

Fiches détaillées

La pouzzolane¹

Philippe Rocher
Géologue, BRGM Auvergne



Pouzzolane calibrée

Parmi les roches et minéraux industriels, les ponces et les pouzzolanes sont des matériaux

naturels d'origine volcanique, pyroclastiques, meubles et peu denses, à structure alvéolaire, essentiellement composés de verre volcanique. Ils entrent dans la catégorie des granulats ou agglomérats légers et se différencient les uns des autres par leur composition chimique et leur texture notamment.

Au-delà de la nécessaire classification des produits pyroclastiques en deux grands ensembles, les ponces représentant le pôle "acide" et les pouzzolanes le pôle "basique", il est à noter qu'il existe des formations pyroclastiques aux caractéristiques intermédiaires à tous points de vue. Celles-ci, sous des appellations les plus variées, sont parfois valorisées industriellement dans certains pays.

Qu'est-ce que la pouzzolane au sens français du terme ?

Le terme de pouzzolane provient de Pouzzoles, nom d'une ville italienne de la région de Naples. Il y désigne un matériau volcanique cendreau de composition trachytique, de couleur claire et friable, utilisé pour la fabrication de mortier et de ciment. Cette application en tant que ciment naturel remonte aux constructions romaines de l'Antiquité.

Par extension, tout matériau naturel ou artificiel présentant des propriétés pouzzolaniques peut parfois être qualifié de "pouzzolane".

Au sens français, le terme de pouzzolane est beaucoup plus restrictif et se différencie nettement de son homonyme italien, d'où une certaine ambiguïté quand une comparaison est faite d'un pays à l'autre. Il s'agit d'une roche naturelle correspondant à des projections volcaniques scoriacées, essentiellement stromboliennes et basiques, c'est-à-dire de composition basaltique.

Nous retiendrons cette dernière définition dans la présente fiche. Le terme anglo-saxon équivalent est "scoria".

Origine et formation des gisements

Les pouzzolanes sont des roches pyroclastiques formées de fragments de magma (pyroclastites) projetés dans l'atmosphère lors d'éruptions volcaniques et refroidis au cours de leur parcours aérien.

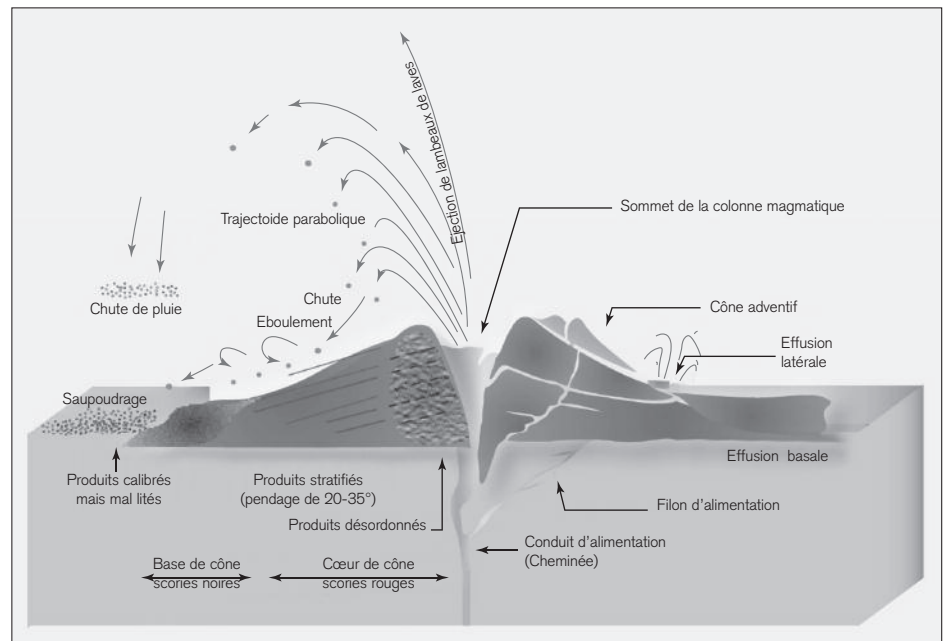
La vitesse de refroidissement relativement importante, qui applique un effet de trempe au magma, explique que le verre volcanique (matière amorphe, non cristallisée) soit un des composants majeurs des matériaux pouzzolaniques. Les autres constituants sont les minéraux magmatiques (feldspaths, pyroxènes, olivine, amphibole, oxydes de fer...) et les xénolites, roches étrangères au milieu car arrachées aux formations géologiques antérieures au volcanisme.

Les éléments constitutifs présentent une texture scoriacée, vacuolaire. D'après leur taille, on distingue les cendres (< 2 mm) des lapilli (2 à 64 mm) et des blocs ou des bombes (> 64 mm). Leur couleur est généralement noire ou rouge (rouge brique à brun foncé) selon le degré d'oxydation du fer.

Le magma générateur de ces produits est une masse en fusion qui contient en proportion notable des gaz dissous du fait de la pression. Le jeu des failles et des fissures permet dans un premier temps au magma de se vésiculer : il se produit une détente des gaz, qui se traduit par la formation de bulles. Dans un deuxième temps, ce jeu contribue à l'ascension vers la surface du magma, au sein duquel s'individualisent les gaz et la lave. La lave est expulsée en surface sous la forme de coulées ou de projections. Le dynamisme à l'origine de la formation des matériaux pouzzolaniques, faiblement explosif, est souvent qualifié de "strombolien". Il permet l'édification, sur une aire réduite autour du point d'émission, d'un cône de projections scoriacées comprenant un cratère sommital. Ces édifices volcaniques quaternaires, peu érodés, présentent des morphologies typiques. En France métropolitaine, la Chaîne des Puys en Auvergne en est le meilleur exemple.

Malgré le rôle joué par différents facteurs (phénomènes volcaniques, mouvements gravitaires...) précédant, accompagnant ou suivant une éruption volcanique de type strombolien, il existe une organisation spatiale des dépôts au sein d'un même édifice. C'est ainsi qu'on identifie, dans les cas typiques, les faciès "cœur de cône", "base de cône" et de "saupoudrage" par leurs caractéristiques macroscopiques. Compte tenu de leur granulométrie homogène, de leur faible consolidation et de leur puissance moyenne à forte, les faciès "cœur de cône extérieur" et "bas de cône" sont les plus intéressants à valoriser.

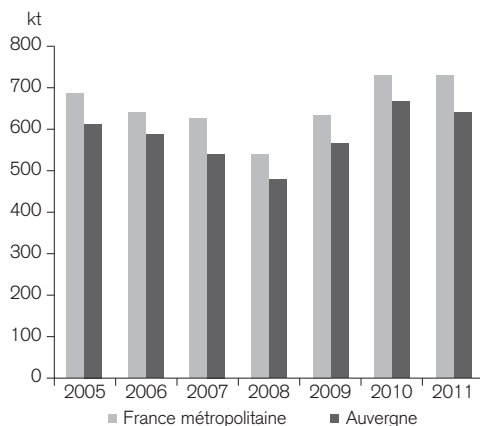
Coupe schématique d'un cône strombolien (BRGM, 2004, modifié d'après De Goër de Hervé A.)



Le verre volcanique étant un composant thermodynamiquement instable, et donc plus facilement sensible à l'altération supergène qui conduit à la formation de minéraux argileux notamment, les gisements se situent dans des zones volcaniques d'âge récent, c'est-à-dire quaternaire, où les matériaux pouzzolaniques ont conservé leurs caractéristiques chimiques et physiques initiales.

Gisements français et production nationale

Production de pouzzolane en France métropolitaine et en Auvergne de 2005 à 2011 (source : UNICEM)



Les gisements français de pouzzolane actuellement exploités s'inscrivent dans sept provinces volcaniques différentes d'âge récent, pliocène supérieur et le plus souvent quaternaire, situées dans les régions Auvergne, Rhône-Alpes et Languedoc-Roussillon : la Chaîne des Puys, le Mont-Dore/Sancy, le Cézallier, le Devès, le bassin du Puy-en-Velay, l'Ardèche et le Bas-Languedoc. Les édifices volcaniques exploités sont tous des cônes stromboliens.

Les gisements du département du Puy-de-Dôme (Chaîne des Puys, Mont-Dore/Sancy et Cézallier), tous situés à l'intérieur du Parc Naturel Régional des Volcans d'Auvergne, voire au sein d'un site classé, sont, pour des questions de protection de l'environnement, très strictement contrôlés.

Des exploitations sont également en activité dans les départements d'outre-mer de la Guadeloupe et de la Réunion.

Les réserves françaises en matériaux pouzzolaniques, qui sont importantes, n'ont pas été globalement quantifiées. Les seules estimations disponibles font état de 700 Mt pour la seule Chaîne des Puys. Leur accès est toutefois très limité du fait des contraintes environnementales.

La production française est assurée en métropole par les départements du Puy-de-Dôme et de la Haute-Loire (région Auvergne), de l'Ardèche (région Rhône-Alpes) et de l'Hérault (région Languedoc-Roussillon).

La production nationale métropolitaine, qui s'élevait à 734 500 t en 2011, est essentiellement réalisée en région Auvergne, à hauteur d'environ 90 % sur la période 2005-2011.

Extraction et traitement

L'extraction de la pouzzolane en carrière se fait au moyen de pelles mécaniques ou au boteur. Le matériau brut, toutes granulométries confondues, est ensuite acheminé à l'usine de traitement, où il subit une série d'opérations de criblage (dont le pré-criblage des gros blocs), concassage et broyage.

Pour des applications spécifiques, qui nécessitent une humidité très réduite des matériaux et l'absence de fines, les matériaux pouzzolaniques sont soumis à un séchage et à un dépolvissage.

L'élaboration des produits pouzzolaniques pose quelques problèmes particuliers :

- leur teneur élevée en eau naturelle (10 à 15 % dans les sables 0/3 mm broyés) occasionne un colmatage des toiles criblantes ;
- leur abrasivité conduit à une usure importante des appareils de réduction.



Carrière de pouzzolane du Mont Denise près du Puy-en-Velay (43) - [Photo P. Rocher]

Propriétés physiques et chimiques

La pouzzolanité, ou effet pouzzolanique, se définit comme la capacité qu'ont les matériaux, à température ambiante et en présence d'eau, de fixer l'oxyde de calcium (chaux) pour donner des composés stables possédant les propriétés hydrauliques du ciment.

Ces matériaux peuvent être naturels, comme c'est le cas des pouzzolanes, ou artificiels (cendres volantes, laitiers, gaizes des Ardennes...).

Trois paramètres principaux conditionnent la réactivité des matériaux : leur composition chimique (silice, alumine, chaux), leur degré de vitrosité (les éléments vitreux sont immédiatement disponibles lors de la solubilisation) et leur finesse (améliorée par broyage). L'activité pouzzolanique dépend à court terme de la surface spécifique du matériau, et elle est à long terme en étroite corrélation avec sa teneur en silice et alumine "réactive", c'est-à-dire sa fraction vitreuse.

Les autres propriétés de la pouzzolane qui induisent des applications spécifiques sont les suivantes :

- La densité varie en fonction de la granulométrie (les éléments les plus fins sont les plus denses) et de l'hygrométrie ambiante. A l'état brut, ces matériaux présentent une densité supérieure à 1, exception faite des granulométries grossières (au-delà de 10/20 mm) ;
- La porosité, qui varie volumétriquement de 30 à 60 % selon les granulométries, est très grossière (vacuoles >100 µm) et fermée ;
- La structure alvéolaire des pouzzolanes et leur porosité qui en découle confèrent à ces matériaux une capacité d'absorption d'eau (20 à 30 % de leur poids sec) et d'isolation thermique et/ou phonique ;
- En ce qui concerne leur comportement thermique, la pouzzolane a une température moyenne de fusion de 1 140 °C et présente une mauvaise conductibilité thermique.

Principales applications industrielles

Les pouzzolanes sont des granulats légers utilisés dans différents secteurs industriels du fait de leurs propriétés liées à leur composition essentiellement vitreuse, leur faible densité et leur forte porosité que leur confère leur structure alvéolaire.

Les principaux usages sont les suivants :

- Viabilité : construction des assises et structuration des chaussées, constitution de drains et de remblais, sablage hivernal des chaussées, recouvrement de câblages et de canalisations souterrains ; graves pouzzolane chaux ; ornementation et décoration ;
- Bâtiment : fabrication de bétons légers, caverneux ou pleins, de blocs légers (parpaings), moellons, agglomérés, buses, éléments préfabriqués, murs et cloisons, planchers, toitures et terrasses, bordures de trottoirs et pavés autobloquants ; constitution de couches sous dalle et sous carrelage, remplissage de planchers et plafonds, bétons de pouzzolane, bétons réfractaires à base de pouzzolanes servant à la fabrication de boisseaux (conduits) et avaloirs de cheminées, adjuvants dans les bétons de masse ;
- Agriculture : drainage, amendement des sols et substrats de cultures ;
- Assainissement : systèmes de filtres d'eau potable (filtres bi-couches), plateaux absorbants et lits bactériens des stations d'épuration, filtres de fosses septiques, traitement biologique des eaux usées ;
- Sols sportifs : sols gazonnés ou stabilisés (couche de fondation drainante, couche intermédiaire, couche de surface ou chape), remplissage des fentes de drainage ; terrains de tennis, de football, de golf ; pistes d'athlétisme, hippodromes et autres plateaux d'évolution.

En dehors de ces domaines d'utilisation traditionnels, les matériaux pouzzolaniques font l'objet d'études en recherche et développement, par exemple dans le domaine des charges minérales.

Références bibliographiques

BRGM et CETE (1980) - Étude des réserves en matériaux pouzzolaniques à la périphérie nord-est de la Chaîne des Puys. Rapport BRGM 80 SGN 168 AUV et CETE PD 78/316, 103 p. + cartes h.t.

Dron R. (1975) - Les pouzzolanes et la pouzzolanité. Revue des Matériaux de Construction, n° 692, janvier-février 1975, p. 27-30.

Forum chantiers (2008) - Les "Pouzzolanes des Dômes". FDC, juin-juillet 2008, 3 p.

Fournier M. et Geoffroy J.-M. (1978) - Le liant pouzzolane-chaux. Bull. Liaison Labo. P. et Ch., n° 93, janvier-février 1978, p. 70-77.

Industrial minerals (1990) - Pumice and scoria. Geology and World Deposits, p. 217-219.

Moinereau J. et Herrmann P. (1981) - Substrats minéraux pour cultures hors sol : pouzzolane et tuf volcanique. Compte rendu de l'action thématique programmée "Culture hors sol" de l'INRA, ENSA de Montpellier, 29 p.

Rocher Ph. (1992) - Mémento roches et minéraux industriels. Ponces et pouzzolanes. Rapport BRGM R 36447, 45 p.

SNPP et Drire (1988) - La pouzzolane : l'avenir en projection. Plaquette d'information, Syndicat National des Producteurs de Pouzzolane et DRIRE Auvergne, 9 p.

Vernières R. (2008) - La pouzzolane, roche à tout faire ? Mines et carrières, revue de la Sim, septembre 2008, 5 p.