

lumine et de charbon. La dissolution muriatique renferme du protoxide et du peroxide de fer et de l'alumine.

Quand on calcine le minerai réduit en poudre, à creuset ouvert, il perd 0,036 et il devient rouge; mais ses diverses parties ne paraissent pas avoir la même intensité de couleur; la poussière calcinée est encore très-fortement magnétique. On a trouvé dans un échantillon d'apparence homogène :

Peroxide de fer. . . . .	0,488	} 1,000.
Protoxide de fer. . . . .	0,254	
Alumine. . . . .	0,133	
Silice. . . . .	0,110	
Oxide de chrome. . . . .	0,003	
Charbon et perte. . . . .	0,032	

Essayé au creuset brasqué avec 0,20 de carbonate de soude, il a donné 0,525 de fonte.

Pour le traiter en grand, il sera nécessaire d'y ajouter des matières quarzeuses et de la castine. J'ai employé, dans une expérience, 0,15 de quartz pur et 0,25 de carbonate de chaux et la fusion a été parfaite : la scorie était compacte, vitreuse, transparente et d'un vert bouteille clair et très-beau; elle devait cette couleur à l'oxide de chrome. Il serait très-convenable de le mélanger avec des scories de forges qui sont toujours chargées de silice et qui ne contiennent presque pas d'alumine.

Le minerai de Saint-Brieux pourrait être considéré comme un mélange de fer oxidé magnétique et de silicate d'alumine AS; mais il est possible aussi qu'une partie de la silice et de l'alumine y soit combinée avec du fer : c'est ce que l'on apprendra en examinant comparativement plusieurs échantillons pris en différens points du gîte.

## ESQUISSE GÉOLOGIQUE

*De l'île d'Anglesey, et description de l'exploitation et du traitement des minerais de cuivre que renferme cette île;*

PAR M. VICTOR-FRÈRE-JEAN.

L'ÎLE d'Anglesey, située à l'ouest du pays de Galles, sur les côtes occidentales de l'Angleterre, est d'une forme à-peu-près circulaire : ses deux dimensions sont environ de 9 lieues et de 7 lieues; dans sa partie la plus ouest, celle qui est plus exposée aux vents, elle n'offre en général qu'un aspect sauvage, une culture négligée, une atmosphère très-humide. Son sol âpre n'est formé que de débris schisteux, recouverts de quelques pâturages, qui suffisent à peine à la nourriture d'un petit nombre d'animaux. Des roches se prononcent en collines créées, qui laissent entre elles des intervalles plats, dont la surface n'admet que peu de végétaux.

La portion de l'île la plus rapprochée de la terre, c'est-à-dire celle qui regarde le comté du *Carnavon*, offre un paysage plus riant; quelques mouvemens de terrain varient les aspects, et la terre, cultivée avec plus de soin, répond aux efforts des agriculteurs.

Dans son extrémité nord-ouest, l'île d'Anglesey présente un terrain composé de roches schisteuses alternant quelquefois avec la grauwacke, de serpentine et de granite. Une bande de grès rouge ancien divise en quelque sorte l'île en deux; le centre est formé de calcaire à encrines

Aspect du  
pays.

Constitution  
géologique  
de l'île.

(*carboniferus limestone* ou *mountain limestone*) et de terrain houiller. Ce dernier renferme une couche de houille; enfin, son extrémité sud-est présente la siénite et le trapp. Le terrain schisteux et granitique est peut-être primitif; mais il est plus probable qu'on doit le rapporter aux terrains de transition les plus anciens. Quant au calcaire à encrines et au vieux grès rouge, ils sont immédiatement au-dessus des terrains houillers et appartiennent aux terrains de transition les plus modernes.

Gîte miné-  
ral.

On exploite du minerai de cuivre dans un seul lieu de l'île d'Anglesey. On a cherché vainement à rencontrer ce métal dans les montagnes les plus voisines dont la composition géologique était absolument la même: ce lieu est appelé *Hamlet*. Un petit village qui porte le même nom s'est élevé et sert d'asile aux ouvriers employés dans les travaux; *Hamlet* est rapproché du bourg d'*Hamlich* et du port de ce nom.

Les collines qui forment le groupe dans lequel existe le gisement de cuivre présentent des flancs déchirés dépourvus de toute végétation. Elles sont séparées les unes des autres par des vallées peu profondes qui ressemblent à des bassins. Parmi ces élévations, la colline qui renferme les richesses minérales est plus vaste dans sa base, et présente à son sommet un plateau beaucoup plus grand; sa superficie est au moins de 2000 mètres carrés: sur cette plate-forme, qui n'affecte aucun contour régulier, on a creusé successivement comme dans le travail d'une carrière.

Le cuivre pyriteux paraît avoir été d'abord rencontré en masse, à peu de distance de la sur-

face du terrain, et les travaux se sont approfondis à mesure que les masses ou rognons pyriteux s'enfonçaient. La profondeur actuelle des travaux est de 150 mètres.

Les différentes roches qui composent cette formation sont de l'espèce *phylade*, *clag slate* des Anglais; on y voit le *schiste ardoise*, ou la *grauwacke schisteuse*; la *cornéenne lydienne* de M. Brongniart, le *schiste luisant* du même auteur, la *serpentine* où le *quarz* domine, et qui passe presque au *quarz* pur, la *serpentine* passant à la *stéatite*; d'abondantes couches de *quarz* très-imprégné de sulfure de fer, des filons de *silex corné*, du schiste argileux rougeâtre de l'espèce dont Kirvan a donné une analyse.

La disposition des couches est tellement irrégulière qu'il n'est pas possible de leur assigner une inclinaison, et même elles se penchent les unes les autres de manière à faire croire qu'elles sont le résultat d'un grand bouleversement.

Le cuivre pyriteux forme des systèmes de petits filons entrelacés, et n'étant en quelque sorte que les ramifications d'une seule masse; il a pour gangue ordinaire du *silex*, de la *lydienne* et de la *serpentine*. Les filons qu'on poursuit maintenant n'ont pas de directions ni d'inclinaisons constantes; ils se réunissent en forme d'étoile pour former des agglomérations de minerais (1). La

(1) En 1750, on trouva une masse énorme de cuivre pyriteux qui avait la forme elliptique, et qui présentait sous son petit axe une épaisseur d'à-peu-près 20 mètres; plusieurs filons de 2 mètres de puissance se réunissaient à cet amas et concouraient à la richesse de l'exploitation, qui, à cette époque, s'élevait à un produit de 2 à 3 millions de kilogr. de cuivre par an.

puissance de ces filons varie depuis 2 décimètres jusqu'à 2 et 3 mètres ; en général, ils sont très-peu homogènes, et sur une épaisseur d'un mètre le minerai est disséminé au point de ne présenter qu'une épaisseur de 3 à 4 décimètres, les intervalles étant remplis par la gangue. Le sulfure de fer est très-abondant dans cette mine ; on y trouve aussi du sulfure noir de zinc, et quelquefois, mais rarement, du cuivre métallique. Je n'ai ni vu ni entendu parler d'aucune autre substance minérale accompagnant le cuivre pyriteux d'Anglesey.

Substances  
minérales  
qui accom-  
pagnent le  
cuivre pyri-  
teux.

Quelques-uns de ces filons de cuivre très-épais, s'enfonçant dans le sein de la terre, ont été poursuivis en larges tranchées : en sorte que sur les parois de cette immense ouverture on voit des cavités tellement profondes, que les hommes qui y travaillent à la recherche du minerai paraissent d'une extrême petitesse. Le bruit des coups de mine est d'un effet remarquable ; le son en est varié et modifié dans son passage par les ouvertures plus ou moins grandes, et il en résulte une harmonie bizarre qu'on rencontre rarement.

Cette mine, exploitée à ciel ouvert, présente une ouverture irrégulière effrayante : on ne peut refuser d'admettre qu'elle n'ait été exploitée depuis un temps immémorial par les Romains ; les espaces vides, les déblais sortis attestent un travail assidu pendant de longues années, et du cuivre métallique trouvé sous la tourbe prouve que ce métal a été fondu dans ce lieu.

Mode d'ex-  
ploitation.

Le mode d'exploitation consiste à suivre, à différentes hauteurs, sur les coupes verticales de

l'excavation, les filons qui s'étendent d'un centre comme autant de rayons.

Le minerai est extrait du fond de l'exploitation avec des seaux élevés par des treuils à bras ; les parois des excavations sont verticales, et sont assez fréquemment recouvertes, dans toute leur hauteur, de cristaux de sulfate de cuivre ; les débris et les substances stériles servent à combler d'anciens travaux abandonnés.

Le vaste dépôt de cuivre qui a été formé dans cet endroit paraît avoir été la conséquence d'un grand trouble dans les formations environnantes : en sorte, qu'ainsi que nous l'avons dit, l'inclinaison des couches est variable, et qu'on ne peut pas reconnaître leur association. Les filons de minerai se perdent insensiblement dans leurs gangues, et font en quelque sorte partie de la roche qui les accompagne, ce qui leur assigne une époque de formation contemporaine.

Les eaux de cette mine sont très-peu abondantes ; une seule machine à feu, de la force de 6 chevaux, placée à quelque distance de la grande ouverture, suffit pour les extraire ; elles sont très-chargées de sulfates de cuivre et de fer ; elles servent à laver le minerai concassé préalablement, et de là elles se rendent dans plusieurs vastes bassins, où on précipite le cuivre avec des ferrailles et des débris de fonte. Les eaux passent d'un réservoir à l'autre jusqu'à trois ou quatre fois, et après avoir subi le même nombre de précipitations, elles se rendent dans la mer. Lorsque ces eaux ont été en contact pendant quelques mois avec la fonte, elles prennent une couleur jaune et déposent de l'ocre, qu'on recueille à différentes époques : ces eaux sont continuellement

remuées avec des racloires pour renouveler les contacts.

La quantité de cuivre de cémentation qu'on recueille chaque jour dans ces mines fait regretter la masse énorme de ce métal qui a été perdue pendant tant d'années, avant que la chimie nous eût enseigné ce mode de précipitation.

Préparation  
du minerai.

Le minerai, au sortir de la mine, est exposé à l'action d'un courant d'eau qui nettoie parfaitement sa surface: en sorte qu'il est facile de séparer les morceaux de gangue du minerai pur: ce sont de petites grilles de fer suspendues, sur lesquelles tombe continuellement un courant d'eau; il suffit, lorsque les pyrites de cuivre y sont placées, de les remuer de temps en temps pour que toutes leurs surfaces soient exposées à l'action de ce liquide. Après ce lavage, le minerai est concassé avec des marteaux, en fragmens de la grosseur d'une noix; on occupe à ce travail, dans cette exploitation comme dans toutes les autres, les femmes et les enfans.

Les pyrites de cuivre sont grillées pour en retirer une partie du soufre qu'elles contiennent. Pour exécuter ce grillage, on construit sur un espace de 7 mètres sur 3, placé de manière à recevoir l'action de l'air en mouvement, de petites murailles de briques d'environ 5 décimètres d'élévation, disposées perpendiculairement entre elles; on ménage six ou huit ouvertures, qui doivent permettre à l'air d'activer la combustion; elles ont 2 décimètres de diamètre et sont placées au niveau du sol. On remplit cet espace, jusqu'à la hauteur de 3 décimètres, de houille ou de tourbe, ayant soin de ménager des intervalles qui correspondent aux ouvertures des côtés; on

place par-dessus le minerai, de manière à former une pyramide quadrangulaire tronquée; on en amoncelle à-la-fois à-peu-près 40,000 kil. La surface du minerai est ensuite recouverte de pierres plates et larges, et par-dessus on y applique de la terre, en laissant toutefois à découvert sur la surface supérieure, et dans deux ou trois endroits de chaque face, des espaces sur lesquels on construit de petits canaux en briques, qui sillonnent diagonalement les plans de la pyramide, et dont leur partie inférieure se rend dans une voûte isolée, de 2 mètres de haut sur 1 mètre de large, où le soufre se condense à l'état de *fleur de soufre*.

Ces grillages s'effectuent pendant environ 9 mois, à diverses reprises, et on ne s'arrête que lorsque le minerai ne contient plus une assez grande quantité de soufre pour alimenter la combustion.

Le minerai ainsi grillé est porté à la fonderie placée près du port d'Hamlich, position qui lui permet de recevoir les charbons qui viennent d'Anglesey, ceux de *bagilt* (Flint-shire), et d'exporter ses produits dans les différentes parties du monde.

M. Brongniart, dans sa *Minéralogie*, dit que le cuivre pyriteux d'Anglesey renferme depuis 16 jusqu'à 40 pour 100 de cuivre métallique. Je crois que la quantité moyenne, ou le contenu moyen du minerai, est de 10 pour 100 environ. Le produit annuel de ces mines est d'environ 80,000 quintaux métriques.

On ne fait usage pour la réduction de ce minerai d'aucun fondant; il ne contient point, comme celui du Cornouailles, une grande quan-

Teneur du  
minerai.

tité de quartz, substance qui permet d'employer avec succès la chaux fluatée, ainsi qu'on peut le voir dans les fonderies de *Swansea*, entre autres dans la plus remarquable, celle de M. Vivian.

La réduction des pyrites se fait dans des fours à réverbère d'une forme pareille à celle adoptée à *Swansea* pour le traitement du minerai du Cornouailles; seulement les dimensions sont plus petites et proportionnelles. Les charges sont de 900 à 1000 kilog., et c'est environ après sept fontes successives (suivant que le minerai a été plus ou moins grillé) que l'on obtient du cuivre susceptible d'être soumis à l'opération de l'affinage.

On obtient de la première fonte une matre, qui est le produit d'un silicate qui se forme par la combinaison du quartz avec l'oxide de fer; cette matre est grenillée, grillée, fondue, et subit une série d'opérations analogues avant de donner du cuivre propre à l'affinage.

Le cuivre de cémentation combiné avec beaucoup d'oxide de fer ne peut être immédiatement mêlé avec le cuivre prêt à subir l'opération de l'affinage: aussi est-il, dès la deuxième fonte, soumis à l'action du soufre qui doit le dégager du fer qu'il contient; car on sait que le silicate de fer ne dissout pas, ou ne dissout que très-peu, d'oxide de cuivre.

On amène le cuivre à l'état de pureté, ou à la forme de cristallisation convenable qui correspond à son *maximum* de ténacité, par l'emploi successif d'un courant d'air introduit dans le four par les portes ouvertes; de charbon de bois jeté à sa surface, ou, enfin, par une branche de bois vert, qui, en produisant une effervescence

considérable, renouvelle les contacts du métal et enlève une partie de l'oxigène, laisse la dose d'oxide de cuivre, qui, mêlée intimement avec le cuivre pur, doit former le composé malléable. On doit observer que dans cette opération il y a un juste milieu à garder: trop de charbon de bois employé, ou bien encore une température trop basse, donnent aux molécules du cuivre une forme de cristallisation, soit cubique, soit en rayons brillans, qui n'est point celle qui procure de la ténacité au cuivre; au contraire, une température trop élevée ou un courant trop rapide d'oxigène lui donne une couleur rouge brique, une cristallisation radiée sans reflets, ou, enfin, une forme grenue, dont les molécules sont très-fines, et dont je n'ai pu déterminer la forme cristalline; ce dernier état est encore peu convenable au cuivre destiné à être travaillé, soit sous le laminoir, soit au marteau. La forme qui annonce le plus de ténacité est radiée en rayons déliés qui présentent des reflets en masse; lorsque le cuivre est en fusion, il arrive souvent que, dans l'espace de dix minutes, il passe successivement à ces trois états.

Pour s'assurer si le cuivre est assez raffiné, on coule un petit parallépipède d'environ 6 pouces de long avec une base de 2 pouces sur 9 lignes, et des hommes munis de gros marteaux le battent pour voir s'il résiste à la percussion. L'opération se répète jusqu'à ce que le cuivre la soutienne: alors on fait la coulée; lorsque le cuivre a dépassé sa forme convenable pour la ténacité, on le ramène à cette forme au moyen d'une branche de bois vert ou avec du charbon de bois, et en général on réussit toujours; mais

alors, comme le disent les martineurs, le cuivre est énérvé. On ne peut se refuser de croire, d'après cela, que le cuivre pur est susceptible de se combiner dans de certaines proportions avec son oxide, et de produire ainsi un métal composé plus malléable que le cuivre pur; c'est pour atteindre à cette juste combinaison (condition essentielle de la ténacité du cuivre), qu'on forme ou qu'on détruit de l'oxide de cuivre suivant le besoin, pour arriver, en alternant ces moyens, à un plus grand rapprochement des proportions convenables.

Dans tous les établissemens de France où l'on traite le cuivre, même dans ceux qui sont les plus avancés, on se contente de consulter son grain sans l'éprouver par la percussion.

L'exploitation des mines de cuivre d'Anglesey est sous la conduite de MM. Joseph Johes et William Morgan esquire. La masse de minerai de cuivre produite par ces mines est traitée entièrement dans les belles usines à cuivre de MM. William et Pascow grenfell à Holyhead, qui répandent dans le reste du monde leurs produits manufacturés.

## FORMULES

*Relatives à la force de la fonte et des matériaux de construction en général, d'après M. TREGOLD, ingénieur anglais.*

M. TREGOLD vient de publier un *Essai pratique sur la force du fer coulé et d'autres métaux*, qui est bien certainement un des ouvrages les plus importans pour les ingénieurs de toute espèce, et principalement pour les ingénieurs des mines et usines; il sera pour le fer fondu ce qu'est l'excellent ouvrage de M. Duleau sur le fer forgé. M. Duverne, en traduisant dans notre langue cet essai pratique, nous a rendu un vrai service (1).

L'auteur, d'après sa propre expérience, je dirai même d'après l'expérience générale dans un pays où la fonte a remplacé et depuis plusieurs années en grande partie, les bois de charpente, a établi des formules algébriques exprimant la résistance que la fonte, dans ses diverses formes et positions, oppose à la pression, à la torsion, au choc, etc. Il donne d'abord des formules générales qu'on peut employer pour le fer, les bois, etc., et puis il les applique à tous les divers cas que peut présenter l'emploi de la fonte. Naturellement elles sont exprimées en poids et mesures anglaises: ces poids et mesures ont été conservés dans la traduction; ils y sont seuls employés. Nous nous

(1) Cette traduction se vend chez M. Bachelier, libraire, quai des Augustins.