

# Revue archéologique

Source [gallica.bnf.fr](http://gallica.bnf.fr) / Bibliothèque nationale de France

Société française d'archéologie classique. Revue archéologique. 1844.

1/ Les contenus accessibles sur le site Gallica sont pour la plupart des reproductions numériques d'oeuvres tombées dans le domaine public provenant des collections de la BnF. Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n°78-753 du 17 juillet 1978 :

\*La réutilisation non commerciale de ces contenus est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur et notamment du maintien de la mention de source.

\*La réutilisation commerciale de ces contenus est payante et fait l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service.

Cliquer [ici](#) pour accéder aux tarifs et à la licence

2/ Les contenus de Gallica sont la propriété de la BnF au sens de l'article L.2112-1 du code général de la propriété des personnes publiques.

3/ Quelques contenus sont soumis à un régime de réutilisation particulier. Il s'agit :

\*des reproductions de documents protégés par un droit d'auteur appartenant à un tiers. Ces documents ne peuvent être réutilisés, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.

\*des reproductions de documents conservés dans les bibliothèques ou autres institutions partenaires. Ceux-ci sont signalés par la mention Source gallica.BnF.fr / Bibliothèque municipale de ... (ou autre partenaire). L'utilisateur est invité à s'informer auprès de ces bibliothèques de leurs conditions de réutilisation.

4/ Gallica constitue une base de données, dont la BnF est le producteur, protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle.

5/ Les présentes conditions d'utilisation des contenus de Gallica sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

6/ L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur, notamment en matière de propriété intellectuelle. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment passible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

7/ Pour obtenir un document de Gallica en haute définition, contacter [reutilisation@bnf.fr](mailto:reutilisation@bnf.fr).

---

---

EXAMEN MINÉRALOGIQUE ET CHIMIQUE

DE

MATÉRIAUX

PROVENANT DE QUELQUES

FORTS VITRIFIÉS DE LA FRANCE

CONCLUSIONS QUI EN RÉSULTENT

---

On connaît sous le nom de *forts vitrifiés* des enceintes ou de simples débris de murs, dont les matériaux ont été soudés à l'aide du feu, et qui se présentent dans diverses contrées. Ils reposent ordinairement sur des terrains anciens, cristallins ou autres, dépourvus de calcaire. Les matériaux qui ont servi à établir ces murs sont de natures diverses, granite, gneiss, quartzite, phyllade, basalte, etc.

Grâce à d'obligeantes communications, j'ai pu examiner, au point de vue lithologique, des matériaux provenant de quelques forts vitrifiés des départements de l'Orne, de la Mayenne, de la Creuse et des Côtes-du-Nord. A raison de l'obscurité qui règne sur les circonstances dans lesquelles ces antiques et singuliers monuments ont subi une fusion partielle, il m'a paru qu'il y avait intérêt à les examiner, en tenant compte des données fournies par la minéralogie et par la chimie.

*Substance fondue du Fort de la Courbe, près Argentan, Orne (1).*

L'échantillon provenant du fort de la Courbe, près Argentan (Orne), qui m'a été remis par M. le général Prévost, est une substance à demi fondue, d'un brun verdâtre foncé, opaque, et ressemblant à cer-

(1) Prévost, *Mémoire sur les forts vitrifiés*; Saumur, 1863, brochure de 47 pages.

tains laitiers; elle fait feu au briquet. On y remarque de nombreuses empreintes de bois caractérisés par leur texture, et qui proviennent du combustible auquel est dû le ramollissement.

Une plaque mince a montré, comme on pouvait s'y attendre, que la substance est sans action sur la lumière polarisée. Des octaèdres transparents y sont disséminés en grand nombre; ce sont probablement des spinelles, comme ceux dont il sera question plus loin.

Ailleurs, il y a des cristaux ayant les formes ordinaires, les groupements (mâcle et striage), la couleur et les caractères physiques de la humboldtdilite naturelle.

Une analyse faite au bureau d'essais de l'École des mines a donné le résultat suivant :

Silice . . . . .	63,00
Alumine . . . . .	18,30
Peroxyde de fer . . . . .	5,00
Chaux . . . . .	2,80
Magnésie . . . . .	0,80
Potasse . . . . .	2,10
Soude . . . . .	7,60
Chlorure de sodium . . . . .	0,20
Total . . . . .	<u>99,80</u>

D'après la prédominance de silice et d'alumine et la présence du chlorure de sodium, on doit croire que la fusion a été obtenue en ajoutant du sel marin à un silicate d'alumine, tel que les argiles et les schistes en présentent. En présence de la silice, le chlorure de sodium se décompose, si l'eau intervient : il est donc probable que la soude fixée à l'état de silicate, dans une proportion qui atteint 7,60 p. 100, dérive du chlorure de sodium ajouté, qui a subi une décomposition.

En déduisant de la composition totale la soude, on trouve la composition suivante, qui est, en effet, celle de certains phyllades ou argiles.

Silice . . . . .	68,478
Alumine . . . . .	19,891
Peroxyde de fer . . . . .	5,433
Chaux . . . . .	3,000
Magnésie . . . . .	0,820
Potasse . . . . .	2,280
Total . . . . .	<u>99,902</u>

*Substance vitreuse du Fort de Sainte-Suzanne, Mayenne (1).*

M. le général Prévost m'a aussi communiqué un échantillon provenant du fort vitrifié qui est situé sur les bords de l'Erve, à Sainte-Suzanne (Mayenne). C'est une substance vitreuse, boursouflée ou très bulleuse, très fragile, d'un gris verdâtre, ressemblant à un verre de bouteille, et qui empâte des morceaux de quartzite à texture granulaire. Les cavités arrondies dont la substance est criblée, et qui résultent évidemment d'un dégagement de gaz, ne sont qu'à quelques millimètres de distance les unes des autres, et elles atteignent 5 millimètres de diamètre.

En constatant sur une plaque mince que la substance n'agit pas sur la lumière polarisée, on y a reconnu au microscope une inclusion de bulle mobile.

Ce verre est facilement fusible au chalumeau, plus facilement que la substance du fort de la Courbe. La coloration en jaune de la flamme y indique aussi la présence de la soude en forte proportion; c'est ce que confirme l'analyse qui suit et qui a été faite, comme la précédente, au bureau d'essais de l'École des mines :

Silice . . . . .	71,00
Alumine. . . . .	13,00
Péroxyde de fer. . . . .	3,30
Chaux. . . . .	traces
Magnésie. . . . .	traces
Potasse . . . . .	traces
Soude. . . . .	12,22
Chlorure de sodium . . . . .	traces
Total. . . . .	99,52

Une pareille teneur en soude contraste avec la composition des roches silicatées. D'après l'exemple fourni par le fort de la Courbe, il paraît probable que le verre du fort de Sainte-Suzanne a été, comme le premier, obtenu par l'addition de la soude à une substance argileuse.

Déduction faite de la soude, le verre dont il s'agit présente, en effet, les éléments suivants :

(1) Prévost, ouvrage précité.

Silice . . . . .	81,32
Alumine . . . . .	14,80
Peroxyde de fer . . . . .	3,70
Chaux . . . . .	traces
Magnésie . . . . .	traces
Potasse . . . . .	traces
Total . . . . .	<u>99,82</u>

*Roches granitiques, partiellement fondues, des forts vitrifiés de Château-vieux et du Puy de Gaudy (Creuse), et du camp de Pérán près Saint-Brieuc (Côtes-du-Nord).*

*Examen des blocs à l'œil nu.* — Ces roches ont subi des altérations variables, depuis une simple désagrégation et une fritte, jusqu'à des états qui accusent une température très élevée.

Au Puy de Gaudy (Ribandelle), près Guéret, où M. le comte de Cessac a recueilli des échantillons qu'il a eu l'obligeance de me remettre, le granite qui a servi à la construction est constitué d'orthose blanc, d'oligoclase, de quartz peu apparent et de mica noir.

La plus grande partie, d'ailleurs très détériorée, de l'enceinte, se compose d'un terrassement ne contenant que quelques pierres non atteintes par le feu. La partie vitrifiée est au nord-ouest. Dans la partie occidentale, les matériaux fondus, compris entre deux murs de pierre sèche, constituent une bande de 1<sup>m</sup>,56 de largeur moyenne. Les effets de la chaleur vont en s'affaiblissant, non de bas en haut, mais de haut en bas, de sorte que le signe d'une température élevée disparaît sous les blocs fondus, avant qu'on ait atteint la profondeur d'un mètre et demi.

Les échantillons parvenus au Muséum sont parfois, malgré leur petite dimension, entièrement enveloppés d'une substance fondue, ordinairement brunâtre, rarement blanchâtre et mamelonnée. Certains de ces blocs pourraient être pris pour des scories volcaniques. Cette analogie est augmentée encore par l'existence, à leur surface, de nombreuses empreintes de branchages carbonisés, avec bourrelets moulés dans des fissures de retrait, tout à fait comparables à celles

(1) Comte de Cessac, *Les forts vitrifiés dans la Creuse*, session de la Sorbonne 1867; Caen, 1868. — Thuot, même sujet, *Revue des Sociétés savantes*, 2<sup>e</sup> série . VIII, p. 160, 1863.

que l'on voit quelquefois sur les scories volcaniques, par exemple à l'île Bourbon.

Si l'on brise les échantillons, on reconnaît que l'intérieur est de nature toute différente, et rappelle le granite, malgré l'état d'altération des divers éléments. Tout le mica a disparu et se trouve remplacé par une matière brune, opaque, très fortement boursouflée; le feldspath est souvent comme *étonné*.

Le fort de Châteauvieux, à six kilomètres d'Ajain, est circulaire, avec un diamètre d'environ 125 mètres. Les pierres, beaucoup plus fondues que celles du Puy de Gaudy, n'ont guère que 20 centimètres et sont presque entièrement ramollies, de manière à former un tout compact. Un mur qui en est formé mesure de 4 mètres à 5,50 d'épaisseur, et s'étend avec des solutions de continuité parfois considérables dans le sens de sa longueur. Sa hauteur est d'environ 2 mètres.

D'après les échantillons dont je suis redevable à M. Mayaud de Jarnajes, le granite vitrifié présente, à Châteauvieux, des transformations tout à fait comparables à celles que nous venons de décrire. Parfois même le feldspath, entièrement fondu, s'est transformé en émail très boursoufflé, ressemblant à de la ponce.

Parmi les fragments de granite, de 2 à 3 centimètres, très fortement soudés entre eux, qui composent un échantillon, il en est qui ont conservé leurs formes anguleuses, tandis que d'autres se sont plus ou moins courbés, sous l'influence combinée de la chaleur et de la pression.

Dans un échantillon de la roche du camp de Péran, près Saint-Brieuc, que M. Desnoyers, membre de l'Institut, a bien voulu me communiquer, et qui a conservé la structure caractéristique du gneiss malgré l'état de ramollissement du mica, le mode de transformation rappelle celui des granites de la Creuse dont il vient d'être question.

*Examen microscopique.* — L'examen microscopique des granites altérés apprend des faits dignes d'intérêt pour le minéralogiste et qu'il convient de mentionner ici, quoiqu'ils ne se rattachent qu'indirectement à la question archéologique qui nous occupe.

Dans les uns et les autres, on voit de grandes plages, composées de bandes mâclées suivant la loi de l'albite et à peu près inaltérées. A côté de ces parties et du feldspath orthose resté actif sur la lumière polarisée, on rencontre des substances vitreuses, inactives et fusibles, qui, à la manière d'un pyromètre, montrent que le feldspath a atteint la température de la fusion.

Sous l'action de la haute température subie, le granite a donné

naissance à divers cristaux remarquables par leur netteté et par leur identité avec des minéraux naturels. Les uns, qui sont innombrables, sont en octaèdres réguliers, tantôt opaques, tantôt transparents, et consistent en spinelle pléonaste. D'autres, réunis en géodes dans les boursouffures du mica fondu, sont des microlites incolores, en mâcles binaires, à couleur pâle de polarisation, s'éteignant sous des angles qui vont jusqu'à 25 degrés. Il est probable que ces microlites sont feldspathiques, et consistent, en partie, en feldspath du 6<sup>e</sup> système.

Le mica renferme de petites quantités de fluor, souvent au-dessous d'un centième. Dans sa fusion il émet du fluorure de silicium, dont le dégagement explique la formation des bulles dans le verre ainsi produit. Les petits cristaux feldspathiques qui tapissent ces mêmes bulles doivent être attribués à cet agent énergétique.

*Expériences.* — Pour se rendre compte des conditions au prix desquelles la fusion d'un mur de granite a pu être obtenue, il fallait nécessairement recourir à la méthode expérimentale.

Des échantillons de granite provenant, l'un du Puy de Gaudy, deux autres de Brest et de Saint-Brieuc, ainsi que de feldspath orthose, après avoir été réduits en menus fragments, ont été mélangés à des cendres de bois de chêne, dans les proportions de 1/20, 1/10 et 1/5; puis on les a chauffés pendant plusieurs heures dans un fourneau à cuve, surmonté d'une cheminée, d'abord avec du charbon de bois, puis avec du coke.

On est parvenu seulement soit à désagréger le granite, soit à en émailler les morceaux à leur surface et à les souder entre eux. D'autres expériences tentées avec le granite préalablement pulvérisé, bien que la température ait été poussée jusqu'au point de la fusion du cuivre, n'ont pas conduit davantage à l'imitation des échantillons étudiés.

La température de la fusion de la fonte, obtenue dans un fourneau à vent, a produit, comme on devait s'y attendre, la fusion de ces mélanges et même celle du granite seul. Mais cette température excessivement élevée suppose des conditions qui n'ont jamais pu être réalisées à l'air libre.

Il en est de même, à plus forte raison, pour des effets obtenus également sur le granite, dans les fours Siemens. Aux usines d'Unieux (Loire), lors de la cémentation du fer, on recouvre le charbon de granite en fragments grossiers, mélangé de feldspath, de quartz, de basalte et de fer oxydulé. Après l'opération, la masse obtenue, où tous les éléments, sauf le quartz, ont été fondus, repré-

sente un état de fusion bien plus avancé que les matériaux des forts vitrifiés.

De son côté, M. de Cessac annonce qu'il est arrivé à fondre le granite dans un foyer de maréchal, c'est-à-dire au feu de houille, en activant la combustion par le moyen d'un soufflet.

A propos de ces essais de fusion du granite, il est juste de rappeler que Buffon, d'après ses propres expériences, qualifiait cette roche de *vitriifiable* et appuyait ainsi l'idée de Descartes sur l'origine du globe.

*Observations et conclusions.* — Ce qui précède suffit pour montrer que ce n'est pas par un procédé unique qu'on est arrivé à cimenter les matériaux des forts vitrifiés. Les moyens de se servir de la chaleur et de la fusion ont varié, et selon les circonstances, et suivant les matériaux naturels auxquels on s'adressait.

Quelquefois on a soudé les fragments de roches à l'aide d'une pâte vitreuse, obtenue en ajoutant à une matière argileuse du sel marin comme fondant. C'est ainsi qu'au fort Sainte-Suzanne a été obtenue une sorte de béton à fragments de quartzite, dans lequel la chaux est remplacée par une substance vitreuse.

Ailleurs, comme à La Courbe, on a encore eu recours au sel marin, mais par un autre procédé. Une substance argileuse, schiste ou argile, c'est-à-dire un silicate d'alumine, a été mélangée de sel marin, de manière à se ramollir sous l'action du feu et à se transformer en une masse compacte, très cohérente et assez dure pour faire feu au briquet.

L'opération offrait une difficulté bien plus grande encore, lorsqu'on est parvenu à ramollir et même à fondre partiellement le granite, comme on le voit à Châteauroux, au Puy de Gaudy et au camp de Pérán.

Tout d'abord, comme cause des effets observés, écartons la supposition d'un incendie accidentel ou provoqué en dehors des besoins mêmes de la construction. Il suffit pour cela de constater ce qui s'est produit sur des murs granitiques à la suite de grands incendies; par exemple, à ceux de Limoges et du village de Theil (Creuse), où sept maisons ont été consumées, au pied même du Puy de Gaudy, en juillet 1868.

Au camp de Pérán, il est vrai, on a, d'après M. Desnoyers, la preuve que des poutres qui faisaient partie de la construction ont été carbonisées sur place; mais si le fort a subi un incendie, cet incendie ne peut avoir causé les grands effets calorifiques que l'on observe; il leur est postérieur.

Pour ramollir une roche aussi réfractaire que le granite, pour fondre son mica et quelquefois même son feldspath sur des épaisseurs de plusieurs mètres, il a fallu une intention formelle, et, en outre cette volonté a dû être servie par des efforts habiles et prolongés, ainsi que par une quantité considérable de combustible.

Il est facile de s'en convaincre en essayant d'imiter les effets que nous observons ; même en petit, et en s'aidant des ressources qu'offrent les laboratoires, on n'y arrive qu'à grand'peine.

L'addition qu'on aurait pu faire d'un fondant, tel que des cendres de bois, de matières alcalines, de sel marin, de spath fluor, aurait, il est vrai, beaucoup aidé la fusion.

Mais, dans le cas qui nous occupe, on n'a pas eu recours à cet auxiliaire de la chaleur.

C'est ce que démontre l'analyse de deux granites provenant du Puy de Gaudy, profondément transformés par la chaleur, et dont on a rapproché la composition d'un granite moyen. Voici les résultats obtenus au bureau d'essais de l'École des mines :

	GRANITE du Puy de Gaudy no 1	GRANITE du Puy de Gaudy no 2	GRANITE moyen
Silice . . . . .	67,66	70,33	72,00
Alumine. . . . .	19,07	16,90	15,00
Peroxyde de fer. . . . .	4,26	3,10	1,00
Chaux. . . . .	2,00	2,00	1,50
Magnésie . . . . .	0,24	0,36	0,90
Potasse . . . . .	2,71	2,95	5,50
Soude . . . . .	2,49	2,98	2,20
Perte par calcination. . . . .	1,00	1,00	» »
Total. . . . .	99,43	99,62	98,10

On voit que les deux échantillons analysés contiennent moins d'alcali que le granite moyen, ce qui écarte toute idée d'addition artificielle de cette dernière substance.

Il convient aussi de noter l'absence du fluor et du bore, qui ont été spécialement recherchés, à cause du rôle de ces corps comme fondants, fréquemment mis à profit, depuis bien des siècles, dans le traitement des minerais métalliques.

Si, comme il a été supposé, les anciens constructeurs avaient voulu

faire usage de fondant, ils auraient sans doute opéré sur le granite désagrégé ou réduit en arène par un commencement de décomposition, tel qu'il s'en trouve partout; car c'est sous cet état que la matière se prête bien à un mélange analogue, sauf pour la matière première, à ceux qui ont été réalisés à la Courbe et à Sainte-Suzanne.

Mais ce n'est pas le granite pulvérulent qui a servi à la construction; c'est le granite cohérent, brisé en fragments de dimensions linéaires de plusieurs décimètres. On le reconnaît clairement au Puy de Gaudy, à Châteauvieux, au camp de Péran, la forme des fragments n'ayant pas ordinairement disparu et le grain caractéristique du granite s'étant conservé, malgré le ramollissement.

L'alcali du combustible végétal qui a servi à chauffer a cependant dû contribuer, comme fondant, à vitrifier la surface des fragments, concurremment avec le mica; mais il n'a pas pu pénétrer dans leur intérieur.

Les fragments sont d'ailleurs uniformément transformés. Considérés dans leur cassure, ils ont le même aspect vers leur centre qu'à peu de millimètres de la surface. Cette dernière circonstance, rapprochée de la faible conductibilité des roches pierreuses pour la chaleur, dénote que la température a été nécessairement de longue durée. On ne s'est donc pas contenté de souder entre eux les fragments par une fusion superficielle, qui aurait pu suffire; ces fragments ont été ramollis dans toutes leurs parties internes par une surabondance, une sorte de luxe de chaleur.

Il n'est pas inutile de rappeler que le feldspath ne fond qu'à la température du rouge vif.

Comment a-t-on pu arriver à de tels résultats, qui supposent des procédés aussi puissants?

En cherchant quel procédé a servi à vitrifier les murs dont il s'agit, on a quelquefois rappelé une méthode de construction en usage dans une région de l'Hindostan. Quand un mur est élevé, on le renferme entre deux murs de gazon; on remplit l'intervalle de combustible, que l'on remplace à mesure qu'il a brûlé et jusqu'à ce que tout le mur soit cimenté en une masse unique (1). Ce qui a été dit plus haut montre suffisamment que les foyers ne devaient pas être placés extérieurement aux murs; car les parties centrales sont quelquefois plus avancées vers la fusion que les parties externes. Si on avait chauffé extérieurement, il y aurait une diminution d'intensité à

(1) Le goulx de Flaux, *Nicholson journal*, t. XII, p. 313, 1804.

partir de la paroi externe vers l'intérieur, lors même que la chaleur aurait duré assez longtemps pour y pénétrer.

Il est naturel de comparer les effets dont il vient d'être question à ceux que les anciens, privés du secours de la poudre et même de celui de l'acier, ont si fréquemment provoqués dans les mines au moyen de la méthode de désagrégation des masses minérales connue sous le nom d'*abatage par le feu*. Mais dans ces derniers cas, malgré l'emploi de vastes bûchers, les effets obtenus n'ont jamais été que tout à fait superficiels. On peut s'en assurer dans les localités, maintenant en petit nombre, où, par suite de conditions exceptionnelles, cette antique pratique s'est conservée; telles sont Rammelsberg près Goslar, au Hartz, Geyer (1) et Altenberg en Saxe, Felsőbanya en Hongrie, Kongsberg en Norvège et quelques mines de Suède. Les échantillons porphyriques de roches abattues par le feu, qui m'ont été adressés d'Altenberg, ne présentent à leur surface aucun indice de fusion; elles étaient simplement enduites d'un mélange de suie et de cendres de bois, plus ou moins fondues.

Des effets aussi énergiques n'ont pu être obtenus qu'à l'aide d'un foyer intérieur, qui portait la chaleur dans toute l'épaisseur de la masse. C'est ce qu'a très bien exposé M. le général Prévost (2), qui rapproche la construction des forts vitrifiés de la méthode dite *flamande* de cuisson des briques. Il n'est pas rare qu'un de ces monceaux de briques, qui ont souvent 10 mètres de côté, se fonde partiellement lorsque le courant d'air, au lieu de se ramifier uniformément, se porte sur certaines directions, à la manière d'un coup de chalumeau.

D'un autre côté, comme manière d'obtenir de tels effets, il convient de tenir compte de l'exemple, cité par M. Ramsay (3), d'un procédé employé près de Barnsley et dans d'autres parties du Yorkshire. Afin de modifier les qualités de certaines roches dures, naturellement impropres au macadam, on en fait des tas d'environ 1 mètre carré et de 4 mètres environ de hauteur. Au fur et à mesure de la construction, on fait alterner des couches de houille avec les fragments de roches, que l'on a préalablement mélangés d'une petite quantité de broussailles. Du côté du vent dominant est ménagée une ouverture

(1) Mém. sur le gisement des minerais d'étain, *Annales des mines*, p. 65, 1841. (V. note, p. 17.)

(2) Mémoire précité et aussi : Prévost, *Dissertation sur les forts vitrifiés*; Angers, 1867.

(3) *Physical geography of Great Britain*.

de 0<sup>m</sup>,50 de hauteur, dans laquelle on allume un mélange de houille et de broussailles. Le feu se propage lentement dans la masse et la combustion continue environ six semaines ; après refroidissement, les pierres sont complètement vitrifiées.

Non seulement on pouvait ménager des canaux de tirage intérieur, mais aussi s'aider d'un courant d'air forcé. On sait en effet que l'usage du soufflet remonte au moins à l'époque de la première fabrication du fer.

Les auteurs de ces constructions granitiques, au lieu d'apporter des briques faites d'avance et qu'il aurait fallu ensuite cimenter entre elles, préféreraient recourir aux opérations dont il vient d'être question, quelque compliquées qu'elles nous paraissent.

On voit qu'en dehors de l'intérêt que présentent les forts, au point de vue technique et archéologique, ils sont remarquables aussi pour le minéralogiste et le géologue, à raison de l'influence de la chaleur sur la formation de plusieurs espèces minérales : spinelles, humboldtilite et probablement feldspath triclinique. Le fluorure de silicium dégagé du mica paraît avoir agi ici comme dans les expériences de M. Hautefeuille (1). Ainsi, il y a bien des siècles, les constructeurs des forts vitrifiés, précurseurs inconscients dans une voie féconde, reproduisaient, à leur insu, des minéraux que l'on n'est parvenu à imiter dans les laboratoires que dans ces derniers temps.

En résumé, le ramollissement et la fusion des matériaux qui constituent les forts vitrifiés, particulièrement ceux de la Creuse et des Côtes-du-Nord, qui sont formés de granite, dénotent chez leurs auteurs une habileté surprenante et la connaissance du maniement du feu, qualité qu'ils ont d'ailleurs manifestée maintes fois, dans des opérations métallurgiques extrêmement anciennes.

DAUBRÉE,

*Membre de l'Institut, Inspecteur général des Mines.*

(1) *Annales de l'École normale supérieure*, 2<sup>e</sup> série, t. IX, 1880.

---