



Sortie géologique du dimanche 18 novembre 2007

Les Argiles à Meulières de la Ferté-sous-Jouarre : memento pour une visite

Médard Thiry

Ecole des Mines de Paris
Centre de Géosciences
35, rue St Honoré
77305 Fontainebleau

medard.thiry@ensmp.fr
<http://www.cig.ensmp.fr/~thiry>



*Carte Minéralogique des environs de Fontainebleau, Etampes et Dourdan
Monnet, Guettard et Lavoisier.- Atlas minéralogique, 1766-1780*

Les Meulières

Les pierres meulières sont connues de tous pour leur emploi pour la fabrication des meules (centre d'extraction de la Ferté-sous-Jouarre, mais aussi d'autres) et leur emploi dans les ouvrages des chemins de fer au XIX^{ème} siècle et dans les pavillons de banlieue au début du XX^{ème} siècle. Peu de choses restent visibles de ces extractions, quelques excavations dans des bois, mais bien d'autres centres d'extraction on existés, quelque fois en plein champs de culture et ont été "réhabilités" par remblaiement complet des excavations. Seuls les volumes considérables de meulières employées dans les ouvrages et les bâtiments laissent entrevoir l'importance des surfaces exploitées sur des épaisseurs de couches qui restent en moyenne limitées à 2-4 mètres d'épaisseur. Il faut distinguer 2 catégories de matériaux, les matériaux compacts et de caractères techniques particuliers employés pour les meules et les meulières "caverneuses" employées dans les bâtiments et ouvrages. C'est le caractère "caverneux" qui en faisait une pierre particulièrement appréciée dans les bâtiments, il donnait à ces meulières une facilité de taille, une densité faible qui permettait de limiter la taille des soubassements et des structures et leur très bon coefficient d'isolation (pores importants).

Ce sont des coupes sans aucun caractère spectaculaire, embourbées dans de l'argile, où hors les alvéoles, peu de choses sont directement observables sur le terrain. Leur "secret" est révélé par l'étude en lames minces au microscope. Elles ne sont d'ailleurs pas plus spectaculaires en lames minces, minéraux microscopiques, "sales", d'étude fastidieuse !

La sortie a pour but essentiel de visiter une des dernière coupe visible dans le bassin de Paris, la carrière de l'Hermitière à St-Cyr-sur-Morin, sur le flanc Nord de la vallée du Morin. C'est la dernière carrière exploitée pour les meules et qui s'est arrêtée dans les années 50-60.

Historique des travaux

Les meulièrees sont généralement contenues dans des argiles bariolées, ferrugineuses, appelées "Argiles à Meulièrees". Les "Argiles à Meulièrees" ont été citées la première fois dans la littérature géologique par Guettard (1756). La plupart des auteurs ont considéré les Argiles à Meulièrees comme un produit d'altération des calcaires silicifiés. Les seules discussions tournaient autour du fait de savoir si les meulièrees résultaient d'une simple dissolution des calcaires silicifiés (d'où l'aspect caverneux) ou si cette dissolution s'accompagnait d'une altération et d'une transformation des faciès primaires hérités des calcaires (Cuvier & Brongniart, 1808; Dollfus, 1885; Gosselet, 1896; Cayeux, 1929; Alimen, 1936; Cholley, 1943; Prost, 1961). Dollfus (1885) a fait l'hypothèse que l'altération et la silicification des calcaires lacustres étaient liés. Il pensait que les faciès silicifiés du Calcaire de Brie résultaient éventuellement d'une altération tardive et continue du calcaire, résultant de l'infiltration de l'eau de pluie qui dissout le calcaire en tête et précipite de la silice en profondeur. Récemment, Ménillet (1987) a re-examiné cette question et a fait la distinction entre héritage et altération. Nous référons pour l'essentiel à son travail.

Situation géologique

Les Argiles à Meulièrees couvrent les plateaux du Sud du bassin de Paris, plateaux de Brie et de Beauce, et les plateaux découpés du Hurepoix (Fig. 1). Sur le Plateau de Brie la formation des Argiles à Meulièrees est discontinue et est éventuellement absente là où le Calcaire de Brie est à son épaisseur maximum, et en revanche est bien développée quand elle repose sur des faciès plus argileux (Argiles Vertes de Romainville, Calcaire de Champigny, mares du Barthonien, et apparemment autour des buttes résiduelles de Sables de Fontainebleau). Les Argiles à Meulièrees sont généralement plus épaisses et plus "matures" sur les plateaux du Hurepoix que sur le Plateau de Brie (Ménillet, 1987). La raison en serait une plus longue évolution sur les plateaux du Hurepoix que sur le Plateau de Brie dégagé plus récemment par l'érosion.

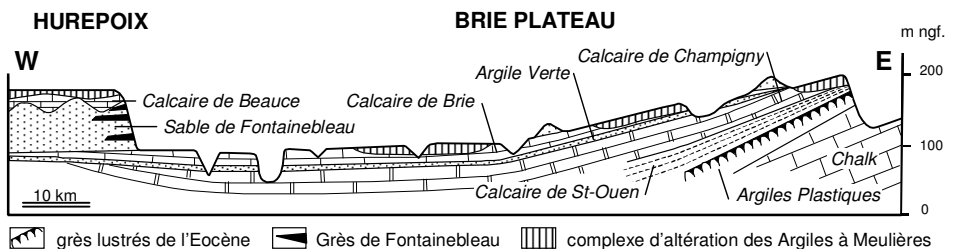


Figure 1 – Coupe géologique montrant la disposition des Argiles à Meulièrees sur les plateaux du Sud du bassin de Paris.

Le profil d'altération

Les Argiles à Meulières sont une formation très hétérogène de 2 à 10 m d'épaisseur, formée de blocs siliceux irréguliers, souvent cellulux, emballés dans une argile sableuse de couleur ocre et rouge avec des traces de décolorations (hydromorphie). Un profil vertical peut être décrit (Fig. 2).

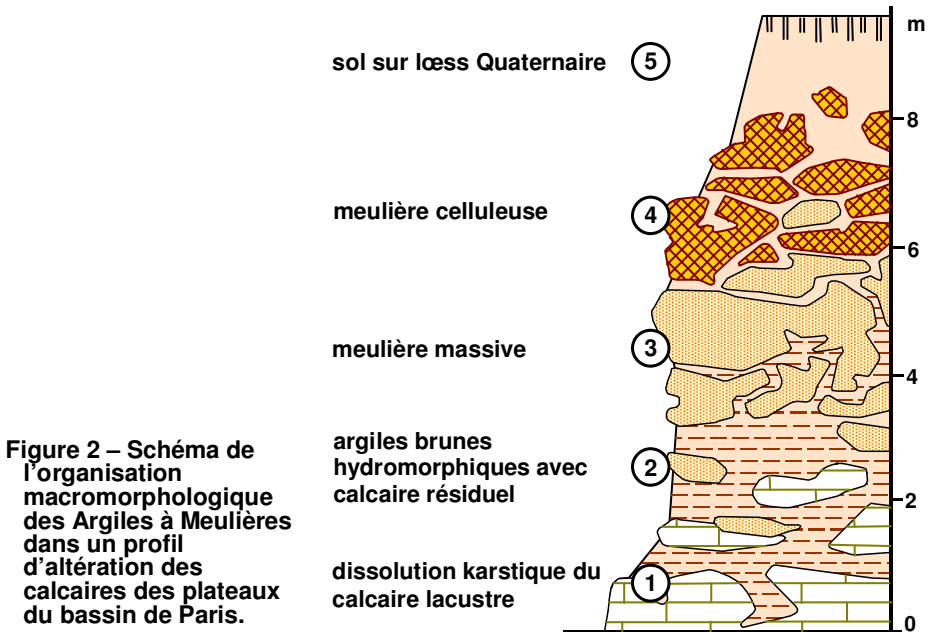


Figure 2 – Schéma de l'organisation macromorphologique des Argiles à Meulières dans un profil d'altération des calcaires des plateaux du bassin de Paris.

- 1)- Les Argiles à Meulières surmontent généralement des calcaires lacustres à nombreuses figures de dissolution micro-karstiques
- 2)- La base des Argiles à Meulière est généralement constituée d'un horizon argileux contenant des morceaux de calcaire résiduel et des masses silicifiées dispersées. Des structures d'effondrement de taille métriques, liées à la dissolution du calcaire sous-jacent, sont fréquentes.
- 3)- La partie inférieure de l'horizon siliceux est formée de masses siliceuses compactes, irrégulières, de 0,5 à 1,0 m d'épaisseur et de plusieurs mètres de diamètre. Elles sont généralement d'aspect terne, peuvent devenir translucides par endroit, un cortex scoriacé entoure les blocs et se développe le long des fractures.
- 4)- La partie supérieure de l'horizon siliceux est formée de masses siliceuses poreuses et celluluses, horizontal. Les masses siliceuses ont 0,5 à 1 m d'allongement à la base et deviennent plus petites vers le sommet.
- 5)- **Généralement les meulières n'affleurent pas à la surface des plateaux et sont couvertes par les loess quaternaires.**

La carrière de l'Hermitière

La carrière de l'Hermitière présente l'aspect typique des Argiles à Meulière, avec faciès massifs à la base et faciès cellulaire et fracturé au sommet, emballés dans de l'argile limoneuse teintée de rouge et d'ocre par les oxydes de fer (Fig. 2). Souvent ces carrières montrent des structures d'effondrement qui correspondent à des dissolutions du calcaire sous-jacent.

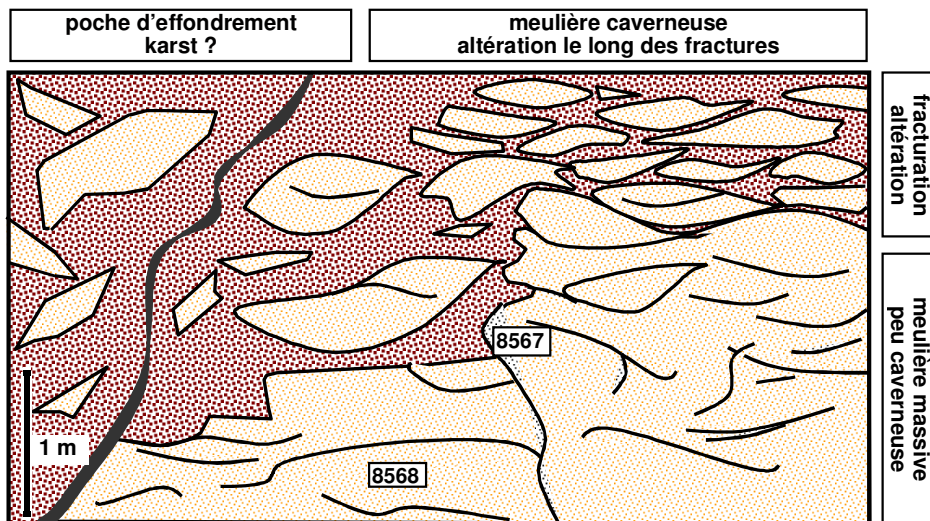


Figure 2 – Front de taille de la carrière de l'Hermitière. Le front taille est typique des Argiles à Meulière, meulière de plus en plus fracturée vers le sommet, prédominance des fractures plates à la base, faciès cellulaire au sommet et le long des fractures.

Les faciès massifs montrent quelque fois des structures d'origine sédimentaires, comme des fossiles silicifiés, des structures noduleuses ou pseudo-bréchiques, etc ... identiques à celles connues dans les calcaires lacustres et qui montrent bien la filiation. Mais d'autres structures sont liées à l'altération du calcaire, en particulier sa dissolution karstique avant qu'intervienne la silicification (Fig. 3).

Les faciès

L'aspect typique des meulières, sa structure cellulaire est bien visible dans cette coupe (Fig. 4). Les vacuoles sont de dimensions centimétriques, très irrégulières, souvent séparées les unes des autres par des cloisons siliceuses très fines (moins de 1 mm d'épaisseur) et de telles cloisons existent aussi au sein des vacuoles elles même. Les vacuoles de la partie supérieure de la coupe et celles le long des fractures sont souvent remplies par des argiles ferrugineuses.

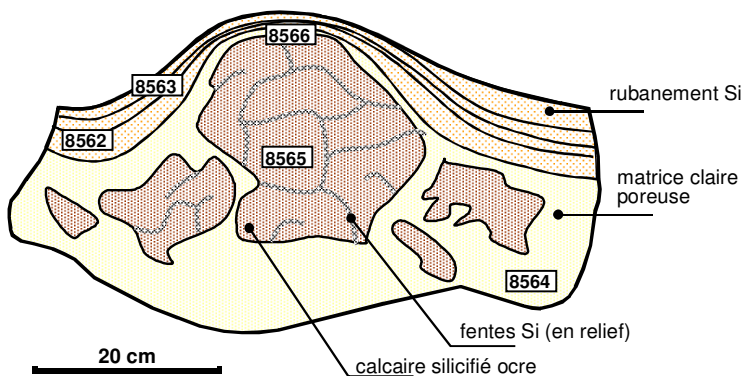


Figure 3 – Détail d'une structure "sédimentaire" reconnaissable dans le faciès de meulière massive de la base de la coupe. La structure rubanée peut être primaire (lors du dépôt du calcaire), ou résulter d'un dépôt de calcaire dans le karst lors de l'altération du calcaire et avant silicification ... ce que confirment les observations en lames minces.

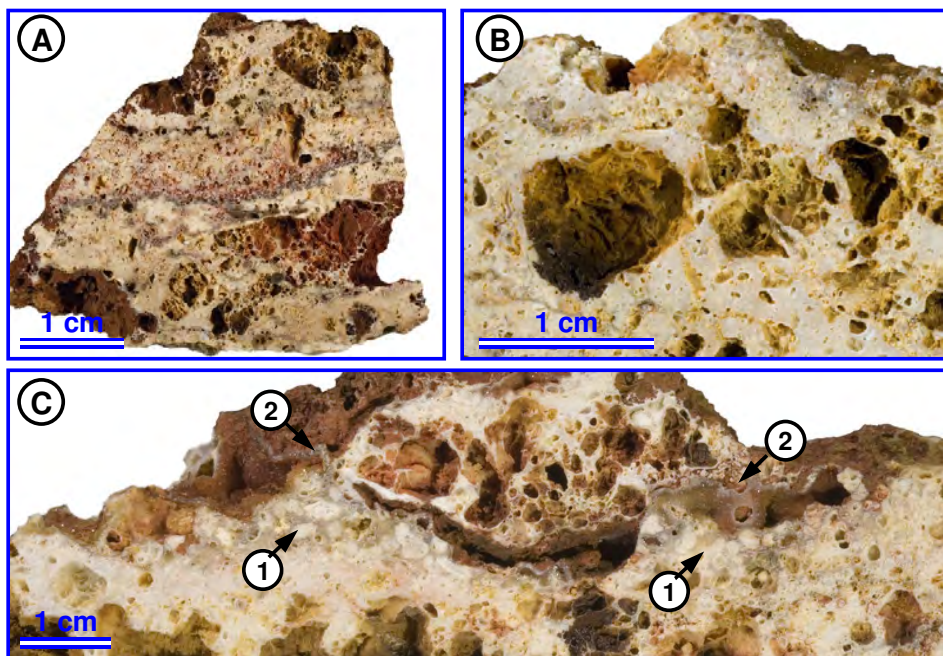


Figure 4 – Aspect cellulaire des meulières. (A) Alternance de faciès cellulaire et plus massifs. (B) Cloisons siliceuses dans les vacuoles. (C) Détail. Noter les structures noduleuses (1) semblables à celle des calcaires lacustres et fente (2) bordée d'une frange de quartz "géodiques" (croissances automorphes vers l'intérieur du vide).

Les aspects pétrographiques

Les meulières montrent une multitude de faciès, depuis les meulières massives jusqu'au meulières "celluleuses", les meulières poreuses, désilicifiées, qui finalement s'effritent en sable grossier. Les matériaux parentaux des meulières sont les calcaires lacustres. Comme les calcaires lacustres ne contiennent que très peu de résidus insolubles, les argiles des Argiles à Meulières sont essentiellement héritées des lœss et des sables de la couverture, ou éventuellement des formations argileuses sous-jacentes.

La matrice

La matrice des meulières est essentiellement constituée de quartz microcristallin très fin (Fig. 5A) et/ou de petits quartz engrenés (Fig. 5B). La granularité des quartz est conditionnée : (1) par le matériel de départ, et permet ainsi de reconnaître les structures calcaires héritées lors de la silicification (nodules de la Fig. 5A) et (2) par la maturation et les recristallisations successives lors de l'évolution du profil, ces recristallisations tendent à former des quartz plus gros et mieux cristallisés (Fig. 5B). Les quartz microcristallins fins donnent la dureté à la meule (de telles matrices usent complètement les scies diamantées lors des coupes) et les matrices à quartz plus grossier confèrent leur tranchant aux meules.

Les vides et traces de vides

Les vides sont très nombreux dans les meulières, mais également dans les calcaires silicifiés hérités. C'est par les vides que se fait la silicification des calcaires. En effet pour silicifier un calcaire il faut importer la silice, le vecteur est l'eau, la silice est très peu soluble, donc il faut que des volumes très grands d'eau percolent les calcaires pour les silicifier. La silicification procède de deux manières : (1) dépôts d'opale, calcédoine et croissance de quartz "géodiques" dans les vides et (2) épigénie (substitution molécule à molécule) du calcaire par la silice avec préservation des structures en bordure des vides. Par création de vides successifs et leur silicification concomitante on finit par silicifier toute la masse calcaire.

Evolution et altération des meulières

Dans la partie supérieure des profils, les îlots calcaires résiduels sont dissous et forment de nouveaux vides. Mais les formes de silice les moins bien cristallisées (opale et quartz microcristallins) sont elles aussi dissoutes pour laisser place à de nouveaux vides. On distingue ainsi : (1) les vides primaires hérités du calcaire silicifié et bordés de quartz palissadique ou "géodiques" (V1 Fig. 5D&E) et (2) les vides secondaires en "arrière" des quartz "géodiques" et sans cristallisation de vides (V2 Fig. 5D&E). Les vides peuvent être illuviés par des argiles finement laminées déposées par les eaux d'infiltration à travers le profil (Fig. 5C). A terme, la silice est de plus en plus altérée et la meulière s'effrite en éléments centimétriques et sableux.

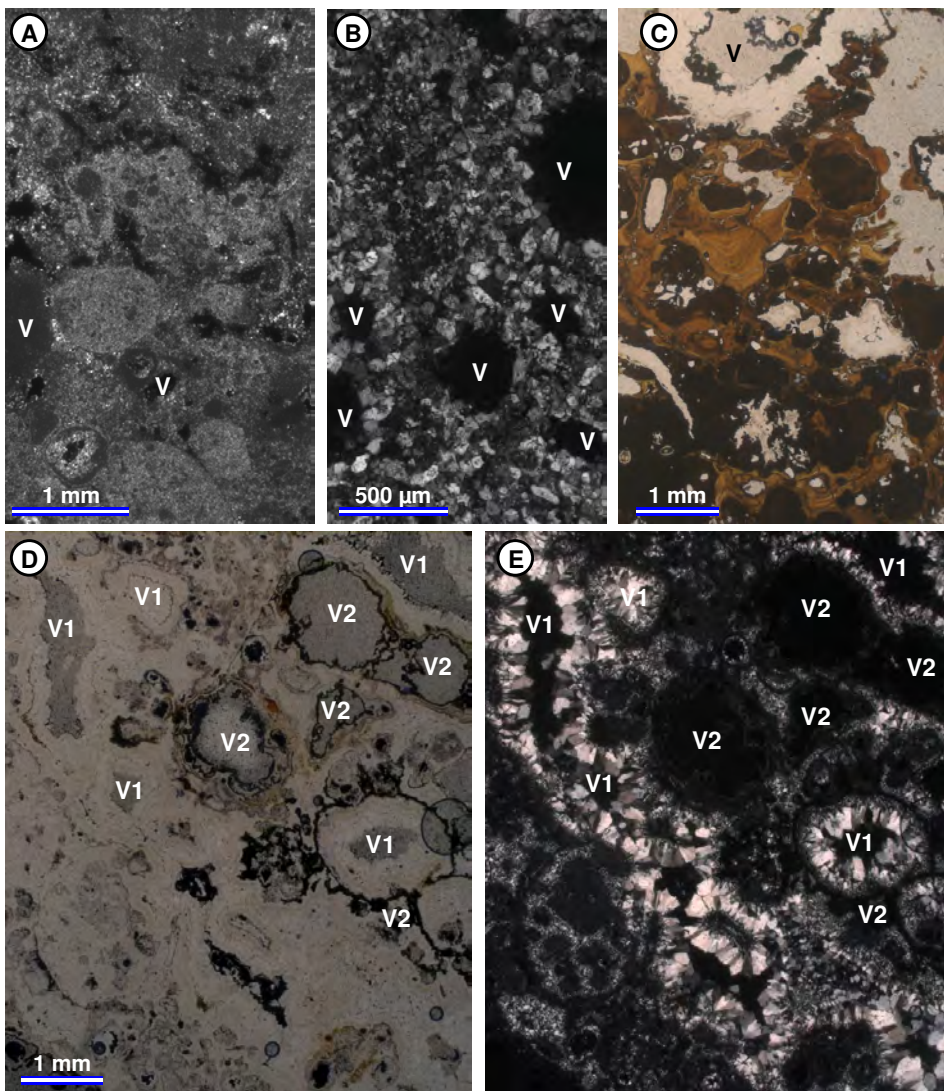


Figure 5 – Pétrographie des meuliers. (A) Faciès à quartz microcristallin très fin où se reconnaissent les structures primaires du calcaire, échant. 8562, lumière analysée. (B) Faciès à petits quartz engrenés, échant. 8564, lumière analysée. (C) Les vacuoles de la meulière sont remplies (illuviées) par des argiles ferrugineuses finement litées et géotropes, échant. 8567, lumière polarisée. (D) Meulière celluleuse, échant. 8568, lumière polarisée. (E) idem, lumière analysée. V=vide, V1=vide primaire entouré de dépôts de silice (quartz palissadiques), V2=vide secondaire par dissolution des îlots calcaires résiduels après silicification des vides V1.

Enchaînement des faciès

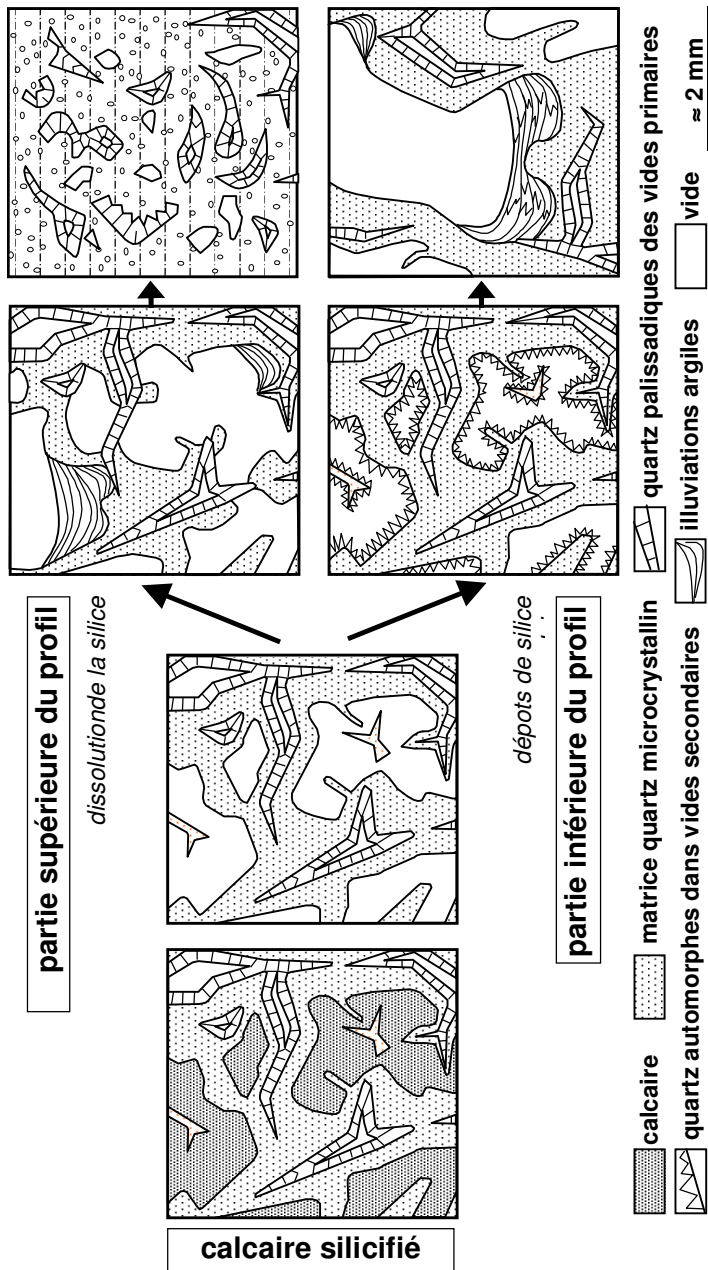


Figure X – Schéma du développement des faciès de meulière. La dissolution des résidus de calcaire (1) donne le faciès meulière celluleuse (2). A partir de là il y a deux chemins d'évolution. Dans la partie inférieure du profil se font des dépôts de silice secondaire à quartz palissadiques (3) et éventuellement silicification de cutanes argileuses (4). Dans la partie supérieure du profil, le réseau de silice hérité des calcaires silicifiés est progressivement dissout et les vides agrandis (5) jusqu'à ce que le réseau s'effondre et devient du sable grossier.

Mécanismes et environnements

Les Argiles à Meulières résultent d'une séquence d'altération, débutant avec un karst rempli de matériaux résiduels et évoluant vers un vrai profil d'altération dans lequel les structures primaires sont détruites. La redistribution de la silice joue un rôle majeur dans le développement des faciès de meulières. Les phases de silice sont progressivement dissoutes vers le sommet du profil en fonction de leur degré de cristallinité. A la fin, les grands cristaux de quartz qui remplissent les vides sont eux-même corrodés dans les horizons supérieurs. Cette séquence est favorisée par l'importance des phases de silice fortement solubles (quartz mal cristallisé et même opale) dans le complexe d'altération hérité des calcaires silicifiés. Ces phases de silice soluble augmentent la teneur en silice des solutions qui percolent le profil.

Une partie de cette silice libérée est précipitée dans les horizons inférieurs. Ce mécanisme est comparable à celui des silcrètes pédogénétiques, qui s'enfoncent aussi progressivement dans les paysages par redistributions successives de la silice. La partie inférieure du profil agit comme une roche mère et un substrat argileux pour la partie supérieure.

Les niveaux argileux à la base retiennent les eaux d'infiltration et favorisent l'accumulation et la redistribution de la silice à la base du profil. Ceci explique éventuellement pourquoi les Argiles à Meulières sont plus épaisses en bordure des formations lacustres où ces dernières sont moins épaisses et plus marneuses (argileuses).

Des climats tempérés avec alternance de saisons humides et sèches, en même temps que des situations géologiques et topographiques particulières, favoriseraient ces processus de meulièrement.

Bibliographie

- Alimen H. (1936) Etude sur le Stampien du Bassin de Paris. *Mém. Soc. géol. France*, **31**, 304 pp.
- Cayeux L. (1929) Les roches sédimentaires de France. Roches siliceuses. *Mém. Carte géol. France*, 774 pp.
- Cholley A. (1943) Surfaces meuliérisées da la région parisienne. *Ann. de Géogr.*, **52/289**, 1-19 (Miocène), 80-97 (Eocène), 161-189 (Pliocène-IV).
- Cuvier G., Brongniart A. (1808) Sur la géographie minéralogique des environs de Paris. *Mém. Acad. Sci. Inst. Fr.*, **11**, 278 pp.
- Dollfus G.F. (1885) Notice sur une nouvelle carte géologique des environs de Paris. *Int. Geol. Congress, Berlin*, 98-220.
- Gosselet J. (1896) Coup d'oeil retrospectif sur la géologie de la France pendant la première moitié du XIX^e siècle: origine des meulières. *Ann. Soc. Géol. Nord*, **25**, 97-104.
- Guettard (1756) Description minéralogique des environs de Paris. *Hist. Acad. Royale Sci., Paris*, 217-258.
- Ménillet F. (1987) *Les meulières du Bassin de Paris (France) et les faciès associés. Rôle des altérations supergènes néogènes à quaternaire ancien dans leur génèse*. Thèse Univ. Louis Pasteur, Strasbourg, 536 pp.
- Prost A. (1961) Nouvelles données sur le marno-calcaire de Brie et sur l'origine de la meuliérisation de cette formation. *C.R. Acad. Sci. Paris*, **253D**, 1977-1979.
- Thiry M. (1999) – Diversity of continental silicification features: Examples from the Cenozoic deposits in the Paris Basin and neighbouring basement. In : Palaeoweathering, palaeosurfaces and related continental deposits (eds. Thiry M. & Simon-Coinçon R.), Spec. Publ. Intern. Ass. Sediment., **27**, p. 87-128.