

inférieure, et 30 pour la supérieure. Cette différence paraît provenir entr'autres, causes 1^o. de ce que les roues d'Huelgoat recevant une beaucoup plus grande quantité d'eau, ne la conservent pas aussi long-tems; 2^o. de la grandeur des attirails; 3^o. pour la machine supérieure de la grande vitesse, qui fait que l'eau pèse moins sur la roue, et a par conséquent moins de force.

Airage.

Le grand nombre d'ouvertures qui aboutissent au jour, leur différence de niveau, rendent la circulation de l'air très-active; et nulle part je n'ai vu que le défaut d'airage gênât les travaux. La qualité vitrolique des eaux m'avait cependant fait craindre qu'il n'y eût quelquefois des dégagemens de gaz inflammable; mais il paraît, d'après ce qu'on a répondu aux questions que j'ai faites à ce sujet, que ce fléau est inconnu au Huelgoat; l'on m'a seulement dit que lorsqu'on débouchait des pompes qui étaient restées quelque tems dans l'inaction, il fallait user de quelque précaution, parce que l'air qui en sortait prenait feu aisément.

Je donnerai dans une prochaine Notice, les résultats de quelques observations que j'ai faites sur la température de cette mine.

ANALYSE

DE QUELQUES SULFURES MÉTALLIQUES.

Par M. GUENIVEAU, Ingénieur des Mines.

FER SULFURÉ.

PLUSIEURS chimistes, et particulièrement MM. Proust et Hattchet, se sont occupés des sulfures métalliques: le premier a fait voir que certains métaux, tels que le *fer*, le *cuivre*, le *plomb*, se combinaient à l'état métallique, avec le soufre, et en des proportions invariables pour chaque combinaison. M. Hattchet a donné l'analyse de la pyrite magnétique, qu'il regarde comme un sulfure de fer au *minimum*, et celle de plusieurs pyrites ordinaires dans lesquelles il ne reconnaît d'autres principes que le fer et le soufre. Tous les chimistes n'ont pas été convaincus par les expériences de ces deux savans, et quelques-uns paraissent encore admettre de l'*oxygène* dans les *sulfures* de fer: ils se fondent principalement sur ce que M. Proust a employé la synthèse, méthode qui laisse toujours quelque vague sur les proportions, et que M. Hattchet n'a déterminé rigoureusement que le soufre, au moyen du *sulfate de barite*, sur la composition duquel il reste encore des incertitudes. Ayant eu occasion d'analyser quelques sulfures métalliques, j'ai déterminé, avec

beaucoup de soin, leurs élémens, afin de m'éclairer moi-même sur les difficultés dont je viens de parler.

L'échantillon de fer sulfuré sur lequel j'ai fait toutes les expériences que je vais décrire, était amorphe, sans aucun mélange de gangue; sa couleur était le *jaune bronzé*, ordinaire aux pyrite de fer. Divers essais préliminaires m'apprirent que ce minéral ne contenait point de substances terreuses, et aucun autre métal que le fer: je vais rendre compte des moyens que j'ai employés pour déterminer avec précision les quantités de fer et de soufre qu'il contient.

I.

Recherche du fer.

1°. J'ai fait bouillir un mélange des acides nitrique et muriatique, sur 5 gr. de pyrite pulvérisée: le soufre a été brûlé en entier, et la dissolution complète, à l'exception de 0^{gr},01 de silice. L'oxyde de fer précipité par l'ammoniaque et rougi au feu pesait 3^{gr},35: ce qui indique (en employant le rapport de 148:100) 2^{gr},25 de fer métallique, ou bien fer métallique 45 pour 100.

2°. Une autre expérience faite de la même manière, m'a donné 3^{gr},34 d'oxyde rouge de fer: ce qui coïncide avec le résultat précédent.

3°. J'ai soumis au grillage 20 gr. de la même pyrite: après quelques heures d'un feu assez violent, son poids s'est trouvé réduit à 13^{gr},24: 100 ont laissé seulement 66,2.

Je fis dissoudre 5 gr. de ce résidu, dans l'acide nitro-muriatique; le muriate de baryte n'ayant

fait naître aucun précipité dans la dissolution, j'en conclus que le grillage avait été complet et la pyrite réduite à de l'oxyde de fer pur: en comparant d'ailleurs le poids du résidu de 5 gr. de pyrite (3^{gr},31) à celui de l'oxyde de fer obtenu par l'expérience ci-dessus, savoir: 3^{gr},34, on ne peut douter que tout le soufre et l'acide sulfurique n'aient été volatilisés. Cette nouvelle manière d'apprécier l'oxyde de fer ne laisse plus aucune incertitude sur la quantité qu'on en peut obtenir de la pyrite, et indique également 45 centièmes de fer métallique.

4°. J'ai fondu sans addition la pyrite grillée dans un creuset brasqué, afin d'en retirer le métal contenu: le culot de fonte était de 70,2 pour 100, sans aucune scorie; retranchant $\frac{1}{10}$ de ce poids à cause du charbon combiné, on a 68,1 de fer pour 100 de pyrite grillée, et pour 100 de pyrite naturelle fer pur 45,08.

Il résulte des quatre expériences précédentes, que le fer sulfuré contient 45 centièmes de fer métallique, et je ne crois pas qu'il puisse y avoir une erreur de *un* centième sur ce résultat.

II.

Recherche du soufre.

1°. 5 gr. de pyrite de fer ayant été dissous par l'acide nitro-muriatique aidé de la chaleur, je versai du muriate de baryte dans la dissolution, jusqu'à ce qu'il ne se formât plus de précipité: le sulfate de baryte se rassembla au fond du vase; je décantai et ajoutai de l'eau distillée, afin d'enlever les sels étrangers; je le recueillis sur un filtre; il fut d'abord séché à une chaleur

douce, puis rougi au feu : le filtre fut brûlé séparément. Le poids du sulfate de baryte, déduction faite de celui des cendres du filtre, était de 19^{gr},1 ou 382 parties pour 100 de pyrite.

M. Chenevix pense que 100 de sulfate de baryte contiennent 14,5 de soufre; ce rapport est celui que M. Hattchett a employé.

M. Klaproth indique seulement 14 centièmes; ce qui est peu différent. Je préfère cependant ce dernier résultat, parce que, ainsi qu'on le verra plus bas, il convient mieux aux expériences précédentes.

Les 382 parties de sulfate contiennent donc, soufre 53,4.

2°. On pouvait soupçonner que le résultat précédent était trop faible à cause de l'ébullition dans laquelle j'avais entretenu le dissolvant, qui suffisait pour vaporiser une quantité appréciable de l'acide sulfurique formé. Je crus donc convenable de faire une nouvelle expérience, en employant une chaleur plus modérée.

Je traitai 2^{gr},5 de la même pyrite par l'acide nitrique étendu, en chauffant doucement; tout le soufre fut néanmoins brûlé, et il ne resta qu'environ 0^{gr},03 de sulfure indécomposé. J'obtins de cette dissolution 9^{gr},71, ou 388 pour 100 de sulfate de baryte qui correspondent à 54,3 de soufre, et en déduisant le résidu (0^{gr},03) on a *soufre* 54,8. pour 100.

Je regarde ce résultat comme plus exact que le précédent.

I I I .

Les expériences ci-dessus font voir que le sulfure de fer soumis à l'analyse, contient environ 45 centièmes de fer métallique, et de 54 à 55 de soufre, résultats qui diffèrent très-peu de ceux de M. Hattchett. Il est difficile, d'après cela, de croire que les *pyrites de fer* contiennent de l'*oxygène*, et la quantité qui pourrait correspondre aux erreurs possibles, ne peut être de plusieurs centièmes.

Parties composantes de la *pyrite de fer*.

Fer métallique.	45
Soufre.	55
	—
	100

C U I V R E S U L P U R É .

MM. Lelievre et Gillet-Laumond, conseillers des Mines, ayant eu la bonté de me remettre chacun un échantillon de cuivre sulfuré, je vais présenter les résultats de l'analyse de cette espèce de minéral.

1°. *Cuivre sulfuré de Sibérie, (de la collection de M. Lelievre.)*

Pesanteur spécifique. 5,22.

5 gr. de ce minéral traités par l'acide nitromuriatique aidé de la chaleur, ont été réduits à 0^{gr},51 de soufre presque pur : la calcination

n'a laissé que 0^{sr}.04 d'oxydes qui ont été redissous complètement.

La dissolution a laissé précipiter par le muriate de baryte, 4^{sr}.01 de sulfate, qui correspondent à 0^{sr}.56 de soufre; ce qui porte la quantité totale de ce combustible à 1^{sr}.03. Le fer a été séparé du cuivre par l'ammoniaque; le précipité bien lavé et rougi, pesait 0^{sr}.08.

L'oxyde brun de cuivre précipité par la potasse, pesait 4^{sr}.65 qui contiennent 3^{sr}.72 de cuivre métallique.

Je me suis assuré, par divers essais, que l'échantillon soumis à l'analyse ne contenait aucune substance terreuse, point de plomb, de manganèse ni d'antimoine. La petite quantité de fer qui y existe me paraît même être renfermée dans de petites fissures où son oxyde est facile à apercevoir; il ne doit donc pas être considéré comme partie essentielle à la composition *du cuivre sulfuré*.

Résultat.

Cuivre métallique. . .	74,5
Soufre.	20,5
Oxyde de fer. . . .	1,5
Perte.	3,5

100,0

Les essais que j'ai faits dans le cours de l'analyse, me portent à croire qu'une partie de la *perte* (3 $\frac{1}{2}$) tombe sur le cuivre. Malgré cela,

le rapport du soufre au cuivre s'éloigne très-peu de celui de 28 à 100 déterminé par M. Proust.

Ce cuivre sulfuré ayant été soumis à un feu très-violent dans un creuset brasqué, fut fondu et ne perdit que 2 centièmes $\frac{2}{100}$; son aspect n'était point changé; on apercevait seulement quelques petits globules de cuivre vers la partie inférieure du culot.

2°. *Cuivre sulfuré* de Sibérie (de la collection de M. Gillet-Laumont.)

Cet échantillon, quoique très-homogène en apparence, était cependant mélangé de beaucoup de quartz; il donnait dans quelques endroits des étincelles au briquet.

Je séparai le cuivre du fer par l'hydrogène sulfuré; le précipité calciné, redissous et traité par la potasse caustique, me donna 3^{sr}.0 d'oxyde de cuivre pour 5 gr. de minéral. Je n'y trouvai aucun autre métal que le cuivre et le fer.

Résultat.

Cuivre métallique. . .	47
Soufre.	13
Résidu siliceux. . . .	25
Chaux	7
Oxyde rouge de fer . .	9,3

101,3

Il faut encore remarquer ici, que la présence de diverses substances étrangères au cuivre sul-

furé, n'a point troublé le rapport du cuivre au soufre, qui est sensiblement celui de 100 à 28. Le fer n'est vraisemblablement point combiné au *sulfure*, mais il en forme la gangue, avec la silice et la chaux.

CUIVRE PYRITEUX.

I.

Cuivre pyriteux de Sainbel (de la collection du conseil des Mines.)

Pesanteur spécifique 4,16.

L'échantillon que j'ai soumis à l'analyse était amorphe, mais sans mélange de gangue; sa couleur était le *jaune verdâtre bronzé*: je me suis assuré de sa composition de deux manières différentes.

Première analyse. 5 gr. de ce minéral pulvérisé, traité par l'acide nitro-muriatique, ont été très-facilement attaqués: le résidu pesant 1^{er},13 a été réduit à 0^{er},08 par la calcination; et de nouvel acide n'a laissé que 0^{er},04 de gangue quartzeuse.

Le muriate de baryte a occasionné, dans la dissolution, un précipité de sulfate pesant 5^{er},50 qui correspond à 0^{er},77 de soufre: cette quantité, jointe à celle déjà trouvée, donne 1^{er},82 pour la totalité du soufre contenu. Le cuivre a été précipité par l'hydrogène sulfuré, redissous et précipité de nouveau par la potasse caustique:

caustique: l'oxyde brun obtenu, pesait 1^{er},88, et contenait à peu près 1^{er},5 de métal.

La potasse avait dissous environ 0^{er},05 d'oxyde de zinc. L'oxyde rouge de fer pesait 2^{er},26, qui correspondent à 1^{er},53 de fer métallique.

Résultat.

Soufre.	36,5
Cuivre.	30,0
Fer métallique	31
Oxyde de zinc.	1
Gangue.	1
	<hr/>
	99,50

Deuxième analyse. La même substance a été traitée par l'acide nitrique aidé de la chaleur.

Premier résidu. 2^{er},35 réduit à 1^{er},86 par la calcination. L'acide nitro-muriatique n'a laissé de ce dernier que 0^{er},23, contenant seulement 0^{er},04 de gangue.

Le poids du soufre séparé de ces résidus était de 0^{er},93. La dissolution a laissé précipiter 5^{er},91 de sulfate de baryte, qui contiennent 0^{er},82 de soufre, et portent le total à 1^{er},75.

Le cuivre a été dissous par l'ammoniaque, et l'oxyde de fer en a été séparé par plusieurs opérations. L'oxyde de cuivre précipité par la potasse pesait 1^{er},90, correspondans à 1^{er},52 de métal.

L'oxyde rouge de fer pesait 2^{er},47, et contenait 1^{er},66 de fer pur.

Volume 21.

H

J'ai trouvé aussi des traces de zinc.

Résultat.

Soufre.	35
Cuivre.	30,5
Fer métallique	33,0
Plus, traces de zinc.	» »
Gangue.	170
	<hr/>
	99,5

En prenant la moyenne entre les résultats des deux analyses, on a pour proportions très-probables,

Soufre.	36
Cuivre.	30
Fer métallique.	32
Gangue.	1
Zinc.	1
	<hr/>
	100,0

I I.

Cuivre pyriteux de Baigorry.

J'ai employé pour les deux analyses suivantes des morceaux de minerais assez purs, quoique mélangés de quartz.

Première analyse. 5 gr. réduits en poussière ont été soumis à l'action de l'acide nitro-muriatique : le premier résidu pesant 1^{er},72 a été

réduit à 0^{er},73 par la calcination ; de nouvel acide, n'a laissé que 0^{er},54, qui ont présenté 0^{er},46 de gangue, après que le soufre a été brûlé.

Le muriate de baryte a précipité de la dissolution, 3^{er},6 de sulfate correspondans à 0^{er},5 de soufre. Total du *soufre* 1^{er},57.

L'hydrogène sulfuré a été employé pour séparer le cuivre ; l'oxyde brun de ce métal précipité par la potasse, pesait 1^{er},69, et contenait par conséquent 1^{er},35 de métal. L'oxyde rouge de fer obtenu pesait 2^{er},19, qui correspondent à 1^{er},49 de fer métallique.

Résultat.

Soufre.	31,5
Cuivre.	27,0
Fer métallique.	30,0
Gangue.	8,5
	<hr/>
	97,0

Deuxième analyse. Je traitai de la même manière 5 gr. de la même substance ; je séparai 0^{er},34 de soufre, par la calcination ; la gangue pesait 0^{er},48 ; le sulfate de baryte obtenu, pesait 3^{er},88 et correspond à . . . 1^{er},24 de soufre.

Total du <i>soufre</i>	1 ^{er} ,58
Oxyde brun de cuivre.	1 ^{er} ,73
Oxyde rouge de fer.	2 ^{er} ,16

H 2

Résultat.

Soufre.	31,5
Cuivre.	28,0
Fer métallique.	29,0
Gangue.	9
	<hr/>
	97,5

Proportions moyennes.

Soufre.	31,5
Cuivre.	27,5
Fer métallique.	29,5
Gangue.	9
	<hr/>
	97,5

J'ai lieu de croire que les proportions de soufre sont un peu faibles, parce que toutes les méthodes employées ne donnent jamais la totalité de ce combustible.

Quand on traite les sulfures métalliques par l'acide nitrique étendu d'eau, le soufre reste mélangé avec des métaux qui s'oxydent pendant qu'on le vaporise; tout l'oxygène ajouté diminue la quantité du soufre: en employant l'acide nitro-muriatique et l'ébullition, on évite cet inconvénient; mais on peut vaporiser de l'acide sulfurique; de quelque manière que l'on s'y prenne on doit toujours regarder la quantité de soufre obtenue, comme au-dessous de celle qui existe réellement.

Malgré les erreurs inévitables dans les analyses, il est facile d'apercevoir que les quantités relatives de *soufre*, de *cuivre* et de *fer*, sont sensiblement les mêmes dans les deux échantillons de cuivre pyriteux. En faisant abstraction de la gangue et réduisant à 100 parties de minerai pur, on trouve:

Pour le cuivre pyriteux de Sainbel, *soufre* . . 37,0 . . *cuivre* . . 30,2 . . *fer* . . 32,3.

Pour celui de Baigorry, *soufre* . . 35,0 . . *cuivre* . . 30,5 . . *fer* . . 33,0.

M. Proust a fait voir que le *cuivre pyriteux* contenait le *sulfure de cuivre* tout formé, et il regarde ce minéral comme un mélange des deux sulfures de cuivre et de fer: cette opinion me paraît très-probable, quoiqu'on ne puisse peut-être pas encore assurer que le *sulfure de fer* y existe dans le même état de combinaison qui constitue la *pyrite de fer naturelle*.

M. Chenevix a obtenu d'un échantillon de cuivre pyriteux, 30 centièmes de cuivre et 53 d'oxyde de fer, qui correspondent à 35 de métal: j'ai aussi trouvé 30 centièmes de cuivre dans un morceau de *mine jaune* de Chessy. En comparant ces résultats entr'eux, et à ceux que j'ai présenté ci-dessus, j'ai été frappé du rapport qui existe entre les élémens d'un minéral qu'on regarde généralement comme étant d'une composition très-variable; la difficulté de le distinguer de la *pyrite de fer* a pu contribuer à accréditer cette dernière opinion, mais je suis porté à croire que lorsque le *cuivre pyriteux*

est bien homogène et non-décomposé, sa composition est sensiblement la même, quel que soit la mine d'où il provient, et qu'il peut être considéré comme une *espèce minéralogique*, déterminée et circonscrite par la chimie.

Cet aperçu n'est, au reste, qu'une simple conjecture sur laquelle on ne pourra prononcer, que lorsqu'on aura un plus grand nombre d'analyses faites sur des échantillons bien caractérisés et sans aucun mélange.

OBSERVATIONS

Sur la chaleur souterraine, faites aux Mines de Poullaouen et du Huelgoat en Bretagne.

Par J. F. DAUBUISSON.

IL y a peu de questions en physique, où l'on ait encore autant besoin d'avoir des faits positifs et bien constatés, pour pouvoir en tirer quelques conséquences, que celle sur la température de l'intérieur du globe, prise aux profondeurs qu'il nous est donné d'atteindre. J'ai déjà fait connaître quelques faits que j'ai observés à ce sujet dans les mines de la Saxe (1) : je vais maintenant en exposer quelques autres résultant des observations faites, l'été dernier, aux mines de Poullaouen et du Huelgoat en Bretagne. L'habitude que j'ai de ces sortes d'expériences, ainsi que la connaissance que j'avais déjà du local où j'opérais, m'ayant mis à même de choisir, avec quelque discernement, les points dont je voulais déterminer la température, j'espère que les faits que je vais rapporter ne seront pas sans quelque intérêt pour ceux qui s'occupent de la physique du globe terrestre.

Le thermomètre dont je me suis servi était à mercure et divisé en quatre-vingt parties, depuis le point de glace fondante jusqu'à celui d'eau

(1) Voyez le tom. 13 de ce Journal, et le *Journal de Physique*, tom. 62.