

5°. que, quelle qu'ait été la destination des lames de silex trouvées en 1822, il y a lieu de présumer qu'elles ont été façonnées suivant un procédé analogue à celui qu'on suit aujourd'hui dans les fabriques de pierres à fusil.

Il ajoute que dernièrement auprès d'Abbeville (où l'on a rencontré quelquefois, dans les champs, des haches et des casse-têtes antiques en silex, et où il n'y a jamais eu de fabriques de pierres à fusil), on a trouvé un fragment de silex dont la configuration a les plus grands rapports avec celle des couteaux trouvés auprès de Douay. Ce fragment, que M. Baillet a mis sous les yeux de la Société Philomatique, a une forme conoïdale; sa longueur est de 12 centimètres; sa base a 6 centimètres de diamètre; sa surface convexe est couverte de cannelures creuses, qui sont courbées suivant leur longueur, qui diminuent de largeur depuis la base jusqu'au sommet du conoïde, qui toutes présentent près de cette base une petite cavité de même forme que le renflement dont il a été parlé ci-dessus, et d'où enfin il paraît évidemment qu'on a autrefois détaché de semblables couteaux.

(Extrait du nouveau Bulletin des Sciences, par la Société Philomatique.)

---

## NOTE

### *Sur la fabrication des pouzzolanes, ou trass factices ;*

Par M. le général TREUSSART.

M. Raucourt, ingénieur des ponts et chaussées, a publié à Saint-Petersbourg, en 1822, un ouvrage sur les mortiers. Dans le chapitre 23, l'auteur a annoncé que le contact de l'air était nécessaire pour transformer par la calcination les argiles en bonnes pouzzolanes factices; il pense également que le contact de l'air est nécessaire pour la fabrication des chaux hydrauliques artificielles, provenant de chaux grasses chauffées avec une petite quantité d'argile; enfin, il pense que la magnésie et tous les oxides métalliques convenablement préparés par le feu peuvent former avec la chaux des combinaisons susceptibles de durcir dans l'eau.

Les expériences que j'ai faites sur les mortiers hydrauliques, et qui se trouvent dans le septième numéro du *Mémorial de l'officier du Génie*, ont fait voir que les oxides de fer et de manganèse ainsi que la magnésie ne donnaient à la chaux aucune propriété hydraulique, et jusqu'ici on n'a trouvé aucun oxide métallique qui puisse communiquer cette propriété.

M. Raucourt rapporte plusieurs expériences qui paraissent prouver qu'en faisant chauffer des chaux communes avec une petite quantité d'argile en contact avec l'air pour faire des chaux hydrauliques factices, le durcissement de ces chaux hydrauliques est plus prompt que lorsqu'on les chauffe sans le contact de l'air; mais cet

ingénieur n'a point examiné si la résistance des mortiers était plus grande.

M. Raucourt n'a rapporté aucune expérience pour prouver l'influence de l'air dans la fabrication des pouzzolanes artificielles; mais toutes celles que j'ai faites depuis 1820 sur cette fabrication m'ont présenté des anomalies que je n'ai pu expliquer que par l'influence de l'air atmosphérique. Je crois utile de les faire connaître, attendu qu'elles prouvent que l'air a en effet une grande influence sur la fabrication des pouzzolanes artificielles.

J'ai pris de l'argile qu'on fait venir des environs de Francfort à Strasbourg pour en faire de l'alun; cette terre, d'après l'analyse qui en a été faite par M. Berthier, ingénieur en chef des mines, contient les substances suivantes :

Silice.....	0,500,
Alumine.....	0,327,
Magnésie....	0,015,
Oxide de fer..	trace,
Eau.....	0,160.

Sa couleur est noire; mais, en la chauffant, elle passe successivement par diverses teintes de bleu pour arriver ensuite à une couleur blanche lorsqu'elle a été fortement calcinée; j'ai pris des morceaux de cette terre de la forme et de la grosseur d'une brique moyenne, je les ai fait chauffer dans le four à alun, où les terres sont calcinées en contact avec l'air atmosphérique, et j'ai fait chauffer des mêmes terres dans un four à chaux, où la calcination a lieu sans que le contact de l'air soit à beaucoup près aussi grand, attendu que pour concentrer la chaleur on ferme la partie supérieure du four par des décombres, de manière à ne laisser passer que la

quantité d'air nécessaire pour entretenir la combustion; j'ai répété cette opération plusieurs fois, et j'ai pris dans les deux fours les morceaux qui me paraissaient, d'après leur couleur, avoir éprouvé le même degré de calcination. J'ai fait des mortiers, en prenant une partie de chaux commune et deux parties de ces argiles calcinées réduites en poudre; en examinant les expériences que j'ai faites depuis 1820, j'ai reconnu que les mortiers qui ont été faits avec les argiles de Francfort calcinées dans le four à alun où elles étaient en contact avec un courant d'air, ont durci dans l'espace de deux à trois jours, et ont supporté, au bout d'un an d'immersion dans l'eau, des poids de 192 à 263 kilogrammes avant de se rompre; tandis que ceux qui ont été faits avec les mêmes argiles calcinées dans le four à chaux, n'ont durci qu'au bout de trente jours et se sont rompus sous les faibles poids de 20 à 25 kilogrammes. Il y a même un de ces mortiers qui au bout d'un an d'immersion dans l'eau était encore très-mou; j'ai ensuite fait l'expérience suivante avec une autre argile.

J'ai pris de l'argile de Holzheim près Strasbourg: cette terre ne contient point de chaux, et elle renferme une assez grande quantité de fer; en la chauffant, on peut juger facilement du degré de calcination qu'elle a éprouvé par sa couleur, qui varie suivant qu'on l'a plus ou moins chauffée. J'ai formé deux briques de cette terre: l'une était sans addition d'aucune substance, et l'autre était mélangée avec  $\frac{25}{100}$  de chaux; j'ai ensuite fait calciner ces deux briques dans le four à chaux, en les plaçant avec les briques ordinaires et dans l'endroit où il m'a paru

qu'elles seraient le moins en contact avec l'air. J'ai ensuite pris un grand creuset de Hesse, au fond duquel j'ai fait un trou, et j'y ai placé de l'argile de Holzheim sans aucun mélange et de la même argile mélangée comme ci-dessus avec  $\frac{2}{100}$  de chaux; les morceaux de cette argile étaient de la grosseur d'une noix et n'étaient point comprimés; j'ai séparé par une ardoise percée de trous l'argile qui contenait de la chaux de celle qui n'en contenait point: j'ai alors mis ce creuset dans un fourneau à réverbère, en plaçant le trou entre deux des barreaux du cendrier; j'ai ensuite entouré le creuset avec du charbon, et j'ai poussé le feu de manière à tenir les morceaux d'argile à un rouge cerise: on voit qu'au moyen des précautions indiquées ci-dessus, il s'est nécessairement établi un grand courant d'air dans le creuset, et que tous les morceaux d'argile ont nécessairement été calcinés au milieu de ce courant. Au bout de six heures, j'ai reconnu que cette argile avait la même couleur que celle qui avait été calcinée au four à chaux; j'ai alors cessé le feu, et après le refroidissement j'ai réduit en poudre ces morceaux d'argile calcinés et les deux briques qui avaient été chauffées au four à chaux; j'ai fait ensuite quatre caisses de mortiers, en prenant une partie de chaux commune en pâte et deux parties de ciment dont je viens de parler; j'ai mis ces mortiers dans l'eau: ils ne sont point encore rompus; mais voici le résultat que j'ai obtenu quant au durcissement.

Le mortier fait avec le ciment d'argile chauffée au four à chaux sans aucun mélange, n'a durci qu'au bout de trente jours; celui qui a été fait avec la même argile mélangée avec  $\frac{2}{100}$  de chaux,

et chauffé dans le même endroit, a durci au bout de dix-sept jours.

Le mortier fait avec la même argile, chauffée sans aucun mélange, pendant six heures, dans le creuset, au milieu d'un courant d'air, a durci dans l'espace de cinq jours au lieu de trente qu'il a fallu dans le premier cas; enfin, le mortier fait avec la même argile mélangée de  $\frac{2}{100}$  de chaux et chauffée de la même manière, a durci dans l'espace de trois jours au lieu de dix-sept qu'il avait fallu dans le cas du mélange calciné au four à chaux sans courant d'air.

Il me paraît probable que si au lieu de chauffer aussi fortement pendant si peu de temps, j'avais chauffé moins fort et plus long-temps pour amener les argiles qui étaient dans le creuset au même degré de calcination que celles qui avaient été dans le four à chaux, j'aurais obtenu un durcissement encore plus prompt, attendu que les argiles se seraient trouvées pendant plus long-temps en contact avec l'air. Je me proposais de répéter ces expériences en faisant calciner diverses argiles à un courant d'air pendant divers laps de temps: d'abord sans y rien ajouter, ensuite en les mélangeant avec différentes quantités de chaux; mais mon changement de résidence m'a fait ajourner ces expériences. Il est difficile de prévoir tout l'avantage que l'on pourra tirer des argiles calcinées pendant long-temps dans un courant d'air atmosphérique.

L'argile de Francfort, dont j'ai parlé ci-dessus, contenant beaucoup de débris de végétaux, j'avais d'abord pensé qu'ils pouvaient produire des alcalis par la calcination, et j'avais fait les deux expériences qui sont rapportées sous les numéros 42 et 43 du *Mémorial*, en calcinant des ar-

giles avec un peu de lessive de cendres. On a vu que je n'avais obtenu qu'une légère augmentation dans la résistance des mortiers, et le durcissement a été lent. Depuis cette époque, j'ai fait calciner de l'argile de Holzheim avec diverses quantités de soude et de potasse ; les mortiers qui ont été faits avec ces cimens ne sont point encore rompus ; mais le durcissement a été de plus de quinze jours : j'ai aussi fait plusieurs expériences en mélangeant la même argile avec diverses proportions de magnésie, attendu que l'argile de Francfort en contient ; mais le durcissement a été encore plus lent. Enfin, la silice qu'on ferait calciner de la même manière ne fait point avec la chaux commune des mortiers qui durcissent dans l'eau.

D'après les expériences ci-dessus, j'ai dû conclure que l'air avait une grande influence sur la calcination des argiles. M. Raucourt paraît avoir eu la même idée, mais il ne cite aucune expérience, et s'il dit, page 130 de son ouvrage : « que le contact de l'air est nécessaire pour modifier de la manière la plus favorable les oxides » que contiennent les terres, afin qu'ils puissent former, avec les chaux, de bonnes combinaisons hydrauliques », d'un autre côté, il dit, page 161 : « que l'oxigène est sans action sur les oxides terreux : d'où l'on conclut que ce gaz n'a point d'influence sur les propriétés hydrauliques des chaux. »

La terre de Francfort avec laquelle j'ai fait les expériences ci-dessus, ne contient ni fer ni chaux, et cependant, en la calcinant à un courant d'air, j'ai obtenu un durcissement dix fois plus prompt et une résistance dix fois plus grande que lorsque la calcination a eu lieu sans

un grand contact avec l'air : j'ai fait voir que la silice et la magnésie exerçaient une faible action lorsqu'on les ajoutait aux terres qu'on voulait calciner ; j'ai donc été porté à conclure que toute cette action s'exerçait sur l'alumine ; j'ai pensé qu'à une température élevée, cette substance pourrait absorber de l'oxigène, et que, dans cet état, elle était plus susceptible de se combiner, par la voie humide, avec la chaux, pour former des mortiers hydrauliques.

Pour vérifier mes conjectures à cet égard, j'ai fait calciner de l'alumine à un courant d'air et au four à chaux ; je l'ai réduite ensuite en poudre, et je l'ai mélangée avec de la chaux provenant d'un marbre blanc. Le mortier fait avec l'alumine calcinée à un courant d'air a durci beaucoup plus vite qu'avec celle qui a été calcinée au four à chaux : d'un autre côté, j'ai été à même d'observer que, dans le premier cas, l'alumine se dissolvait plus facilement dans l'acide sulfurique que lorsque la calcination avait lieu sans le contact de l'air. Je suis donc porté à penser qu'à une température élevée l'alumine contenue dans les argiles absorbe de l'oxigène ; ce qui rend les cimens qui en proviennent plus propres à se combiner avec les chaux communes par la voie humide (1).

(1) Toutes nos places du Nord, qui sont construites en briques, éprouvent des écorchemens considérables en très-peu de temps. Il serait possible que cet effet fût dû en partie à ce que la calcination des briques a lieu ordinairement sans un grand contact avec l'air. D'après les faits qui sont exposés ci-dessus, il y a évidemment une grande différence entre de l'argile calcinée avec ou sans le contact de l'air ; je serais porté à croire que si l'on faisait calciner les briques sans fermer la partie supérieure des fours autant qu'on le fait (ainsi qu'il me paraît que cela avait lieu autre-

Les expériences faites avec l'argile de Holzheim font voir que la chaux hâte le durcissement, soit que la calcination ait lieu avec ou sans le contact de l'air : cela me ferait soupçonner que dans la calcination qui a lieu sans le contact de l'air, la chaux cède une partie de son oxygène à l'alumine.

La bonté de la cendrée de Tournai me paraît tenir à ce que la houille qu'on emploie dans la cuisson de la chaux contient une assez grande quantité d'argile qui se trouve calcinée dans un grand courant d'air pendant la combustion. On aurait donc suivi à Tournai, depuis long-temps et sans s'en douter, le meilleur procédé pour fabriquer de la pouzzolane factice.

D'après ce qui a été exposé ci-dessus, je proposerai, lorsqu'on voudra faire des pouzzolanes factices, de prendre des argiles qui soient grasses au toucher et qui contiennent un peu de chaux ; on en fera des briques de moyennes dimensions, que l'on fera calciner dans un four à réverbère, construit de manière à ce qu'elles soient pendant tout le temps de la calcination en contact avec un courant d'air. Dans les pays où l'on fait de la brique, on pourra éviter la construction de ce four en faisant calciner l'argile dans les fours ordinaires, et en ayant soin de ne pas fermer la partie supérieure du four, afin d'introduire pendant la durée de la cuisson un courant d'air entre toutes les briques. Avant de faire l'opération en grand, il sera convenable de faire chauffer pendant divers laps de temps, dans un petit fourneau à ré-

fois lorsque le combustible était moins rare), elles seraient plus propres à résister à l'action de l'air; elles éprouvent actuellement une espèce de décomposition qui n'aurait peut-être plus lieu : c'est un essai qu'on pourrait faire.

verbère, une petite portion de l'argile que l'on veut employer, afin de reconnaître le degré de calcination qui est le plus convenable. On réduira en poudre très-fine les argiles calcinées à divers degrés, et on en fera des mortiers en employant une partie de chaux commune mesurée en pâte, contre deux parties ou deux parties et demie de ces cimens. On mettra ces mortiers dans des verres, et on les plongera dans l'eau après leur avoir laissé prendre à l'air une demi-consistance pendant dix ou douze heures. Si au bout de trois ou quatre jours, le durcissement est tel qu'en pressant fortement le mortier avec le pouce on n'y fait aucune impression (ainsi que cela a lieu avec la pouzzolane et le trass naturels), on peut être certain que l'on a une véritable pouzzolane factice.

Dans la fabrication en grand on doit chercher à atteindre le degré de calcination du ciment qui fait durcir la chaux commune le plus promptement possible. Ce degré sera facile à reconnaître par la couleur que prend le ciment lorsque l'argile qu'on a employée contient du fer, ainsi que cela a lieu presque toujours.

Un grand nombre d'expériences m'ont fait connaître que lorsque les mortiers faits avec de la chaux commune et de la pouzzolane factice durcissent promptement, ils présentent toujours une grande résistance. Il est à observer qu'on se sert souvent pour les mortiers, à l'air, de cimens qui n'y produisent aucune amélioration et qui coûtent cependant fort cher. L'expérience m'a fait connaître, à cet égard, que tous les cimens qui n'avaient pas la propriété de faire durcir les chaux communes dans l'eau ne produisent pas

plus d'effet dans les mortiers à l'air que si on n'y mettait que du sable ; tandis que ceux qui faisaient durcir promptement les chaux communes dans l'eau produisaient aussi à l'air d'excellens mortiers. Avant d'employer aucun ciment pour les mortiers qui doivent être exposés à l'air, on doit donc s'assurer, par le moyen que je viens d'indiquer, s'il fait durcir promptement les chaux communes dans l'eau : ces sortes de cimens sont de véritables pouzzolanes factices ; on pourra les appeler des *cimens hydrauliques*.

Dans les pays où l'on trouve des chaux hydrauliques naturelles, on doit, ainsi que je l'ai dit dans le *Mémorial*, les employer de préférence aux chaux communes, soit pour les constructions dans l'eau, soit pour celles à l'air. Pour les constructions importantes, il sera toujours prudent de mêler un peu de ciment hydraulique avec le mortier. Quant aux pays où l'on ne rencontre point de chaux hydrauliques naturelles, la suite de mes expériences me fait persister à croire qu'au lieu d'en faire artificiellement, il est préférable, tant sous le rapport de l'économie que sous celui de la résistance des mortiers, de faire directement du mortier hydraulique en employant de la chaux commune, du sable et du ciment hydraulique. A Strasbourg, une partie de chaux commune mesurée en pâte, une partie et demie de sable et une partie et demie de ciment hydraulique m'ont donné un très-bon mortier, soit pour les constructions dans l'eau soit pour celles à l'air.

## NOTICE

### *Sur un gisement de calamine dans les environs de Philippeville, province de Namur ;*

Par M. BOUESNEL, Ingénieur en chef des Mines du Royaume des Pays-Bas.

Aux environs de Philippeville, on est par-tout dans le terrain de transition qui constitue la plus grande partie du sol de la province de Namur. Il y existe beaucoup de mines métalliques, mais dont malheureusement on n'a encore reconnu aucune qui fût exploitable. La ville est assise sur un plateau composé de roches de schistes argileux et de grès (grauwackes), auxquels succèdent, vers le sud, des bancs de pierre calcaire. Plus loin, paraissent de nouveau les schistes argileux et les grès ; après encore, la pierre calcaire ; puis la formation distinguée particulièrement sous le nom de terrain ardoisier.

C'est dans le calcaire bleu, près du village de Sautour, que gît la pierre calaminaire ; elle forme la masse d'un filon d'une grande épaisseur, et qui paraît avoir une étendue considérable en direction : du moins tout annonce qu'un grand nombre de cavités que l'on aperçoit de distance en distance à la superficie, dans le sens de cette direction, proviennent de fouilles faites anciennement pour se procurer du minerai. La masse est souvent mouchetée de galène à grandes facettes. Comme la partie du filon dont la tête est apparente est placée sur un coteau, l'exploitation pourrait s'en faire pendant long-temps à ciel ouvert, et plus tard, s'il était susceptible d'une