

ARGILES ET CÉRAMIQUE

Christian Pautrot

Le feu est utilisé régulièrement par l'homme depuis environ 400 000 ans. C'est *Homo erectus* et *Homo Heidelbergensis*, sa forme européenne, qui apprennent à l'appivoiser. Dès ce moment, la terre cuite apparaît puisque tout fragment de terre argileuse humide située près d'un foyer devient de la terre cuite. Pourtant, il faudra attendre quelques centaines de milliers d'années pour qu'apparaissent des artefacts en céramique créés intentionnellement telle la statuette gravettienne de Dolni Vestonice (29-25 000 BP). En Lorraine, on peut citer la céramique rubanée des sites danubiens (7500 BP) et la statuette féminine de Woippy, ZAC des Sansonnets, découverte en 2010 et datée de la fin du Néolithique. Nous allons rechercher ici quelles caractéristiques des roches argileuses permettent leur utilisation en poterie et quelles en furent les principales sources et productions régionales.



Tessons de céramique rubanée (~7500 ans) du site de Vigy (57)



Reproduction de la statuette féminine du néolithique final (~5000 ans) du site des Sansonnets à Woippy (57)

Les roches argileuses

1. Définition, composition, propriétés

L'argile appartient à un groupe de roches ayant en commun un certain nombre de caractères : « substances terreuses plus ou moins homogènes, tendres, douces au toucher, happant à la langue, répandant par l'insufflation une odeur particulière dite argileuse, et jouissant, caractère le plus essentiel, de la propriété de se délayer dans l'eau et d'y faire une pâte onctueuse, tenace, susceptible de se mouler et d'acquies au feu une grande dureté. » Dictionnaire de Guérin, 1840.

Une roche argileuse renferme divers types de minéraux argileux : ce sont des phyllosilicates hydratés se présentant en très petits cristaux (inférieurs à 3,9 μm). Ils sont le plus souvent en forme de feuillets (plaquettes hexagonales) et plus rarement en fibres.

Le fait que les boues argileuses soient « onctueuses » au toucher est dû à la forme en paillettes des cristaux qui glissent les uns sur les autres grâce à l'eau qui les sépare. De même, cette structure permet une forte cohésion des cristaux présentant de grandes surfaces de contact et le fait qu'une argile moins humide puis sèche garde la forme qu'on lui a imprimée.

Structure :

Les feuillets sont des assemblages de couches de tétraèdres $[\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2]^{6-}$ et de couches d'octaèdres co de brucite $[\text{Mg}(\text{OH})_2]$ ou de gibbsite $[\text{Al}(\text{OH})_3]$.

Les feuillets sont de type ct-co ou ct-co-ct. Entre eux se placent divers cations : K, Na, Ca. Leurs épaisseurs varient de 7 à 14 Å.

Les principaux minéraux argileux sont :

- l'illite : $K_x Al_2 [Si_4 \times Al_x O_{10}] (OH)_2$, feuillets à trois couches de type ct-co-ct de 10 \AA . ou $K Al_2 (OH)_2, [Al Si_3 (O, OH)_{10}]$
- la kaolinite : $Al_4 [Si_4 O_{10}] (OH)_8$, feuillet de 7 \AA à deux couches ct-co.
- l'halloysite est une kaolinite hydratée
- Les smectites ou argiles gonflantes telles la montmorillonite et la bentonite à teneurs variables en Na, Al, Fe, Mg en feuillets à trois couches de 14 \AA variable selon l'hydratation.
- Attapulgite et sépiolite ont des cristaux fibreux.
- La chlorite, de couleur verte, trois feuillets avec Mg et Fe. $(Mg, Fe, Al)_6 (Si, Al)_4 O_{10} (OH)_8$

Une formule générale est :

$(Si_{4-x} Al_x) O_{10} (Al_{2-y} Mg_y) (OH)_2 K_{x+y}$
Couche tétraédrique couche octaédrique cation compensateur

2. Origine des argiles

Diverses roches sont susceptibles de fournir les éléments entrant dans la composition des minéraux argileux. Parmi les silicates d'alumine des roches magmatiques, les feldspaths sont ceux dont la structure et la composition sont les plus proches de celles des minéraux argileux. Viennent ensuite les minéraux ferro-magnésiens tels les micas, les amphiboles et les pyroxènes.

2.1. Altération des roches magmatiques par pédogenèse

La pédogenèse correspond à l'altération d'une roche mère sous l'action d'eau chargée d'acides naturels (carbonique, fulviques, humiques, oxalique, salicylique etc.). Les ions résultant de l'hydrolyse sont exportés (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) ou s'accumulent sur place (Fe^{3+}). Les insolubles (quartz, argiles néoformées) forment l'horizon d'accumulation du sol. D'après Rinne, (1949), les acides faibles altèrent granulite et autres roches « cristallines » en kaolin sous couverture de tourbe et lignite (acides humiques et fulviques). En climat tempéré, la silice n'est pratiquement pas altérée mais en climat tropical, elle est évacuée sous forme d'hydroxyde de silicium $Si(OH)_4$, à moins qu'elle ne se réassocie pour former de nouveaux minéraux. Dans un sol ferrallitique (fer, aluminium), on obtient un sol rouge avec horizon supérieur très lessivé, un horizon d'accumulation riche en fer (oxyde ferrique) et aluminium (gibbsite) à plusieurs strates, l'inférieure ou lithomarge très riche en kaolinite, un minéral argileux néoformé. La bauxite est issue de tels sols.

2.2. Néoformation pédogénétique

Si la structure des minéraux d'origine, notamment des feldspaths n'est que peu modifiée, il se formera des minéraux néoformés : illite, montmorillonite, vermiculite de type ct-co-ct.

Si la modification est plus poussée, on aura la kaolinite, co-ct

Si l'hydrolyse est complète, on n'aura plus que des hydroxydes : de silicium, d'aluminium (gibbsite) et de fer (goethite).

La kaolinite des sols suffisamment drainés est un produit d'altération des feldspaths. Attapulgite, montmorillonite sont néoformées en milieu humide en permanence, dans les bas de pente et les thalwegs.

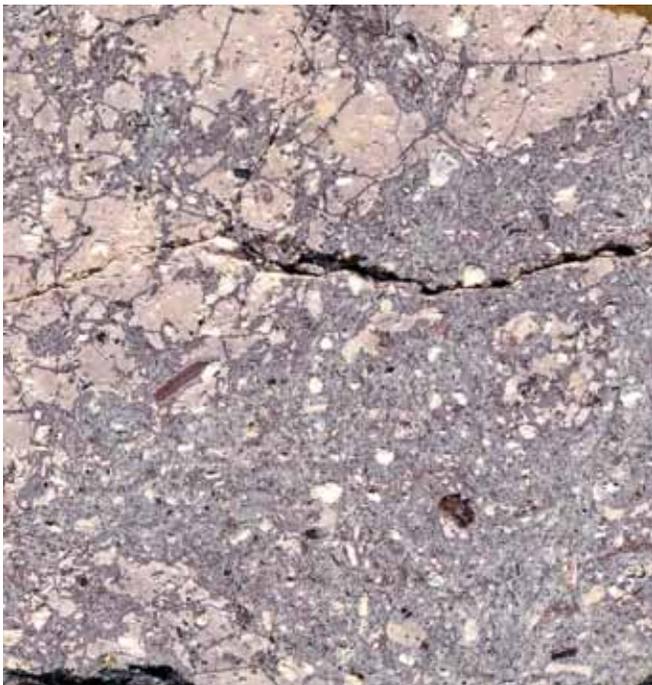
Feldspaths et micas sont les principaux minéraux à l'origine des minéraux argileux les plus fréquents (illite et kaolinite) ; les minéraux ferro-magnésiens fournissent fer, magnésium et calcium en grande partie exportés si les conditions le permettent ou intégrés dans des minéraux tels que les smectites. Le feldspath plagioclase anorthite donne la kaolinite par perte de calcium en climat tropical humide. Une conséquence du lessivage en milieu acide est la décoloration due au départ des oxydes de fer (les alluvions tertiaires de la région de Blâmont, des galets de grès de la Grande Fagne sont pratiquement blancs).



Paléosol formé sous un climat tropical durant le Crétacé supérieur à Rustrel (84)
L'horizon d'accumulation inférieure est très riche en kaolinite



Rhyolite altérée à Nohfelden (Sarre)
Les feldspaths sont transformés en kaolinite



rhyolite du Nideck (67) altérée
Les feldspaths sont en partie kaolinisés



7. Basalte d'Essey-la-Côte (54) altéré
Les feldspaths plagioclases s'altèrent en minéraux argileux dans la partie corticale d'un galet.

8

23. Altérations par les eaux acides ou hydrothermales.

Les eaux chaudes et souvent acides altèrent les silicates et donnent des minéraux argileux, notamment de la kaolinite (dépôts de diaclasses dans la carrière de Schmelz près de Lebach en Sarre à partir des minéraux de l'andésite). Toutes les roches magmatiques acides telles granites et rhyolites fragmentées subissent le même sort comme le montre une zone fracturée de presque un mètre de largeur dans un affleurement de rhyolite récemment mis à jour à Moyennoutier où la roche volcanique a laissé place à une argile beige très plastique.

Les terres blanches ou terres à pipe de la région de Coblenche et peut-être de Cologne sont des argiles sédimentaires mêlées de sables dont les bancs sont situés sous des couches de lignites et de tourbes. Les acides organiques issus de ces substances ont percolé au travers des argiles et sables quartzo-feldspathiques, évacuant les ions ferreux et autres cations d'où leur couleur blanche.

Plus anecdotique, la transformation des cristaux d'andalou-site (Al_2SiO_5) en kaolinite dans les schistes ordoviciens (salmiens) d'Ottré prélevés dans la carrière du Thier del Preu à Grand-Sart en Belgique.



8 : Rhyolite kaolinisée au niveau d'une zone fracturée où circulaient des fluides. Moyennoutier (88)

2.4. Recyclage lors des cycles sédimentaires.

La dissolution des roches calcaires laisse en place les produits peu ou pas solubles : minéraux argileux, essentiellement l'illite, le quartz et le fer ferrique qui se retrouvent dans l'horizon B ou dans des cavités karstiques. Ce sont les argiles de décalcification de couleur brun-rouge prononcée. Les roches argileuses affleurant sont soumises à l'érosion et sont facilement transportées par les agents eau et vent. Il en est de même des argiles résiduelles des horizons B si elles sont mises à nu. La sédimentation des fractions fines pourra avoir lieu en milieu aquatique (étangs, plaines alluviales, océan, quand l'énergie du milieu le permettra) ou aérien (loess et autres poussières).



9. Déplacement des argiles et particules fines lors d'un cycle érosion-transport-sédimentation. Hayes (57)



10 : Poche d'argile de décalcification dans du calcaire bajocien karstifié Ottange (57)

3. Gisements dans la grande région

31. Les gisements primaires.

Ils sont rares pour le kaolin car la formation d'argiles ayant surtout lieu sous climat tropical et ce climat ne sévissant plus sur la région depuis quelques millions d'années, la plupart des horizons d'accumulation anciens ont été détruits par l'érosion ultérieure. Les rhyolites permienes sarroises ont fourni, notamment dans la région de Nohfelden de grandes quantités de kaolin anciennement exploité pour la céramique à Mettlach (Boch). Les tonsteins (cendres volcaniques riches en feldspaths) fréquentes dans le Carbonifère et le Permien fournissent également de la kaolinite (région de Lebach).

Une mention particulière pour les terres d'Andenne, dans la proche Wallonie, province de Namur : dans une région occupée par des calcaires dévoniens karstifiés, une couverture tertiaire constituée de sables quartzo-feldspathiques a été soumise à des dissolutions postgénétiques dues à la présence d'acides résultant de l'oxydation de sulfures. Les feldspaths ont donné des argiles résiduelles de teintes va-

riées en fonction de leur teneur en fer ; celles qui en étaient dépourvues sont blanches et sont la terre à pipe très prisée pour les céramiques fines. Elles sont riches en halloysite, sorte de kaolinite hydratée.

Les terres à pipe de la vallée du Rhin ont une origine voisine et dérivent de sédiments argileux marins ou lacustres mêlés de lignites (Pfeifenton tertiaire du Neuwieder Becken à Vallendar près de Coblençe) ou de cendres volcaniques et ponces initialement riches en feldspaths par altération acide (Maria Laach).

32. Les gisements secondaires.

Constitués de roches sédimentaires anciennes, de limons et de lehms, ces gisements sont pléthoriques : Muschelkalk inférieur à Niderviller, Muschelkalk moyen dans les régions de Pexonne, Sarreguemines, (limons sur) Keuper à Lunéville, Saint-Clément, Lias à Manom, Champigneulles, Longwy, Callovien à Toul, Albien pour les Islettes et Waly.



Gisements de terre à pipe et de terre blanche

- | | |
|--------------------------|------------------------------|
| 1 : Siegburg | 8 : Kärlich |
| 2 : Witterschlick | 9 : Münstermaifeld-Polch |
| 3 : Friedorf | 10 : Nohfelden-Birkenfeld |
| 4 : Ringen | 11 : Eisenberg |
| 5 : Maria Laach | 12 : Lunéville-Saint-Clément |
| 6 : Andernach-Miesenheim | 13 : Plombières |
| 7 : Vallendar | |

4. Exploitation.

Elle se fait généralement en carrières à ciel ouvert mais parfois en galeries souterraines comme c'était le cas à Andenne, générant par la suite des effondrements de terrain (défoncés).

5. Le métamorphisme des argiles.

Lors de phénomènes tectoniques notamment les convergences, les pressions lithostatiques et orientées (P) augmentent ainsi que la température (T), ce qui conduit au réarrangement des atomes des minéraux argileux qui forment alors de nouveaux minéraux phylliteux : séricite d'abord, chlorite puis biotite et muscovite si les conditions deviennent plus drastiques. Les roches argileuses deviennent des schistes qui ne forment plus de boue au contact de l'eau. Lardoise, les schistes de Steige, de Villers, ceux du Dévonien de la vallée de la Bruche et du Hunsrück, les phyllades du plateau des Tailles en sont des exemples locaux. Des augmentations supplémentaires de (T) et (P) entraînent l'apparition de minéraux de plus grande taille : quartz, minéraux de métamorphisme (staurotide, silicates d'alumine (andalousite, disthène, sillimanite) comme on le voit dans la série thermo-métamorphique d'Andlau.

L'altération des roches « cristallines » donne donc des argiles mais les argiles peuvent redonner des roches cristallines quand (P) et (T) augmentent. Si seule (T) augmente, il se produit un thermo-métamorphisme, phénomène équivalent à la cuisson de l'argile.

Argiles et céramique

La recherche de gisements d'argiles et la recherche de mélanges pour obtenir une pâte et un émail qui s'accordent ont été les soucis constants des faïenciers. Les « scientifiques » se sont préoccupés de ces aspects et leurs publications nous éclairent sur les pratiques.

1. Évolution des connaissances sur la variété des argiles

Pierre-François Nicolas a publié chez Hoener en 1787 un *Précis des leçons publiques de chimie et d'histoire naturelle*, cours qu'il donne à l'École de médecine de l'université de Nancy dont il est un des premiers professeurs de chimie. Les argiles y sont ainsi décrits :

- Argile à porcelaine : argile pure mêlée de terre siliceuse et de mica, très blanche, infusible au feu sans addition
- Terre à porcelaine solide ou kaolin (Limousin et Saxe)
- Argile à porcelaine pulvérulente, assez brillante en raison du mica qu'elle contient (Chine, Suède)
- Argile à poteries fines avec proportions et nature du mé-

lange avec la terre siliceuse variables. Parties hétérogènes abondantes dans les poteries communes.

- Bols. Mélange d'argile, de terre siliceuse et de fer. Doux au toucher, happent à la langue, grain fin à la cassure, tachent les doigts, prennent de la retraite au feu, y durcissent et y deviennent rouges. Toutes sortes de couleurs.

- Argile commune. Mêmes principes que précédemment mais plus grossiers. Le feu lui communique une couleur rouge au feu en raison du fer qu'elle contient et la réduit facilement en scories.

Le Dictionnaire français illustré et encyclopédie universelle publié par Dupiney de Vorepierre en 1864 définit ainsi plusieurs produits.

- Kaolin pour la porcelaine. Fait difficilement pâte avec l'eau ; infusible.

- Argile plastique pour les faïences fines, grès cérames et pièces qui doivent être soumises à une haute température (pots = creusets de verrerie, gazettes). Renferme beaucoup de kaolin et peu de carbonate de calcium et de fer. Très réfractaire et dure après cuisson.

- Argile figuline ou terre glaise pour les faïences communes, terres cuites et briques. La chaux et l'oxyde de fer qu'elle renferme font qu'elle fond à une température très inférieure aux précédentes plus riches en kaolin.

- Marne argileuse pour poterie commune

Caractères des terres argileuses de Lorraine

D'après Nicolas, 1787

Les argiles de Lorraine sont presque toutes unies à différentes substances minérales sur lesquelles l'acide universel (acide carbonique) a aussi exercé son action. Presque toutes les argiles que cette province fournit sont de mauvaise qualité et ne peuvent conséquemment produire qu'une poterie médiocre. La terre dominante de ce pays est la calcaire unie à une quantité prodigieuse de fer à l'état ocreux. // De-là il est résulté un composé terreux de nature vitrifiable, calcaire et métallique. // espèces de marnes c'est-à-dire, des mélanges d'argiles proprement dite, de terre calcaire, de chaux de fer et de pyrites.

Cette remarque peut justifier les importations de terres dès le XVIII^e siècle.

2. La couleur des argiles

La couleur des argiles, comme de toutes les roches sédimentaires est due d'abord à la teneur et à la nature du fer présent. En milieu oxydant, le fer est à l'état ferrique et les teintes vont du crème au rouge vif. En milieu réducteur, le fer est à l'état ferreux et les teintes sont froides (vert, bleu, gris) ; D'autres éléments chimiques peuvent également intervenir : la chlorite donne des nuances vertes, la matière organique une couleur sombre voire noire.

Une même roche peut changer de couleur : ainsi, les roches argileuses gris sombre dans leur gisement deviennent brun clair jusqu'à deux mètres sous la surface du sol en raison de l'oxydation par l'air et de l'eau oxygénée qui pénètrent par les fissures de retrait. L'inverse se produit dans les limons de couleur ocre quand des bactéries dégradant les racines mortes consomment l'oxygène présent. On observe alors des figures ramifiées vert pâle à l'emplacement des anciennes racines.

3. Techniques et produits

3.1. Confection de la pâte

Les recettes des pâtes à faïences sont variées (voir encadré) et outre les argiles, d'autres composants tels sable, craie, gypse, feldspath, entrent dans la composition des pâtes. Certains ingrédients jouent le rôle de dégraissants. En effet, le séchage et surtout la cuisson provoquent une déshydratation donc une perte de volume entraînant souvent des fentes de retrait dans les pièces. L'incorporation de dégraissant, particules plus ou moins grosses, permet d'éviter ce problème. Il peut s'agir de fragments végétaux (paille du torchis), de coquilles broyées, de sable quartzueux ou calcaire, de fragments de terre cuite (chamotte). Certaines roches argileuses renferment naturellement du dégraissant (argiles sableuses, marnes renfermant des microfossiles ou autres fins débris de fossiles calcaires. Plus la taille des particules sera importante, plus la pâte sera grossière et mieux la poterie résistera aux températures élevées. La fabrication de creusets de Hesse utilisait des pâtes à 2/3 de sable siliceux et 1/3 d'argile plastique.

Pour fabriquer les faïences de la Grange à Manom (créée en 1733), l'argile est extraite à proximité ; sans doute du Toarcien ou du Domérien. Trois sortes de terre sont mêlées : bleue, blanche et rouge, ce qui est étonnant pour les deux dernières. Le même mélange est souvent mentionné, notamment à Waly. Il y est ajouté du sable et de la craie importés de Lorraine et de Champagne avec une taxe de 12% à l'entrée en 1785.



Divers aspects d'argiles

De haut en bas et de gauche à droite :

- argile de Maria Laach (Rhénanie-Palatinat) cuite et brute
- argile de Moyenmoutier
- argile de la Grande Fagne de Régné (Wallonie, Belgique)
- kaolin de Quessoy (29)

Recettes de pâtes à faïences

Poteries :

argile figuline, marne argileuse et sable.

Faïence blanche :

marne argileuse
marne calcaire blanche
marne et argile plastique, de façon à avoir les proportions :
alumine ferrugineuse, 35 ; silice, 58 ; carbonate de chaux, 7.

Terre de pipe d'après le manuel de Roret (1846) :

fritte : 50 kg
craie : 40,5 kg
terre de Cologne : 106 kg
cailloux de la Moselle : 6 kg.

Porcelaine de Saxe :

cent parties d'argile blanche très pure
neuf parties de quartz blanc,
sept parties de tessons de porcelaine
quatre parties de gypse calciné.
Après cuisson dans les gazettes, donne le biscuit de porcelaine.

Pour l'émail :

quinze parties de tessons de porcelaine
huit parties de quartz blanc,
sept parties de gypse calciné.

Donne la couverte après cuisson.

(Pétuntse : espèce de terre vitrescible ou feldspath susceptible de faire de la porcelaine).

3.2. Les engobes et glaçures.

Un **engobe** est une matière de couleur blanche, mate, souvent utilisée en sous-couche des céramiques glaçurées (vernissées). Elle permet entre autres de masquer la couleur de la terre cuite et d'économiser la glaçure qui, renfermant des oxydes métalliques parfois coûteux, est souvent onéreuse. Il s'agit en général d'argile blanche délayée.

La **glaçure** forme une couche vitreuse à la surface de la céramique. Le fait d'ajouter des oxydes métalliques à l'argile facilite la fusion du mélange et donne un produit vitreux.

Le vernis est une glaçure transparente colorée ou non à base d'oxyde de plomb ou litharge, sable siliceux, argile plastique et pour la couleur, de cuivre (vert), cobalt (bleu), manganèse (brun violet-noir), fer (brun-rouge), antimoine (jaune), sel donnant un silicate de soude sur les grès...

Les pigments étaient achetés à des commerçants spécialisés qui se fournissaient auprès des carriers :

- Le cobalt a été isolé en Bohême au XVI^e siècle à partir de déchets de la métallurgie de l'argent. Il a été exploité très rapidement pour lui-même dans la région de Sainte-Marie-aux-Mines

- Le manganèse est, après le fer, le métal le plus abondant dans les roches sédimentaires. Il pouvait provenir des Ardennes belges où il se découvre en concentrations notables dans les phyllades de la région de Vielsalm. La Franche-Comté en fournissait également beaucoup.

L'**émail** est opaque, à base d'oxyde d'étain (blanc) ou teinté dans la masse par d'autres oxydes. L'émail blanc est composé d'oxyde d'étain, oxyde de plomb, sable quartzueux, sel marin et soude.

La couverte fond à haute température, égale ou légèrement inférieure à celle de la pâte. A Manom – la Grange, la couverte sur argile blanche est constituée de craie (fondant), de silice (silex), de verre (fritte de base), de sel (carbonate de soude).

3.2. Cuisson.

La cuisson entraîne une modification de la structure cristalline des molécules et il se forme une pâte amorphe dans laquelle les orientations des feuillettes d'atomes constituant les minéraux disparaissent, le cas extrême étant obtenu avec la porcelaine dans laquelle tout passe à l'état vitreux. D'après Rinne, (La science des roches, 1949), à température élevée, les argiles grèsent par développement de cristaux microscopiques de mullite ($3\text{Al}_2\text{O}_3$, 2SiO_2)

Les produits ne renfermant que Si, Al et K fondent à des températures élevées, supérieures à 1100°C. Par contre, la présence d'autres éléments tels que Fe, Ca, Mg abaisse la température de fusion d'où la déformation des vases et leur adhérence accidentelle.

Les types de fours influent sur les céramiques par le type de cuisson (oxydante, réductrice) qu'ils induisent. Les pâtes renfermant un minimum de fer, cuits dans un foyer ouvert prennent une couleur plus ou moins rouge si l'air circule. S'ils sont placés dans des contenants étanches (gazettes), ils prendront une teinte grise. Il peut en être de même dans un foyer ouvert si la quantité de combustible génère de grandes quantités de cendres empêchant l'arrivée de l'air ; c'est le cas en particulier lors de la cuisson en fosse. Une originalité de certaines terres à pipe récoltées grises et devenant blanches après cuisson est due au fait que la couleur était due à la présence de matière organique et non de fer ferreux.

Bibliographie

- BOYER M. (1829/1846) - *Manuel du porcelainier, faïencier, potier de terre, briquetier et tuilier*. Encyclopédie Roret, Paris.
- BRACONNIER M-A. (1883) - *Description géologique et agronomique des terrains de Meurthe-et-Moselle*, Nancy.
- BRONGNIART A. (1844) - *Traité des arts céramiques ou des poteries*, Paris.
- BUVIGNIER A. (1852) - *Statistique géologique, minéralogique, métallurgique et paléontologique du département de la Meuse*, Verdun.
- DEMERSON J-L. (1829) - *La géologie enseignée en 22 leçons*, Paris.
- DIETRICH Philippe-Frédéric (an VIII) - *Recueil des gîtes de minerais et des bouches à feu de la Lorraine méridionale*.
- DUPINEY DE VOREPIERRE (1864) - *Dictionnaire français illustré et encyclopédie universelle*.
- GODAERT E., DECLERCQ P-Y., QUINIF Y., (2012) - Vingt siècles d'exploitation des argiles plastiques d'Andenne (Belgique) : du gisement au musée de la céramique. *Ann. Soc. Géol. du Nord*, Villeneuve d'Ascq.
- HERBIN (1803) - *Statistique générale et particulière de la France et des colonies*, Paris.
- Journal des Mines* (1809) Volume 25. Paris.
- LEPAGE C.H. (1845) - *Le département des Vosges, statistique historique et administrative*, Nancy.
- MENILLET F. (2005) - *Carte géologique de la France à 1/50 000. Notice explicative de la feuille Lunéville à 1/50 000*, BRGM, Orléans.
- MEYER Wilhelm von. (1986) - *Geologie der Eifel*, Stuttgart.
- RINNE F, BERTRAND, compl. (1949) - *La science des roches*, Paris.
- NICOLAS P-F (1787) - Précis des leçons publiques de chimie et d'histoire naturelle données aux écoles de médecine de l'université de Nancy, Hoener Nancy.