHN, constitué de petits cristaux millimétriques de barytine jaune d'or plantés dans un feutrage de minuscules (0,1 mm) cubes de fluorite violette (Fig. 22). Leur morphologie diffère de celle des cristaux jaunes des géodes. Ces cristaux montrent la face dite «du cerceuil» résultant de la combinaison des faces 110 (m), 102 (a2), 104 (a4) et p (001). Ils se rapportent au type I de Lacroix (1910). Ils sont incrustés de pyritoèdres et criblés de lacunes de croissance à forme de cristaux négatifs (Fig. 22). D'autres cristaux jaunes sont plus complexes : ce sont des groupements parallèles avec de nombreux angles rentrants entre les faces (Fig. 23).

Autres minéraux

Parmi les autres minéraux, il faut signaler la fluorite, soit en cristaux cubiques jaunes mesurant 0,5 cm d'arête (le seul gisement de cette teinte connu en Loire-Inférieure), soit en masses violettes, tapissant des fentes, géodes ou filons recoupant le granite, soit disséminée dans le granite et les gneiss de Chantenay-Saint-Herblain (Baret



Figure 21 : Dessins de cristaux de barytine de Miséry tirés du livre de Charles Baret, « Minéralogie de la Loire- Inférieure », 1898. Au centre, photo du groupement de cristaux jaunes en T (éch MHNN 006587 ; Lorand et Régnauld 2012). En bas, dessin extrait du carnet de terrain de l'excursion de thèse d'Alfred Lacroix en Loire-Inférieure, le 27 février 1889 : « Barytine Miséri petit cristaux jaunes dans groupement en croix, cristaux aplatis suivant p (001) » (archives de l'ancien laboratoire de Minéralogie, MNHN).

1898). Comme indiqué ci-dessus et (Fig. 18), la fluorite jaune est souvent recouverte par de la barytine crêtée (Lacroix 1897, p. 786) et du quartz limpide (à inclusions de barytine) en petits cristaux bien formés, parfois recouverts de calcédoine. Les masses de fluorite violette (MHNN 005767, 005768, 005769), certaines avec cristaux (MHNN 005745) sont présentes dans la collection Baret et celle du MNHN (108-227). Elles sont dites en veines compactes dans le granite (Baret, 23 juin 1886), parfois aussi dans les géodes de quartz (MHNN 005777) (Fig. 24). En fait, au microscope optique ces cubes apparaissent incolores; la teinte violette n'est exprimée que dans les arêtes qui apparaissent tronquées au microscope électronique à balayage (Fig. 25). Ces troncatures correspondent aux faces (110) répétées par l'axe de symétrie 3, ce qu'on ne voit pas dans les fluorites jaunes. À noter que Lacroix (1897) a figuré dans le tome II de sa minéralogie de la France et de ses colonies, des cristaux similaires provenant de la localité voisine de Saint-Herblain.

Il y a peu à dire sur le quartz qui est omniprésent dans la carrière de Miséry, dans la géode à béryl, comme

dans les fentes à galène ou le filon de barytine. Dans ce dernier, les cristaux automorphes prismés sur barytine sont présents dans toutes les collections de Dubuisson (17N4 à 20N4), de Maulny (Le Mans, 1280, 1006, 1016) et Baret (MHNN 005876). Charles Baret décrit des inclusions de barytine (005840) dans un article publié à la Société des Sciences Naturelles de l'Ouest de la France, en 1892. De même pour les encroûtements de calcédoine (« incrustante » de Baret, 1898, MHNN 006071) ou de quartz calcédonieux.

Déjà signalée par F.R. Dubuisson, en incrustation sur les cristaux de fluorite, la pyrite est omniprésente, en dodécaèdres pentagonaux de quelques mm d'arête (image MEB), sur la barytine, crêtée ou en cristaux individualisés (Fig. 26). Son altération en copiapite jaune donne une teinte jaunâtre aux échantillons conservés dans des conditions humides comme la collection Enault demeurée une vingtaine d'années dans un cagibi (Lorand 2018). Baret décrit également de la chalcopryrite sur baryte (trouvaille de janvier 1886, MHNN 005739) que nous n'avons pas pu retrouver.

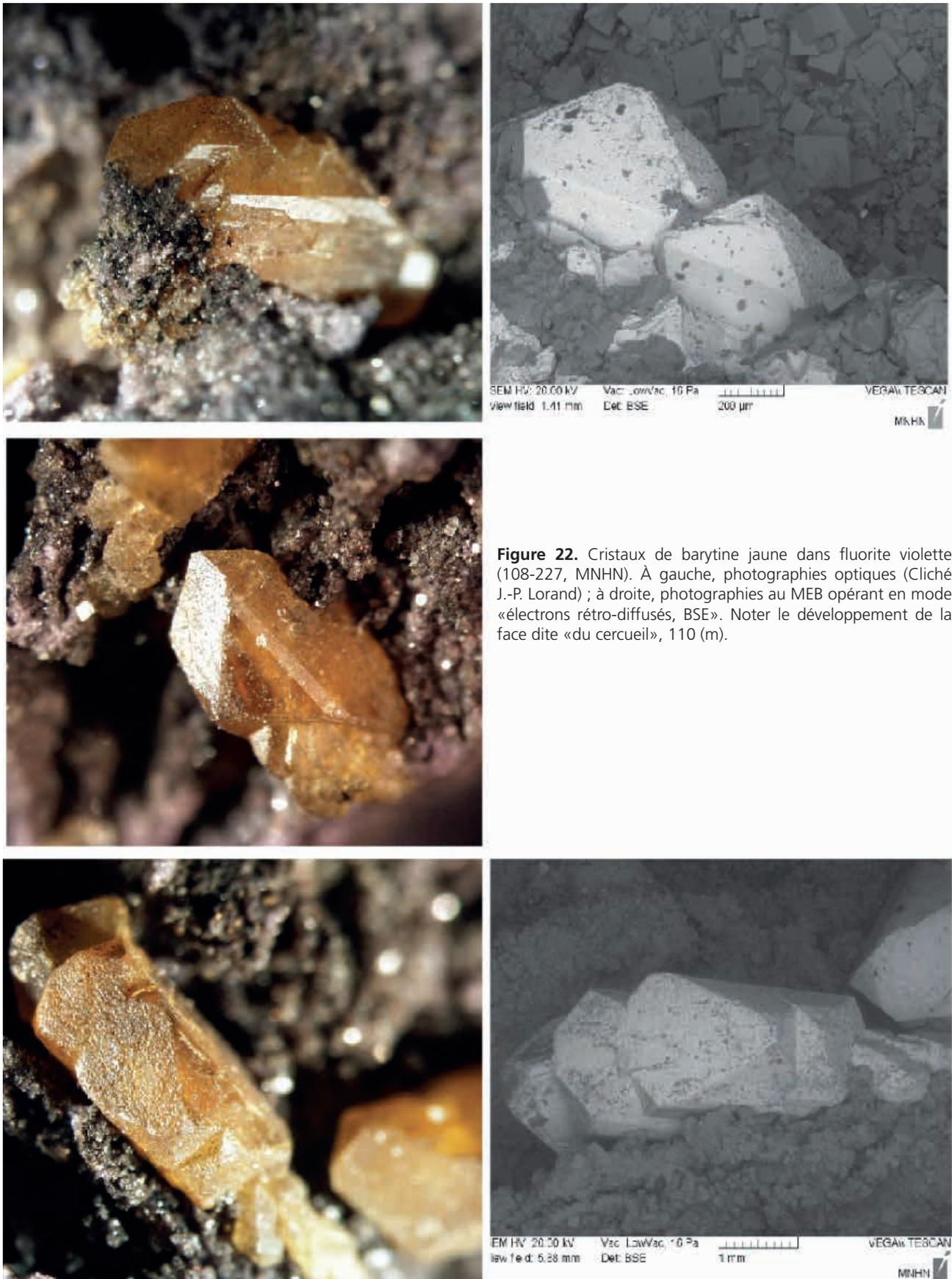


Figure 22. Cristaux de barytine jaune dans fluorite violette (108-227, MNHN). À gauche, photographies optiques (Cliché J.-P. Lorand) ; à droite, photographies au MEB opérant en mode «électrons rétro-diffusés, BSE». Noter le développement de la face dite «du cercueil», 110 (m).

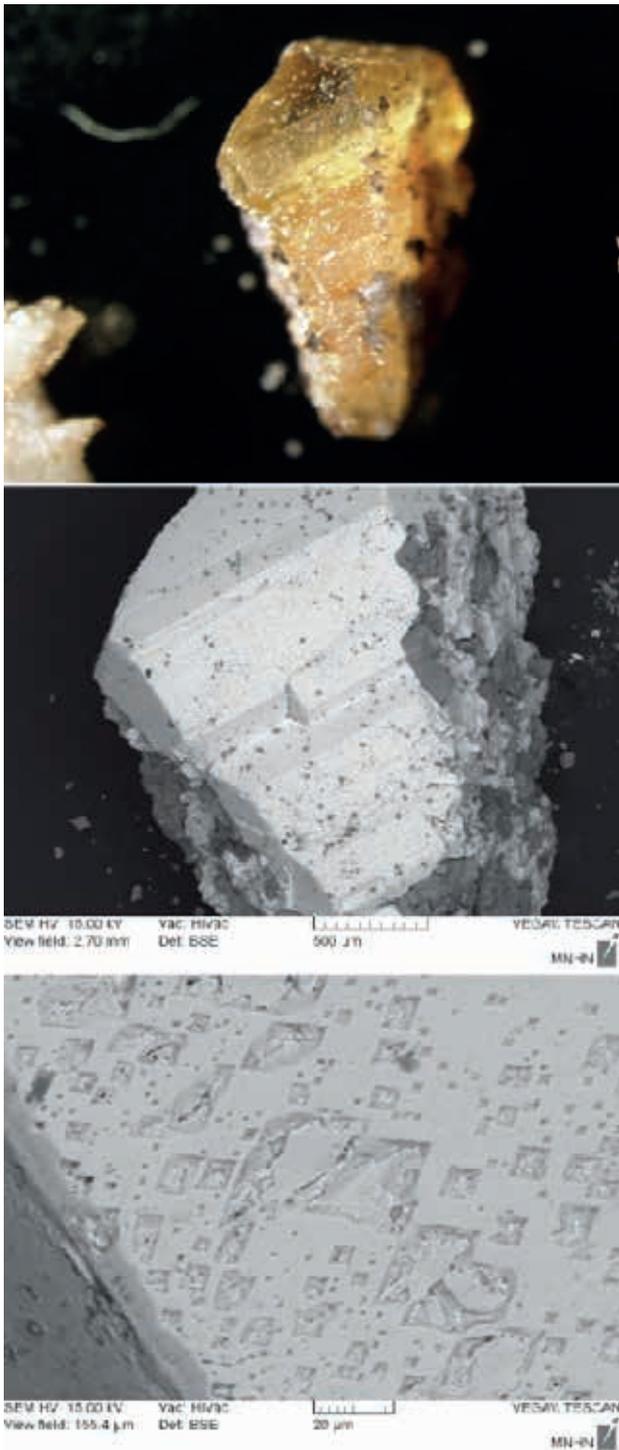


Figure 23. Groupement polycristallin de cristaux de barytine jaune aplatis suivant p (001) et terminé par a_2 (102). Échantillon 108-227 (MNHN). (Cliché J.-P. Lorand). Noter les angles rentrants entre les faces p . L'étude au microscope électronique à balayage (photos du bas en électrons rétro-diffusés) révèle la présence d'innombrables lacunes de croissance tétraédriques de toutes tailles.



Figure 24. Masses de fluorite violette (en haut échantillons Baret), noter l'intense altération marquée par la teinte rouille et les sulfates de fer jaune (copiapite).

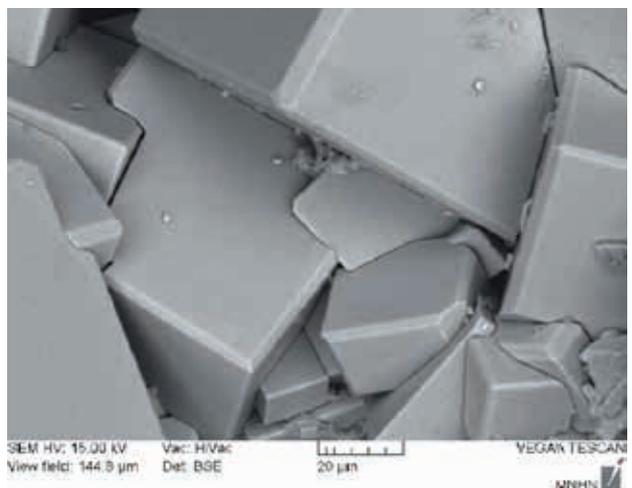
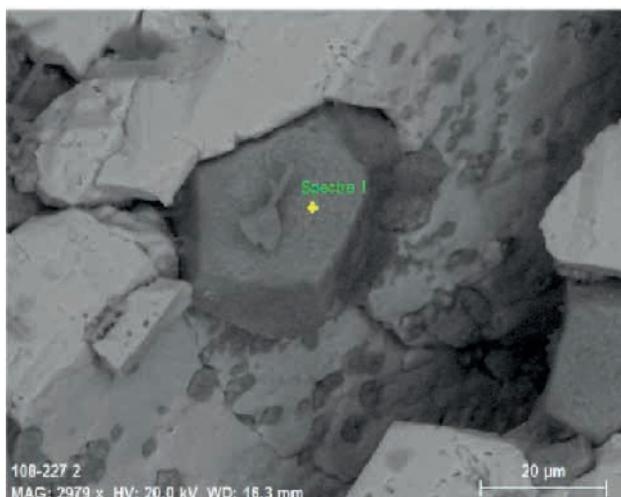


Figure 25. Cristaux de fluorite teintés en violet sur les arêtes (éch 108-227, MNHN ; Cliché J.-P. Lorand). En bas, vue au microscope électronique à balayage, montrant les faces 100 (p), 110 (b_1) et quelques rares faces 111 (a_1) (photographie en électrons rétro-diffusés).



108-227 2

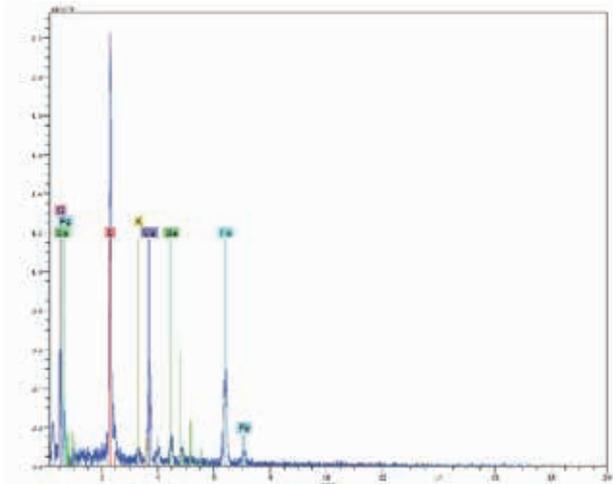


Figure 26. Pyritoëdre incrusté dans fluorite et les éléments chimiques qui la constituent. (éch. 108-505, MNHN). On retrouve les éléments de la fluorite (Ca) et de la barytine (Ba, S).



Figure 27. Touffes de cristaux de gypse dans géode de granite écrasé (coll. Baret, MHNN 006635). À noter aussi la présence d'halotrichite, sulfate hydraté d'aluminium et fer, signalée par Baret mais non retrouvée dans les échantillons conservés au MNHN.

Enfin, sans rapport direct avec la barytine ou la fluorite, signalons les délicates rosettes de cristaux de gypse (sulfate de calcium) parsemant localement les fissures du granite (MHNN 006635, 6637, 6638 collectés en janvier 1885) (Fig. 27). Les brèches quartzuses à géodes de quartz laiteux contenant des rosettes de microcristaux de gypse sont décrites dans deux publications (Baret, 1892, 1897).

Les autres minéraux contenus dans la collection Baret (almandin, biotite, oligoclase, orthose, tourmaline) appartiennent au granite ou aux pegmatites et n'offrent pas d'intérêt particulier.

GÎTOLOGIE

L'examen approfondi des collections permet d'en dire un peu plus sur la chronologie relative des différentes minéralisations exprimées dans la carrière de Miséry. Au moins quatre étapes sont représentées :

- La plus ancienne est une minéralisation pneumatolytique à béryl-löllingite-molybdénite (bornite), sans tourmaline abondante, ni cassitérite ou minéraux de tungstène-niobium-tantale. Cette phase est clairement associée aux poches de quartz des pegmatites. C'est la concentration à un stade post-magmatique des fluides siliceux riches en métaux rares (Be, Mo, Cu) ou métalloïdes (As), résidus de la cristallisation magmatique du granite, qui peut expliquer cette paragenèse à molybdénite-quartz (De Launay 1913, Routhier 1963, Dill 2010). D'après Charles Baret (1887), Miséry est le plus beau gisement de béryl du département. Cette conclusion doit être revue, notamment à la lumière des découvertes plus récentes. Un autre indice à béryl-löllingite-molybdénite a été retrouvé en 1976 près de la Porte de Rennes, trois km plus au nord, lors du percement du premier tronçon du périphérique nantais (J.-P. Lorand, observation personnelle non publiée). L'indice de la Porte de Rennes, associé à une pegmatite riche en quartz reliée au granite d'Orvault-Vigneux, a également fourni des béryls décimétriques. Avec une seule découverte en deux siècles de collectes minéralogiques et un nombre de cristaux infimes en collection, le béryl fait figure de rareté à Miséry. Ce qui veut dire par déduction que l'exploitation du granite a recoupé peu de poches de pegmatites, dont la rareté est confirmée par l'examen des affleurements de granite de la butte Sainte-Anne. En fait, une certaine zonalité semble se dessiner dans la distribution des pegmatites au sein du granite de Chantenay. À 2 km au nord de Miséry, près du boulevard Pasteur, les carrières du Parc des Grillauds, Saint-Clair et Salle Verte ont exploité un ni-

veau particulièrement riche en pegmatites ayant fourni de splendides cristaux décimétriques de feldspath et quartz fumé, ainsi que de béryl (« davidsonite » : voir Baret 1898, Lorand et Régnauld 2012). Les filons de pegmatites étant en général concentrés au sommet des plutons granitiques (Routhier 1963, De Launay 1913, Chauris 1965), cette simple comparaison indique que le granite exploité à Miséry pourrait correspondre à des niveaux plus profonds de l'intrusion.

- À cette paragenèse pneumatolytique succèdent plusieurs minéralisations classiquement rapportées à l'hydrothermalisme déclenché par les intrusions magmatiques acides (voir par exemple : De Launay 1913, Routhier 1963, Dill 2010, Chauris et Marcoux 1994). Galène et sphalérite ont été directement déposées dans des fissures du granite recoupé par le filon de barytine. Il s'agit là d'une minéralisation qui dépasse la carrière de Miséry puisqu'elle est connue depuis Dubuisson (1830) et Baret (1898), de Chantenay (Petit-Saint-Joseph : galène et quartz, sur granite à deux micas), à Bouguenay (Croix Rouge) et Basse-Indre, associée à des veines d'aplite recoupant les micaschistes réputés protérozoïques de la carrière de Barbin (Bonnamen). De même, la fluorite violette est indépendante du filon à barytine puisqu'elle a été décrite en dehors de la carrière de Miséry, aussi bien dans le granite (La Contrie, Ville-neuve La Lande, Petit-Saint-Joseph, à Chantenay), que dans les gneiss (Clos Bodin, Saint-Herblain, Couëron (La Moye), Haute-Indre (Baret 1898), ou La Roche Balue (observations de l'auteur)). Comme la galène et la sphalérite, elle cristallise au sein de veines intrusives ou de fentes géodiques. Cette circulation hydrothermale a profité d'une fracturation tardive du granite pendant son refroidissement final, peut-être aussi favorisée par la déformation le long du Cisaillement sud-armoricain (Vignerresse et Brun, 1983). Cet accident tectonique a en effet mobilisé Pb, Zn, As, Sn et W (Tartèse et Bouvais 2010.). F.R. Dubuisson avait vu clair lorsqu'il proposait d'exploiter le plomb à cet endroit, car la barytine et la fluorite avec le quartz sont une gangue classique des minéralisations à Pb, Zn et Cu tardi-hercyniennes (Marteau *et al.* 2014).

- Le filon de barytine est postérieur à la cristallisation de galène d'après Helric Parruite (1828). À ce filon se rattachent la barytine, la fluorite jaune, la pyrite, le quartz ainsi que les variétés de silice cryptocristalline (agate, calcédoine) omniprésentes. À son époque, Alfred Lacroix (1910, p. 79) range le filon de barytine de Miséry dans un groupe hétéroclite de « fentes de roches diverses et filons spéciaux ». Maintenant, on en sait beaucoup plus (Marteau *et al.* 2014). Les gisements hydrother-

maux filoniens de barytine (en contexte de socle ou sédimentaire) sont des remplissages d'origine exhalative, où la barytine cristallise dans des failles, des fractures, des joints ou des plans de stratification. Ils sont classés comme dépôts épithermaux (Dill 2010). Dans les classifications métallogéniques récentes (par exemple Gemmell et Simmons 2007), ce terme désigne les manifestations les plus superficielles (<300°C, pression inférieure au kilobar, environ 4 km de profondeur) de systèmes de circulation hydrothermale de plus grande amplitude. Il existe une centaine de gîtes et gisements de barytine de ce type répertoriés en France, d'après la base de données SIG Mines du BRGM (www.sigmines-france.brgm.fr). En général de petite taille (quelques milliers de tonnes à moins de 1 million de tonnes), ils sont concentrés dans les départements de Haute-Loire, Allier, Haute-Vienne, Lot, Lozère, Rhône. Comme le filon de Miséry, il s'agit de gisements filoniens de barytine-fluorine (Ba-F). Le sulfate de baryum comme le fluorure de calcium suivent des lois de solubilité très similaires, tous deux modérément solubles dans un fluide aqueux dès 100°C. L'addition de chlorures (Na, K) de même qu'une température et une pression élevées favorisent leur solubilité (Tropper et Manning 2007).

- D'après l'inventaire des collections anciennes présenté dans cet article, il y a de fortes chances que ce filon ait été hétérogène, avec des variations latérales importantes dans sa minéralogie, sans doute accentuées par le parti pris des collecteurs de minéraux. Mais le meilleur exemple concerne la distribution de la fluorite, absente des parties orientales échantillonnées par les auteurs du début du XIX^e siècle, et présente dans la partie occidentale exposée du temps de Baret et Enault. Au moins trois venues de barytine sont identifiables dans les collections. La barytine massive rosâtre semble la première à précipiter car en contact direct avec le granite altéré jaunâtre. De la calcédoine sépare également granite et barytine, mais elle peut aussi incruster cette dernière, preuve de circulation permanente de silice cryptocristalline. La barytine devient subordonnée dès que la fluorite est exprimée ; elle forme d'abord des groupements fibro-radiés « fleur de pêcher » tapissant des géodes de fluorite jaune en cristaux millimétriques à centimétriques, puis des cristaux bien individualisés de teintes souvent jaunes, développant les troncs classiques des cristaux de barytine (voir ci-dessus), mais toujours de taille millimétrique. Ces cristaux reposent sur la fluorite (violette) ou le quartz cristallin, mais jamais sur la barytine massive. Leurs nombreuses lacunes de croissance semblent indiquer une croissance rapide telle qu'a pu la produire une solution sursaturée en sulfate de baryum. Tout suggère que fluor et baryum

se succèdent comme élément minéralisateur prédominant, sans qu'il soit possible d'en définir l'ordre ; le seul indice que l'on possède est la distribution de la fluorite violette, indépendante du filon. On peut également se demander pourquoi galène et barytine ne sont pas associées alors que c'est le cas dans beaucoup de gisements épithermaux mentionnés ci-dessus (Dill 2010). D'après ce que l'on sait de la disposition du filon de barytine par rapport à l'exploitation de la carrière (Fig. 11), il définissait un angle d'une vingtaine de degrés avec la direction sud-armoricaine (N 100-110). Il pourrait donc s'agir du remplissage d'un système de fractures conjuguées de cet accident décrochant à rejeu dextre. Les venues minéralisatrices se sont succédées à la faveur du rejeu de cette faille produisant une certaine anarchie apparente à l'intérieur même du filon.

- La précipitation de sulfates tardifs (gypse, halotrichite) parfois dans les géodes du granite, constitue le dernier stade de minéralisation identifiable à Miséry. C'est l'oxydation supergène de la pyrite, omniprésente, en oxyhydroxydes de fer (insolubles) et sulfates solubles qui est responsable de ces derniers minéraux. Cette oxydation supergène se produit quand la pyrite est mise en contact avec l'air et l'eau dès lors que le granite, mis à nu, est soumis aux eaux de ruissellement. C'est ce que Pihan-Dufeillay et Dubuisson (1828) décrivent en ces termes : «le filon, dont la puissance est d'environ deux mètres, ayant été attaqué (par l'exploitation du granite), permet aux eaux pluviales de s'y introduire » (...) « le fer sulfuré blanc qui accompagne constamment la barytine passe par l'action atmosphérique au fer sulfaté qui, délayé par les eaux pluviales, coule le long du mur qu'il entretient dans un état continu d'humidité en se transformant en fer oxyde épigène. Ce dernier précipite sur une grande quantité des cristaux de baryte et leur donne l'aspect brunâtre du fer carbonaté (sidérite)». En d'autres termes, le fer ferrique étant quasiment insoluble dans l'eau, il se dépose sur les cristaux de barytine en leur donnant cette couleur rousse si fréquente. On peut supposer que le filon de barytine, très poreux du fait des multiples géodes qu'il comportait, a été particulièrement sensible. Exposés d'abord au climat tropical humide du cénozoïque, puis continuellement à l'eau de pluie, d'autres minéraux fragiles tels que la pyrite, comme le kaolin hydrothermal ont pu être ainsi lessivés.

Conclusion

Les collections anciennes sont les seuls témoins de l'exceptionnelle diversité minéralogique de la carrière de granite de Miséry. Celle-ci était ouverte dans le seul

pointement granitique où pegmatite et filons métallifères (incluant le filon de barytine) étaient observés côte-à-côte. C'est une originalité comparée à beaucoup de granites sud-armoricains. Par le nombre d'espèces minérales présentes, ce gisement était sans doute le plus important de la région nantaise au XIX^e siècle. Même les phénomènes d'altération supergène ont participé à sa diversité minéralogique. Il est clair qu'une étude plus poussée des collections anciennes, avec les moyens modernes d'analyse, augmenterait encore son palmarès et permettrait d'en savoir plus sur les facteurs physiques et chimiques qui l'ont encadré.

Contrairement au Massif Central, le Massif Armoricaire semble très pauvre en barytine. Lacroix (1910) la signale dans la minéralisation à plomb-zinc de Pont-Péan (Ille-et-Vilaine) et en Vendée, aux Sables-d'Olonne, où la barytine jaunâtre ressemble à celle de Miséry, sans qu'on ait plus d'informations. Il faut aller au Sud de la Vendée et dans le département des Deux-Sèvres pour trouver des minéralisations à barytine de faible extension, dont la relation avec le Massif armoricaire géologique est plus complexe et imparfaitement connue. Parmi celles-ci il faut citer la minéralisation à barytine crétée, fluorite jaune, agate et quartz hyalin (également galène et sphalérite) présente dans le lias minéralisé de la carrière des Cinq Coux (également appelée Beausoleil), près de Thorigné, dans les Deux-Sèvres (maintenant Réserve Naturelle Nationale du Toarcien pour le Conservatoire Régional d'Espaces Naturels Poitou-Charentes). Certains échantillons rappellent étrangement les échantillons de Miséry (observations de l'auteur 1971-1975), bien qu'aucun granite n'ait été identifiés à l'affleurement. Il faut attendre 2016 pour que des indices à fluorite et barytine soient découverts en Ille-et-Vilaine (Le Pertre) lors du percement de la voie nouvelle à grande vitesse GV Le Mans-Rennes (Brunet, 2016). Le cortège des minéraux principaux et le contexte géologique (leucogranite dévonien du massif du Pertre) sont identiques à celui de Miséry, à quelques exceptions près telles que l'absence de béryl, la présence de marcasite et de fluorites bleues ou vertes avec les faces 110 développées. Enfin, si la fluorite violette (anthozonite) n'est pas rare dans les gneiss de Saint-Herblain et de l'ouest de Nantes, la barytine n'avait jamais été retrouvée en dehors de la carrière de Miséry. C'est maintenant chose faite avec la découverte d'un filon à fluorite et barytine signalé en 2019 par la revue « Le Règne Minéral », dans la carrière des Maraîchers à Bouguenais, qui exploitait les gneiss du domaine Sud-Armoricaire. D'autres indices seront certainement découverts dans le futur au hasard des prospections.

Remerciements : L' auteur est très reconnaissant à Pierre Watelet et Serge Régnault pour l'accès illimité aux collections du Muséum d'Histoire Naturelle de Nantes, aux photos et aux inventaires Charles Baret, à Éloïse Gaillou Conservatrice adjointe de la collection Mines Paris-Tech, à Cristiano Ferraris qui nous a fourni les trois échantillons de Miséry de la collection nationale de Minéraux au Muséum National d'Histoire naturelle et à Sylvain Pont pour son aide avec le microscope électronique à balayage de la Direction des Collections du Muséum National d'Histoire Naturelle. Ce manuscrit a également bénéficié à des degrés divers de discussions avec les membres du groupe « Patrimoine Géologique » de la SSNOF, notamment Serge Régnault et Michel Papillard, ainsi que des suggestions de Pascal Bouton et Jean-Marc Viaud, qui sont ici tous vivement remerciés.

BIBLIOGRAPHIE

- BALLÈVRE M., BOSSE V., DUCASSOU C., & PITRA P. 2009. Palaeozoic history of the Armorican Massif: models for the tectonic evolution of the suture zones. *Comptes Rendus Géosciences* 341, 174–201.
- BALLOUARD C., BOULVAIS P., POUJOL M., GAPAIS D., YAMATO P., TARTÈSE R. & CUNEY M. 2015. Tectonic record, magmatic history and hydrothermal alteration in the Hercynian Guérande leucogranite, Armorican Massif, France. *Lithos*, 220–221, 1–22.
- BARBARIN B. 1999. A review of the relationships between granitoid types, their origins and their geodynamic environments. *Lithos* 46, 605–626.
- BARET C. 1887. Sur la présence du béryl et de l'erubescite dans les carrières de Miséri, près Nantes. *Bull. Soc. fr de Minér.*, 10, 131-133.
- BARET C. 1892. Note pour servir à la minéralogie de la Loire-Inférieure. *Bull. Soc. Sc. Nat.Ouest France*, II, 131-132.
- BARET C. 1897. Sur les minéraux de formation actuelle dans la Loire-Inférieure. *Comptes-Rendus des Sociétés Savantes de Paris et des Départements*. Sect. d. Sci., 175-179.
- BARET C. 1898. Minéralogie de la Loire Inférieure. *Bull. Soc. Sc. Nat. Ouest France*, 8, (II), pp. 1-175.
- BARET C. 1905. Catalogue de la collection de minéralogie de la Loire-Inférieure. *Bull. Soc. Sc. Nat.Ouest France*, 2^{ème} série, T.5, fasc. III, 1-133.
- BERNARD-GRIFFITHS J., PEUCAT J.J., SHEPPARD S. & VIDAL P. 1985. Petrogenesis of Hercynian leucogranites from the southern Armorican Massif: contribution of REE and isotopic (Sr, Nd, Pb and O) geochemical data to the study of source rock characteristics and ages. *Earth and Planetary Science Letters* 74, Issue 2-3, 235–250.
- BERTHÉ D., CHOUKROUNE P. & JEGOUZO P. 1979. Orthogneiss, mylonite and non coaxial deformation of granites: the example of the South Armorican Shear Zone. *Journal of Structural Geology* 1, 31–42.
- BOULVAIS P., VALLET J.M. et al. 2000. Origin of kaolinization in Brittany (NW France) with emphasis on deposits over granite: stable isotopes (O, H) constraints. *Chemical Geology* 168, 211-223.
- BOUTON P., DAVID J., DONINI A., GUILLET F., GUILLET D., GUIRAUD R., LEROUX C., LORAND J.-P., PAPILLARD M., RÉGNAULT S. & VIAUD J.-M. 2018. Carrière de Miséry, 500 ans d'histoire nantaise. 2018. *Place publique / Société des sciences naturelles de l'Ouest de la France*. 63 pages.
- BRUNET J. 2016. Minéralogie du Massif du Pertre, Ille-et-Vilaine. *Règne Minéral* 127, 5-18.
- CARRON J.P., LE GUEN DE KERNEIZON M. et al. 1994. Variscan granites from Brittany. Pre-Mesozoic Geology in France and Related Areas., J.D. Keppie (Ed.), Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag. 231-239.
- CHAURIS L. & MARCOUX E. 1994. Metallogeny of the Armorican Massif. Pre-Mesozoic Geology in France and Related Areas, IGCP-Project 233, Chantraine J., Rolet J., Santallier D.S., Pique A. and Keppie J. D, (Eds) pp.243-264. Springer, Berlin, Heidelberg.
- CHAURIS L. 1965. Les minéralisations pneumatolytiques du Massif Armoricain. *Mémoires du BRGM n°31*, 217 p.
- CUNEY M., STUSSI J.M., et al. 1993. Géochimie et géochronologie U/Pb du pluton granitique de Neuvy-Bouin (Haut-Bocage vendéen) : un exemple de corps plutonique polyphasé. *Comptes-Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* 317, série II: 219-226.
- DE LAUNAY L. 1913. *Traité de Métallogénie. Gîtes Minéraux et Métallifères, 3 tomes*. Librairie Polytechnique Charles Béranger, Paris et Liège.
- DILL H.G. 2010. The “chessboard” classification scheme of mineral deposits: Mineralogy and geology from aluminum

to zirconium. *Earth Science Review* 100 : 1–420.

DUBUISSON F.R. 1830. *Catalogue de la Collection Minéralogique, Géognostique et Minéralurgique du Département de la Loire-Inférieure appartenant à la mairie de Nantes, recueillie et classée*. Imprimerie Méllinet, 301 p.

GEMMEL J.B. & SIMMONS S.F. 2007. A group of papers devoted to epithermal Au–Ag deposits. *Economic Geology* 102, 783–1009.

GEORGET Y. 1986. Nature et origine des granites peralumineux à cordiérite et des roches associées. Exemple des granitoïdes du massif armoricain (France) : pétrologie et géochimie. *Mémoires et Documents du Centre Armoricaïn d'Étude Structurale des Socles* 9: 250 p.

GLOAGUEN E. & DAIN Y. 2001. L'occurrence stannifère de la Villelder dans la province W-Sn armoricaine. *Le Règne Minéral Hors Série VII*, 6-25.

GUEPIN A. & BONNAMY E. 1835. *Nantes au XIX^e siècle. Statistiques Géographique, Industrielle et Morale*. Nantes, Prosper Sébire, Libraire-Éditeur. 650 p

GUMIAUX C. 2003. *Modélisation du Cisaillement hercynien de Bretagne Centrale: déformation crustale et implications lithosphériques*. Thèse, Université de Rennes 1, 266 p.

LA ROCHE (de) H., STUSSI J. & CHAURIS L. 1980. Les granites à deux micas hercyniens français. *Sciences de la Terre (Nancy)* 24, 5-121.

LACROIX A. 1897. *Minéralogie de la France et de ses colonies. Tome II*, Librairie Polytechnique Baudry et Cie, 804 p.

LACROIX A. 1910. *Minéralogie de la France et de ses colonies. Tome 4*, Librairie Polytechnique, Ch. Bérenger, 923 p.

LAGARDE J.-L., CAPDEVILA R., & FOURCADE S. 1992. Granites et collision continentale; l'exemple des granitoïdes carbonifères dans la chaîne hercynienne ouest-européenne. *Bull. Soc. Géol. France* 163, 597–610.

LALAGUE-GUILHEMANS Th. 1982 Les perrières de Misery en Chantenay. In Chantenay, hier et aujourd'hui. *Les annales de Nantes et du Pays Nantais*, Revue de la société académique de Nantes et de la Loire-Atlantique, n°206, 6-8.

LAMEYRE J. & AUTRAN A. 1980. Les granitoïdes de France. In *Mémoires du BRGM 107, Géologie de la France du 26^{ème} CGI, Paris, coll. C7* : 50-97.

LAMEYRE J. 1980. Les magmas granitiques: leurs comportements, leurs associations et leurs sources. *Mémoire hors-série de la Société Géologique de France* 10 : 51–62.

LORAND J.-P. & RÉGNAULT S. 2012. Charles Baret, le minéralogiste Nantais. *Le Règne Minéral*, n°105 : 7-30.

LORAND J.-P., RÉGNAULT S & WATELET P. 2012. Deux siècles d'histoire de la Minéralogie au Muséum d'Histoire Naturelle de Nantes. *Le Règne Minéral*, n°105 : 34-35.

LORAND J.-P. 2016. *Promenade géologique à Nantes*. Biotope éditions. MNHN, 38 p.

LORAND J.-P. 2018. Une collection nantaise centenaire refait surface. *Le Règne Minéral*, n°139 : 44-56.

MARTEAU P., COLIN S. & VINCENS B. 2014. *Mémento Barytine*. Rapport final BRGM/RP-63974-FR, 60 p., 20 fig., 4 tabl., 1 annexe.

PIHAN-DUFEILLAY R. & DUBUISSON F.R. 1828. Note sur la présence de la strontiane dans la baryte sulfatée des terrains primitifs. *Le Lycée Armoricaïn XI*, 248-250.

PONCET D. 1993. *Le Cisaillement sud-armoricaïn dans le Haut-Bocage vendéen : analyse pétrostructurale et étude de la déformation dans les granitoïdes et leur encaissant métamorphique*, Thèse de Doctorat de l'Université de Poitiers, 353 p.

ROUTHIER P. 1963. *Les gisements métallifères. Géologie et principes de recherche*, 2 tomes. Paris, Masson et Cie

TARTÈSE R. & BOULVAIS P. 2010. Differentiation of peraluminous leucogranites "en route" to the surface. *Lithos* 114, 353–368.

TARTÈSE R., POUJOL M., RUFFET G., BOULVAIS P., YAMATO P. & KOŠLER J. 2011. New U–Pb zircon and ⁴⁰Ar/³⁹Ar muscovite age constraints on the emplacement of the Lizio syntectonic granite (Armorican Massif, France). *Comptes Rendus Géoscience* 343, 443–453.

TERS M., MARCHAND J. & WEECKSTEEN G. 1969. Carte géologique détaillée de la France. Feuille 117, Nantes, Ile du Pilier. Notice 25p.

TROPPER P. & MANNING C.E. 2007. The solubility of fluorite in H₂O and H₂O–NaCl at high pressure and temperature. *Chemical Geology* 242, 299–306.

VIDAL P. 1973. Premières données géochronologiques sur les granites hercyniens du Sud du Massif Armoricaïn. *Bull. Soc. Géol. France*, (7) 15: 239-245.

VIGNERESSE J.-L. & BRUN J.-P. 1983. Les leucogranites armoricains marqueurs de la déformation régionale : apport de la gravimétrie. *Bull. Soc. Géol. France*, (7) XXV(3): 357-366.