Zeitschrift: Actes de la Société jurassienne d'émulation
Herausgeber: Société jurassienne d'émulation
Band: 15 (1864)

Artikel: Analyses de quelques minerais de fer du Jura bernois
Autor: Fellenberg, L.-R. de
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-684284

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 02.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

ANALYSES DE QUELQUES MINERAIS DE FER

du Jura bernois, (1)

par M. *le* Dr L.-R. DE FELLENBERG, *professeur*.

Les minières de fer du Jura bernois et leur exploitation ainsi que le traitement de leurs produits pour fonte et fer malléable, ont trouvé leur histoire dès les temps historiques, dans différents mémoires, et surtout dans la *Notice historique et statistique sur les mines, les forêts et les forges de l'ancien évêché de Bâle*, par M. A. Quiquerez. Mais un travail analytique complet sur la constitution chimique des minerais de fer en grains de ces contrées n'a point encore été publié, quoique divers travaux, épars çà et là dans des journaux ou recueils scientifiques, aient jeté quelque jour sur leur composition. Nous possédons des analyses de fer pisolithique de Dole, dans le Jura français, par Berthier, qui ont 30 années de date. (*Essais par la voie sèche*, II, p. 223, nº 10.) Les résultats de ces analyses se rapprochent beaucoup des nôtres qui vont suivre. M. le professeur A. Muller, de Bâle, a aussi publié dans les Mittheilungen de la Société des sciences naturelles de cette ville, quelques notices sur les minerais de fer en grains du Jura ; il y révèle la présence du chrôme et du vanadium que nos analyses ont confirmée. Mais un travail complet

(1) La Société jurassienne d'émulation ayant reçu communication de ce travail et entendu le rapport de M. Quiquerez, qui constate sa valeur scientifique et son importance pour le Jura, a décidé l'impression de ce mémoire dans ses *Actes*. Les retards apportés à la publication du volume de 1863 ont permis de le faire encore figurer dans ce volume.

sur tous les minerais du Jura, et notamment du Jura bernois, est encore à l'heure qu'il est un désideratum qui dépasse de beaucoup les ressources et les forces d'un chimiste isolé, et qui devrait être entrepris et mené à bonne fin dans un laboratoire d'université ou d'une école des mines, qui malheureusement manque à notre pays, et qui créée en temps convenable au centre de nos régions sidérurgiques y aurait fait beaucoup de bien, et prévenu bien des désastres, suite inévitable de l'ignorance et de l'incurie.

Le plan de notre travail était, dans l'origine, de fournir les analyses des minerais des minières en exploitation dans le Jura bernois, de leurs produits provenant des différentes fonderies en activité, ainsi que des éduits des hauts-fourneaux, tels que laitiers, scories, fumées, etc.

Les matières devaient nous être remises par M. F. de Watteville, qui alors dirigeait les forges de Gerlafingen et la fonderie de Choindez et qui voulait bien seconder nos projets en nous fournissant les échantillons nécessaires, puisés aux sources et dans les parcs des fonderies.

Notre travail fut commencé en 1854 et continué avec différentes interruptions, indépendantes de notre volonté, jusqu'en 1860. Ce qui va suivre ne peut donc être considéré que comme un fragment insignifiant en comparaison du plan primitif que nous nous étions proposé ; et le motif de la communication de ce travail est de conserver quelque souvenir d'une richesse minérale qui a pendant si longtemps répandu l'aisance dans le pays, et qui sagement ménagée aurait peut-être pu durer plus longtemps.

Dans l'exposé des analyses qui vont suivre, nous n'entrerons pas dans le détail des opérations analytiques qui ont été suivies, mais nous nous contenterons d'indiquer à gros traits la marche de l'analyse. Nous entrerons seulement dans quelques détails pour les éléments dont la présence a une influence marquée sur la qualité des produits.

La prise d'essai a été faite avec un soin particulier, sur les quantités mises à notre disposition, en sorte qu'elle représente une vraie moyenne, également éloignée de résultats forcés ou affaiblis. La prise d'essai a été pulvérisée et porphyrisée, puis tamisée à travers une très fine mousseline et mélangée intimément. Elle ne fut soumise à l'analyse qu'après avoir perdu sous la cloche de dessication à la température ordinaire toute son humidité hygroscopique.

I. Minerai de fer en grains de Courroux.

Dans le but de bien connaître la composition du fer en grains pur, nous triâmes quelques onces, en choisissant des grains entiers bien lisses, représentant les différentes nuances de jaune, rouge et gris à peu près en quantités égales. Le tout fut réduit en poudre impalpable et intimément mélangé. La couleur de la poudre était le jaune d'ocre foncé ; par la calcination elle perd de l'eau, et passe au rouge sanguin. Chauffée avec de l'acide chlorhydrique la poudre s'y dissout sans produire la moindre effervescence, ni dégager de gaz, en laissant un résidu blanchâtre, qui après calcination prend une légère teinte rosée. Ce résidu est un mélange de silice, soluble dans le carbonate de soude, et provenant très probablement de la décomposition d'un silicate de fer, et de bol ou argile, inattaquable par les acides et les alcalis liquides, même les plus forts.

Analyse A. Le minerai est calciné et donne comme perte de poids un dosage d'eau d'hydratation. Le minerai calciné est digéré avec de l'acide chlorhydrique bouillant jusqu'à ce que le résidu se montre tout-à-fait blanc ; on filtre et on recueille le résidu qui est calciné et pesé. On le traite avec du carbonate de soude bouillant qui dissout la silice et abandonne l'argile intacte qui est pesée.

La dissolution alcaline évaporée avec un excès d'acide chlorhydrique et reprise par l'eau abandonne la silice qui est pesée. La dissolution chlorhydrique du minerai est précipitée

par un excès de soude caustique, pour séparer l'alumine; comme la première opération ne fournit jamais une séparation complète, on redissout l'oxyde de fer et on le reprécipite avec de la soude bouillante en répétant plusieurs fois ce traitement jusqu'à ce que la dissolution alcaline éprouvée n'accuse plus la présence de l'alumine. Celle-ci est dosée en sursaturant les liqueurs alcalines avec un acide et en précipitant la terre avec du carbonate d'ammoniaque. Pour doser le fer on redissout l'oxyde précipité avec la soude, et on le fait bouillir avec une lame de cuivre pur jusqu'à décoloration, selon le procédé de Fuchs. L'alumine examinée contient une petite quantité d'oxyde de plomb qui est dosée comme sulfate.

Analyse B. Une nouvelle dose de minerai est calcinée et fournit une nouvelle détermination de l'eau. On fond ensuite avec 4 parties de carbonate de soude et de potasse additionnés d'un peu de salpêtre. La masse fondue est épuisée par de l'eau et la dissolution alcaline, légèrement teintée de jaune citron sursaturée d'acide nitrique et évaporée à sec. En reprenant par l'eau, on a de la silice qui est pesée. La dissolution mélangée d'ammoniaque donne un précipité d'alumine qui est filtré. La dissolution jaune neutralisée par un acide, additionnée de nitrate basique d'oxydule de mercure, donne un précipité rouge, qui après calcination, fournit de l'oxyde de chrôme qui est pesé. L'alumine devant contenir tout l'acide phosphorique du minerai est dissoute dans l'acide chlorhydrique additionné d'acide tartrique, sursaturée d'ammoniaque caustique et précipitée par du sulfate de magnésie qui forme un léger dépôt de phosphate qui est recueilli et pesé. Le résidu ocreux de la fusion dissous dans l'acide chlorhydrique et bouilli avec du cuivre fournit un second dosage de l'oxyde de fer.

Analyse C. Une nouvelle portion du minerai est calcinée et donne un dosage de l'eau. Le minerai est ensuite dissous dans l'acide clorhydrique, filtré et bouilli avec du cuivre, ce qui donne un nouveau dosage de l'oxyde de fer.

Analyse D. Une 4me portion de minerai est calcinée et pesée. On dissout dans l'acide chlorhydrique et on filtre, après quoi

on précipite la dissolution à froid par digestion avec du carbonate de baryte en excès. Le filtré saturé d'hydrogène sulfuré donne un léger dépôt de sulfure de plomb. Après filtration, du sulfhydrate d'ammoniaque donne un précipité de sulfure de manganèse qui sert au dosage de ce métal ; éprouvé au chalumeau, l'oxyde de manganèse révèle la présence d'un peu d'oxyde de cobalt.

Analyse E. Les résidus argileux C et D bouillis avec du carbonate de soude sont débarrassés de la silice libre qui y est mélangée. En réunissant les argiles A, C et D on les a analysées en les fondant avec 4 parties de carbonate de soude et décomposant ensuite le produit de la fusion par les méthodes ordinaires. L'argile fut trouvée composée de 67,96 parties de silice et 32,04 parties d'alumine représentant le bisilicate $Al\ Si^2$.

Les résultats des analyses sont les suivants :

	A.	B.	C.	D.
Eau	13,96 %	13,92 %	13,71 %	13,33 %
Oxyde de fer	61,13 »	60,62 »	61,69 »	»
Silice	10,34 »	11,33 »	»	»
Alumine	11,13 »	»	»	»
Oxyde de plomb	0,29 »	»	»	0,22 »
» de chrôme	»	0,43 »	»	»
Acide phosphor.	»	0,33 »	»	»
Oxyde de mangan.	»	»	»	0,40 »
Argile	2,45 »	»	2,40	2,36 »

En réunissant les résultats de ces 4 analyses, en en prenant les moyennes, et en ayant égard aux compositions des résidus des minerais traités par l'acide chlorhydrique, nous trouvons pour composition du minerai de fer en grains choisis de Courroux :

Eau	13,66 %
Oxyde de fer . . .	61,24 »
Silice combinée . .	10,05 »
Alumine	10,81 »
A reporter.....	95,76 %

Report.....	95,76 %
Oxyde de chrôme . .	0,43 »
» de plomb . .	0,26 »
Oxydule de manganèse	0,40 »
Acide phosphorique .	0,33 »
Argile	2,40 »
	99,58 %

D'après Berthier, l'alumine se trouve dans le minerai en grains de Dôle, sous forme d'hydrate, et le fer partie comme hydrate et partie comme silicate. En adoptant cette manière de voir, nous représenterions le minerai de Courroux par la formule :

$Fe^3\ Si + \left.\begin{matrix}Al\\Fe\end{matrix}\right\}^2 Aq.$ soit un silicate tribasique d'oxyde de fer et un hydrate d'oxyde de fer et d'alumine; si l'on ne préfère considérer les grains, que comme un agglomérat purement mécanique.

La composition des grains triés, considérée comme type, nous rechercherons la composition du minerai tel qu'il est livré au haut-fourneau.

Fonderie de Choindez.

Sous la date du 19 novembre 1854, M. F. de Watteville me fit parvenir les renseignements suivants sur la fonderie de Choindez, accompagnés des matériaux nécessaires à la suite de ce travail. La fonderie de Choindez traitait alors exclusivement les minerais des minières de Cerneux et de Grosse-Fin, lavés soigneusement au patouillet et livrés par quantités égales au gueulard du haut-fourneau, avec 1/8 de castine : calcaire portlandien exploité dans le voisinage de la verrerie de Roche. La marche du haut-fourneau, alors en assez mauvais état, fournissait de la bonne fonte exigeant 105 % de charbon, et un laitier vitreux, d'une liquidité visqueuse, noir et fortement coloré par du manganèse. Ces renseignements étaient accompagnés des objets suivants :

1° Minerai de Cerneux, lavé au patouillet et puisé tel quel au parc de la fonderie, puis pulvérisé et bien mélangé.

2° Minerai de Grossefin lavé et puisé au parc et préparé de la même manière.

3° Castine, soit calcaire portlandien exploité à Roche et pris tel quel dans le parc.

4° Gueuse coulée le 16 novembre 1854, provenant de la fonte de parties égales de mines Cerneux et Grossefin avec 1/8 de calcaire portlandien.

5° Laitier de la même coulée que la gueuse.

6° Bol rouge-foncé contenant peu de grains de fer.

7° Bol rouge-clair, formant le toit de l'exploitation du fer.

Puis quelques échantillons d'Ofenbrüche, fumées et dépôts de hauts-fournaux éteints.

C'est dans ce même ordre que nous allons rendre compte des analyses que nous avons faites de ces matériaux.

II. Minerai de Cerneux.

Nous croyons tout-à-fait superflu de répéter pour l'analyse du minerai de Cerneux, la marche des opérations qui ont été les mêmes, que celles relatées plus haut, et qui ont dû avoir pour but la recherche et le dosage des mêmes éléments.

Trois analyses ont donné les résultats suivants :

Eau	12,84 %	13,15 %	12,89 %
Oxyde de fer . . .	59,81 »	60,32 »	59,39 »
Silice combinée . .	10,32 »	11,50 »	14,05 »
Alumine	» »	11,65 »	» »
Oxyde de chrôme .	» »	» »	0,22 »
Acide phosphorique	» »	» »	0,11 »
Argile	3,55 »	3,81 »	» »

En réunissant les chiffres de ces trois analyses et en en prenant les moyennes, nous trouvons pour la composition du minerai de Cerneux :

Eau	12,96 %
Oxyde de fer	59,84 »
Silice combinée	11,54 »
Alumine	11,65 »
Oxyde de chrôme . . .	0,22 »
Acide phosphorique . . .	0,11 »
Argile et sable	3,68 »
	100,00 %

Comme l'oxyde de fer contient 70 % de fer métallique, le minerai de fer de Cerneux doit fournir 41,88 % ou environ 42 % de fer. Les épreuves pour y rechercher le soufre, le manganèse et le zinc ont donné des résultats négatifs.

III. Minerai de fer de Grossefin.

Ce minerai qui m'avait été signalé par M. de Watteville comme moins pur que celui de Cerneux, et surtout comme pouvant contenir du zinc et du gypse a été soumis à différentes épreuves qui ont constaté la présence de l'acide sulfurique et de l'oxyde de zinc. De plus, le dosage de l'oxyde de chrôme a aussi révélé la présence du Vanadium, mais qui n'a pas pu être dosé à part. Les engorgements du gueulard du haut-fourneau de Choindez par des fumées de zinc ne pouvant pas s'expliquer par la composition de la mine de Cerneux, il fallait bien que ce fût le minerai de Grossefin qui fût le coupable, ce que des recherches réitérées et soigneuses ont constaté.

Quatre analyses ont fourni les nombres suivants.

Eau	13,32 %	13,60 %	13,14 %	
Oxyde de fer. . . .	62,54 »	61,61 »	61,00 %	
Silice combinée . .	9,15 »	»	9,09 »	
Alumine	10,38 »	»	»	
Oxyde de manganèse .	0,23 »	»	»	
» de plomb . .	0,20 »	»	»	
» de chrôme et acide vanadique	»	»	0,20	
Acide phosphorique .	»	»	1,00	
» sulfurique . .	»	»	0,22	
Oxyde de zinc . . .	0,08 »	0,46 »	»	0,68 %
Argile	2,77 »	3,42 »	»	

En résumant tous les éléments de ces analyses et en en prenant la moyenne, nous trouvons pour le minerai de Grossefin la composition suivante :

Eau	13,36 %
Oxyde de fer	61,72 »
Silice combinée	9,12 »
Alumine	10,38 »
Oxyde de manganèse	0,23 »
Oxyde de plomb	0,20 »
Oxyde de zinc	0,41 »
Oxyde de chrôme et acide Vanad	0,20 »
Acide sulfurique	0,22 »
Acide phosphorique	1,00 »
Argile	3,10 »
	99,94 %

Le minerai de Grossefin doit contenir 43,2 % de fer et fournir en fonte environ 44 % en tenant compte de 4 à 5 % de carbone qui entrent dans la composition de la fonte.

Si nous mettons en regard les analyses des minerais de Courroux, de Cerneux et de Grossefin, nous obtenons le tableau suivant :

	Courroux.	Cerneux.	Grossefin.	Analyses faites par divers chimistes sur la demande de la Société des forges d'Undervelier. (1)			
				Courroux. Colliard.	Séprais.	Mine de fer en roche de l'oolite inférieure, près des Rangiers.	
Eau	13,66	12,96	13,36	14,50	14,50	Fer, oxide de fer	24,60
Oxyde de fer	61,24	59,84	61,72	66,00	65,50	Oxyde de manganèse	traces
Silice combinée	10,05	11,54	9,12	11,00	12,00	Oxyde de chrôme	traces
Alumine	10,81	11,65	10,38	10,00	11,50	Acide phosphorique	traces
Oxyde de manganèse	0,40	»	0,23	00,10	00,05	Alumine soluble	00,52
Oxyde de plomb	0,26	»	0,20	»	»	Carbonate de chaux	56,30
Oxyde de zinc	»	»	0,41	»	»	Carbonate de magnésie	00,41
Oxyde de chrôme et ac. Vanad.	0,43	0,22	0,20	00,10	00,10	Argile et quartz	12,00
Acide sulfurique	»	»	0,22	»	»	Eau (par différence)	06,17
Acide phosphorique	0,33	0,11	1,00	»	»		
Argile	2,40	3,68	3,10	»	»		
	99,58	100,00	99,94	101,70	103,65		100,00

(1) Nous devons à M. Quiquerez ce tableau, que nous publions en regard de nos propres analyses.

La moyenne richesse en fer entre les minerais de Cerneux et de Grossefin est de 42,54 %, devant donner au haut-fourneau de 43 à 44 % de fonte.

L'inspection du tableau montre la concordance de la composition des trois minerais, mais indique aussi quelques différences difficiles à expliquer.

Nous considérons la quantité d'acide phosphorique donnée par l'analyse du minerai de Grossefin comme trop forte, ce qui s'explique du reste dans un mélange aussi complexe, et où cet acide se trouve associé à des substances aussi diverses dont il est fort difficile à séparer. Nous n'avons pu découvrir sous quelle forme le zinc et le chrôme se trouvent dans le minerai.

IV. Calcaire portlandien.

Le calcaire réduit en poudre fine et desséché à 200° fut analysé par les méthodes ordinaires que nous croyons superflu de détailler ici, cette analyse étant une des plus simples et ne présentant aucune difficulté particulière. Les résultats réunis nous donnèrent pour la composition du calcaire.

Carbonate de chaux	97,62 %	soit acide carbon.	43,24 %
» de magnésie	0,55 »	chanx	54,67 »
Silice combinée	0,70 »	magnésie	0,26 »
Sable	0,44 »	oxyde de fer	0,59 »
Oxyde de fer	0,59 »	silice et sable	1,14 »
	99,90 %		99,90 %

Soit matières volatiles dans le haut-fourneau .	43,24 %
Et matières fixes et vitrifiables.	56,66 »
	99,90 %

Cette dernière distinction est importante quand on veut se rendre compte du rôle du calcaire comme fondant dans le haut-fourneau.

Comme le calcaire portlandien est employé dans la fonderie de Choindez pour 1/8 du poids du minerai, nous avons été curieux de l'employer aussi et en même proportion comme fondant dans un essai de fer pour fonte, en suivant le procédé pratiqué par Berthier.

Essai des minerais de Cerneux et de Grossefin pour fonte.

Un creuset de Paris a été garni de brasque et pourvu d'une cavité suffisante pour recevoir le mélange intime de minerai et de calcaire. Après avoir introduit la matière d'essai dans la cavité de la brasque, on l'a recouverte de poussier de charbon, bouché le vide du creuset avec une rondelle de charbon effleurant à son bord et garni le creuset d'un couvercle luté avec de la terre de Lengnau ou Houpper. Le creuset luté sur un fromage en terre réfractaire fut ensuite introduit dans une forge d'essai recevant le vent par un ventilateur. Le creuset entouré et recouvert de charbon noir fut lentement porté au rouge en jetant une pellée de charbon allumé sur le charbon noir, sans donner d'autre vent que le tirage naturel de la forge. Au bout d'un quart d'heure, on donne du vent, d'abord modérément puis graduellement plus fort en remplacant le charbon consumé par du coque. Au bout de 3/4 d'heure, le creuset est porté au blanc éclatant, et le combustible affaissé mettant à nu le creuset, on retire celui-ci au moyen d'une tenaille recourbée et on le laisse refroidir complètement.

En ouvrant le creuset et vidant le creux de la brasque on trouve un culot composé de fonte et de laitier. Voici les résultats obtenus dans un essai fait :

Minerai de Cerneux	5,0 gr^m	correspondant à minerai calciné	4,35 gr^m
» de Grossefin	5,0 »	corresp. audit. .	4,33 »
Calcaire portlandien	1,25 »	» à chaux .	0,71 »
	11,25 gr^m		9,39 gr^m

Ont donné	Fonte 4,38 gr^m	Total	7,57 »
	Scorie 3,19 »		
		Oxygéne	1,82 gr^m
Chaux ajoutée	0,71 gr^m		
Matières vitrifiables	2,48 gr^m	silice, arg., alum.	
Matières insolubles	1,37 »	silice, argile.	
Matières solubles	1,11 gr^m	alumine, oxyde de mang.	

Le culot de fonte était gris, aisé à limer, peu cassant, la scorie limpide, vitreuse, teinte en violet par de l'oxyde de manganèse. Le rendement en fonte était de 43,8 % pour le mélange de minerais de Cerneux et de Grossefin. En calculant la scorie d'après les éléments connus qui entrent dans l'essai de fer, elle doit être composée comme suit :

Silice	39,47 %
Alumine	38,22 »
Chaux et magnésie . . .	22,24 »
	99,93 %

Cet essai confirme le rendement en grand de la fonderie de Choindez, qui est aussi de 43 à 44 % de fonte.

V. Laitier du haut-fourneau de Choindez.

Le laitier est vitreux, d'une couleur noire violacée très foncée, transparent dans des éclats minces, et présentant une nuance violette très marquée, accusant la présence de l'oxyde de manganèse.

Divers échantillons de laitier furent porphyrisés et réduits en poudre impalpable puis analysés de la manière suivante :

Analyse A. Par l'acide chlorhydrique.

Digestion avec de l'acide chlorhydrique concentré qui eut lieu avec dégagement d'hydrogène sulfuré, accusant un sulfure dans le laitier. Evaporation à sec et reprise par de l'eau qui abandonne de la silice. La dissolution précipitée par de l'ammoniaque fournit de l'alumine. Celle-ci après pesée, est redissoute dans de l'acide chlorhydrique additionné d'acide tartrique et sursaturée d'ammoniaque, et donne avec le sulfhydrate ammonique des sulfures de fer et de manganèse qui sont séparés et dosés par les méthodes ordinaires. La dissolution précipitée par l'ammoniaque fournit par l'oxalate ammonique la chaux, et par le phosphate de soude de la magnésie.

Analyse B. Par l'acide fluorhydrique.

Digestion du laitier avec un excès d'acide fluorhydrique, puis évaporation à sec avec de l'acide sulfurique. La masse reprise

par de l'eau est digérée avec un excès de carbonate d'ammoniaque qui sépare la chaux, les oxydes de fer et de manganèse et l'alumine.

La liqueur filtrée est précipitée par un excès d'acétate de baryte et filtrée. La liqueur évaporée à sec et le résidu calciné au rouge, puis repris par de l'eau, saturé d'acide chlorhydrique et évaporé à sec fournit des chlorures alcalins qui sont séparés par le sel de platine, et fournissent les dosages de la soude et de la potasse, provenant sans doute des cendres du combustible employé dans le haut-fourneau.

Analyse C. Par l'acide chlorhydrique.

Décomposition et évaporation à sec, puis reprise par de l'eau pour recueillir et doser la silice. La liqueur saturée d'hydrogène sulfuré se troubla un peu par du soufre mis en liberté, mais ne donna point de sulfures, et prouva l'absence de métaux précipitables par ce réactif. La liqueur fut digérée à froid par du carbonate de baryte, puis après filtration on sépara le fer et le manganèse par le sulfhydrate ammonique. En les séparant par les méthodes ordinaires on y découvrit des traces de cobalt.

Analyse D.

Pour doser le soufre dans le laitier 2 gr^{m} furent fondus avec du carbonate de soude et du nitre et la masse fondue épuisée avec de l'eau, puis la dissolution mélangée avec un excès de carbonate d'ammoniaque et filtrée. La liqueur acidifiée avec de l'acide clorhydrique fut précipitée avec du chlorure de baryum. Le sulfate de baryte filtré et pesé donna par calcul le soufre contenu dans la scorie sous forme de sulfure de calcium. Le résidu de la fusion ainsi que le précipité produit par le carbonate d'ammoniaque furent dissous dans de l'acide chlorhydrique et la masse évaporée à sec. En reprenant par de l'eau on eut un résidu de silice qui fut dosé. La dissolution fournit par le traitement ultérieur selon les méthodes ordinaires l'alumine et la chaux. En réunissant les résultats analytiques des 4 analyses, nous avons les nombres suivants :

	A.	B.	C.	D.
Silice	34,54 %	»	33,86 %	33,75 %
Alumine . . .	38,83 »	36,54 %	»	38,35 »
Chaux	27,47 »	28,17 »	»	28,49 »
Magnésie . . .	0,21 »	0,64 »	»	
Oxydule de fer .	0,82 »	0,77 »	»	»
Oxyde de cobalt .		0,21 »	»	»
Oxydule de mang.	0,36 »	»	0,21	»
Potasse . . .	»	0,13 »	»	»
Soude	»	0,37 »	»	»
Soufre. . . .	»	»	»	0,10 »

En réunissant les résultats des 4 analyses, et en prenant les moyennes des différents dosages du même élément, et en combinant le soufre trouvé avec une quantité correspondante de calcium, pris sur le chiffre donné pour la chaux, nous trouvons pour la composition du laitier du haut-fourneau de Choindez les nombres suivants :

Silice	33,71 %
Alumine	37,90 »
Chaux	28,04 »
Sulfure de calcium .	0,23 »
Magnésie	0,42 »
Oxydule de fer . .	0,68 »
» de mangan.	0,28 »
Oxyde de cobalt . .	0,21 »
Potasse	0,13 »
Soude	0,37 »

L'inspection de cette analyse fait voir que la fusion des minerais de fer dans le haut-fourneau s'est faite dans les meilleures conditions, puisque le laitier ne contient que 1/2 % environ d'oxydule de fer, et que le rendement théorique est donc pleinement atteint. La majeure partie des oxydes de cobalt et de manganèse du minerai se trouve de même entraînée dans la scorie, tandis que l'absence des oxydes de plomb et de zinc prouve que ces métaux, qui ne peuvent guère s'allier avec le fer, ont dû être volatilisés, ce

que la présence des cadmies dans le gueulard rend évident pour le zinc. Enfin, la nature très basique du laitier, qui retient le soufre du minerai et n'en laisse point entrer dans la fonte, montre la judicieuse composition des charges du haut-fourneau. Quant à la potasse et à la soude révélées par l'analyse, elles ne peuvent provenir que du combustible, le charbon de bois, dont les cendres contiennent ces deux alcalis en proportions fort variables selon le terrain sur lequel le bois a crû. Le laitier devrait être composé de la même manière que la scorie de l'essai de fer dont nous avons donné plus haut la composition théorique, mais cela n'a pas lieu. En ne considérant que les trois éléments essentiels du laitier et en les mettant en regard de la composition théorique déduite de l'essai de fer, nous avons les tableaux suivants :

	Analyse	*Essai de fer.*
Silice	33,71	39,47
Alumine	37,90	38,22
Chaux	28,04	22,24
	99,65	99,93

Nous voyons que dans les deux l'alumine est l'élément qui concorde seul, tandis que la silice et la chaux y sont en proportions inverses, ce qui s'explique le mieux par le fait que les matériaux sont dans le traitement en grand jetés par mesures dans le haut-fourneau, tandis que l'essai a été fait avec des matières sèches très exactement pesées.

La composition du laitier du haut-fourneau correspond à un double silicate de chaux et d'alumine de la formule :

$$3\,Ca\,Si + 2\,Al\,Si$$

où la silice est également partagée entre la chaux et l'alumine, — La présence du sulfure de calcium dans le laitier doit provenir du gypse qui accompagne souvent le fer en grain de Grossefin.

VI. Fonte ou gueuse de Choindez.

La fonte est grise, peu cassante, facile à limer et à forer, et la limaille ou tournure tache les doigts comme la plombagine,

Pour nous procurer la fonte à l'état de division propre à l'analyse, et exempte de fer ou d'acier provenus de l'usure des outils, nous nous sommes décidé au forage au tour et avons fait percer un trou cylindrique de 2 pouces de profondeur sur environ 1 de diamètre dans un morceau de gueuse de la grosseur d'un poing, en recevant sur une feuille de papier propre la tournure de la fonte. Celle-ci a été passée à travers un tamis très fin et a ainsi fourni deux grosseurs de grain : l'une comme de la farine, et la plus grosse comme de la semoule. La fine devait être plus riche en carbone que la grossière, car elle tachait fortement le tamis et les doigts. Le foret examiné avec soin après le forage s'est trouvé parfaitement tranchant et sans brèches et n'a donc rien cédé à la tournure de la fonte.

D'après la composition du laitier qui n'avait pas parmi ses éléments tous ceux des minerais, à l'exception du fer, il était naturel de rechercher dans la fonte ceux des éléments des minerais que le laitier ne contenait pas; tels étaient le soufre, le phosphore, le silicium, le carbone, et les métaux manganèse, chrôme et vanadium. Quant au zinc qui se volatilise en entier à la température du haut-fourneau et ne s'allie que difficilement avec le fer, on le savait contenu dans les fumées du gueulard. L'analyse de la fonte devait par conséquent être fractionnée, et avoir pour but principal l'élimination du fer dont le dosage se ferait par différence, toutes les erreurs de l'analyse devant retomber sur cet élément qui pouvait le mieux en supporter le poids sans compromettre l'exactitude exigible en pareille matière.

Analyse A. Recherche du soufre.

10 grammes de fonte *gros grain* furent mis dans un ballon contenant de l'eau muni d'un tube de dégagement, et dissous dans de l'acide chlorhydrique ajouté par petites doses, en sorte que le dégagement du gaz hydrogène, conduit à travers un appareil à boules contenant une solution ammoniacale de nitrate d'argent n'avait lieu que très lentement. La durée de toute l'opération fut d'une huitaine de jours. A la fin le ballon fut chauffé pour parachever la dissolution du fer. Tout l'hy-

drogène produit par la dissolution de 10 grammes de fonte, environ 4200 centimètres cubes, passa par le nitrate d'argent ammoniacal sans y produire le moindre trouble ou précipité, ce qui prouva l'absence totale du soufre dans la fonte.

Un second essai B. Conduit de la même manière avec de la fonte *grain fin* donna le même résultat négatif. Les dissolutions A et B, ainsi que les résidus A et B des deux opérations furent utilisés pour les analyses suivantes.

Dissolution chlorhydrique A. Saturée de gaz hydrogène sulfuré, il s'y forma un léger précipité de sulfure de cuivre qui servit à doser ce métal. La dissolution bouillie pour chasser le gaz fut oxydée avec de l'acide nitrique, exactement saturée avec du carbonate de soude et précipitée avec du succinate de soude. Après filtration la liqueur additionnée de sulfhydrate ammonique donna un précipité noir de sulfures de cobalt et de manganèse.

La dissolution hydrochlorique B donna, après avoir été traitée de la même manière, à l'exception du cuivre qui ne fut pas dosé, les mêmes résultats.

Résidu A. Ce résidu noir fut fondu dans un creuset de platine avec 10 parties de carbonate de soude et un peu de salpêtre. La masse traitée avec beaucoup d'eau abandonna un dépôt noir de graphite. La dissolution alcaline neutralisée avec de l'acide nitrique avait une forte teinte jaune due aux acides chrômique et vanadique. Evaporée à sec la dissolution gélatina, et reprise par de l'eau, elle abandonna de la silice, provenant du silicium de la fonte; la silice fut recueillie et pesée. La dissolution précipitée par du nitrate basique d'oxydule de mercure donna un précipité rouge qui servit à doser le chrôme et le vanadinm.

Résidu B. Fusion du résidu avec du carbonate de soude et du nitre, traitement par l'eau et filtration. La dissolution neutralisée avec de l'acide nitrique fut évaporée à sec et après séparation de la silice, on ajouta du sulfate ammoniacal de magnésie qui donna un précipité légèrement jaunâtre de phos-

phate de magnésie qui, après calcination, conservait une teinte jaunâtre due à une trace d'acide vanadique.

La proportion de phosphore trouvé dans la fonte est ainsi un peu trop forte. Le filtré du précipité de phosphate de magnésie fut précipité avec du sous-nitrate mercureux et donna un dosage un peu trop faible de chrôme et de vanadium.

Analyse C. Dosage du phosphore.

3 grammes de fonte furent dissous dans de l'acide nitrique et le tout évaporé à sec et la masse fondue avec du carbonate de soude et de potasse. La masse reprise par l'eau et neutralisée avec de l'acide nitrique fut évaporée à sec et traitée comme on vient de le dire pour les résidus A et B.

Analyse D. Dosage du phosphore.

Répétition de la même opération comme pour C.

Analyse E. Dosages du chrôme et du vanadium.

23,75 grammes de fonte furent dissous dans de l'acide chlorhydrique et le résidu noir traité comme le résidu B, toutefois en omettant de peser le phosphate de magnésie. — En résumant toutes ces opérations nous avons obtenu les résultats suivants :

	Solution.		Résidu.		Phosphore		Chrôme et Vanad.
	A.	B.	A.	B.	C.	D.	E.
Cuivre	0,0112	»	»	»	»	»	»
Manganèse	0,0127	0,0117	»	»	»	»	»
Cobalt	0,039	0,0114	»	»	»	»	»
Phosphore	»	»	»	0,1125	0,317	0,2938	»
Silicium	»	»	1,124	1,142	1,048	»	»
Chrôme	»	»	0,034	0,152	»	0,460	0,0174
Vanadium	»	»	»	0,070	»	»	0,112

En réunissant tous les résultats de ces 7 analyses partielles nous trouvons dans la fonte les éléments suivants :

Cuivre	0,0117 %
Manganèse	0,0142 »
Cobalt	0,0252 »
Chrôme	0,1650 »
Vanadium	0,0910 »
Phosphore	0,2077 »
Silicium	1,0712 »
	1,5860 %

Le métalloïde le plus important de la fonte, le carbone, ne figure point encore dans le tableau ci-dessus ; nous en avons fait l'objet d'une série de recherches dont nous allons rendre compte.

Dosage du carbone de la fonte.

Peu d'éléments ont donné lieu à autant de méthodes de dosage que le carbone renfermé dans la fonte sous deux formes : comme carbone chimiquement combiné au fer, et comme carbone libre appelé graphite, parce qu'il en partage la propriété de tacher en gris comme la plombagine, qu'il est d'aussi difficile combustion que cette dernière, et qu'il a la même forme cristalline. Toutes les méthodes de dosage du carbone se réduisent à le brûler par l'oxygène, soit libre, soit combiné, et à mesurer ou peser l'acide carbonique produit par la combustion.

La dissolution de la fonte dans un acide non oxydant, tel que l'acide chlorhydrique, ou l'acide sulfurique étendu, fournit un dépôt ou résidu noir, contenant une partie du carbone de la fonte, tandis qu'une autre s'est dégagée, combinée à l'hydrogène naissant sous forme d'un carbure d'hydrogène volatil et huileux caractérisé par une odeur fétide. Si l'on traite la fonte avec un acide oxydant, par exemple l'acide nitrique, une partie du carbone s'oxyde en acide carbonique et échappe à la détermination, tandis que le résidu noir ne contient que le carbone graphite et une autre partie à l'état de matière brunâtre soluble dans les alcalis. Pour isoler le carbone, sans qu'aucune partie ne puisse s'oxyder ni se dégager, combinée à de l'hydrogène, les chimistes ont proposé les méthodes suivantes :

1° *Berthier* : L'oxydation à l'air libre. La fonte réduite en poussière fine, humectée d'eau est étalée dans une large capsule et exposée à l'air. La fonte ne tarde pas à s'oxyder et à se couvrir d'une couche de rouille ; on l'agite souvent avec une baguette de verre en l'étalant en couche mince sur tout le fond de la capsule pour renouveler la surface. L'eau évaporée

est remplacée de temps en temps. La matière change d'aspect, elle devient toujours plus légère et plus jaune de couleur, les grains noirs pesants diminuent,et en remuant quelquefois avec un bâton aimanté bien poli, on remarque à la fin de l'opération la disparition de grains capables de s'attacher à l'aimant.

L'oxydation est achevée, le fer métallique a fait place à un mélange d'hydrate d'oxyde de fer, de silice et de carbone. En ajoutant suffisamment d'acide chlorhydrique on dissout l'oxyde de fer et le résidu est le carbone isolé recherché.

On le filtre sur un tampon d'amianthe préparé par la calcination, ou sur un tampon d'éponge de platine comme Berzélius l'a proposé dans le temps.

L'oxydation de la fonte à l'air exige, selon la saison, de 5 à 8 jours.

2° *Méthode de Berzélius* par le chloride cuivrique ou par le mélange de sulfate cuivrique et de sel marin.

La méthode étant suffisamment connue, nous trouvons inutile de la décrire.

Pour oxyder le carbone et pouvoir le doser sous forme d'acide carbonique, nous nous sommes servi de la nouvelle méthode proposée par M. le professeur Brunner, de Berne, consistant à traiter la matière charbonneuse dans une cornue ou un matras avec un mélange d'acide sulfurique concentré ou peu dilué et de bichrômate de potasse à une température voisine de celle de l'ébullition, et à recueillir l'acide carbonique dans des tubes d'absorption chargés d'un mélange de potasse et de chaux caustiques. Cette méthode présente l'avantage de permettre l'observation de la réaction ainsi que la fin de l'expérience. Elle a aussi l'avantage de pouvoir être appliquée, comme M. Brunner l'a fait, au dosage du carbone de la fonte, en employant celle-ci telle quelle, sans avoir besoin d'en isoler préalablement le carbone. Dans ce cas le carbone est dosé en deux opérations successives :

Dans la première, la fonte est dissoute, et son carbone chimiquement combiné au fer est oxydé et recueilli par la chaux potassée ; dans la seconde opération, le résidu de la première,

consistant en graphite, est oxydé par un mélange plus oxydant et plus concentré, et l'acide carbonique est de même absorbé dans des tubes récepteurs pesés d'avance. Cette méthode présente en outre l'avantage fort précieux de donner les proportions relatives du carbone combiné et du graphite dans la fonte ce qu'aucune des autres méthodes ne réalise. Le seul désavantage qu'elle a, est de prêter aisément à quelques pertes par les nombreuses opérations qu'elle nécessite, telles que filtrations, décantations etc. ; mais la différence n'atteint guère 1/2 °/₀ d'avec les autres méthodes. (Voyez *Ann. de Poggendorff*, XCV, pg. 379 à 396.)

Comme cette méthode est relativement nouvelle, nous donnerons le détail de nos analyses dans ce qni va suivre :

A. *Procédé Brunner.*

a) 2,0 gr^m fonte gros grain 60 cent. cube eau 9 » » huile de vitriol 12 gr^m bichrômate de potasse.	Résultat : 0,051 gr^m acide carbon. soit 0,0139 gr^m carbone, soit 0,695 °/₀ carbone combiné au fer.
b) Résidu de l'apération *a* 2 Cc. eau 15 » huile de vitriol 5 gr^m bichrômate d. p.	Rés. 0,206 gr^m acide carbonique, soit 0,056 gr^m carbone, » 2,800 °/₀ graphite. Total du carbone 3,504 °/₀.
c) 2,0 gr^m fonte *grain fin.* 60 Cc, eau 9 » huile de vitriol 12 gr^m bichrômate d. p	Rés. 0,0615 gr^m acide carbonique, soit 0,0168 gr^m carbone, » 0,840 °/₀ carbone.
d) Résidu de l'opération *c* 2 Cc. eau. 15 Cc. huile de vitriol 5 gr^m bichrômate d. p.	Rés. 0,202 gr^m acide carbonique, soit 0,0551 gr^m carbone, » 2,755 °/₀ graphite Total du carbone 3,595 °/₀

Moyenne des deux résultats 3,545 °/₀ carbone.

B. *Carbone isolé selon le procédé Berthier.*

a) Résidu de 5 gr^m fonte gros grain.

10 Cc. eau 24 Cc. huile de vitriol 12 gr^m bichrômate de p.	Rés. 0,701 gr^m acide carbonique, soit 0,191 gr^m carbone, soit 3,820 °/₀ »

b) Résidu de 5 gr^m fonte grain fin.

8 Cc. eau 24 Cc. huile de vitriol 12 gr^m bichrômate d. p.	Rés. 0,7375 gr^m acide carbonique, soit 0,201 gr^m carbone, soit 4,020 °/₀ »

C. *Procédé Berzélius par le sulfate cuivrique*

a) Résidu de 3 gr^m fonte gros grain.

8 Cc. eau 18 Cc. huile de vitriol 9 gr^m bichrômate d. p.	Rés. 0,424 gr^m acide carbonique, soit 0,1156 gr^m carbone, soit 3,853 % »

b) Résidu de 5 gr^m fonte grain fin.

10 Cc. eau 24 Cc. huile de vitriol 12 gr^m bichrômate d. p.	Rés. 0,740 gr^m acide carbonique, soit 0,202 gr^m carbone. soit 4,040 % »

D. *Procédé Berzélius par le chloride cuivrique.*

a) Résidu de 2 gr^m fonte gros grain.

5 Cc. eau 12 Cc huile de vitriol 6 gr^m bichrômate d. p.	Rés. 0,290 gr^m acide carbonique, soit 0,079 gr^m carbone, soit 3,950 % »

b) Résidu de 5 gr^m fonte grain fin.

5 Cc. eau 22 Cc. huile de vitriol 11 gr^m bichrômate d. p.	Rés. 0,747 gr^m acide carbonique, soit 0,204 gr^m carbone soit 4,080 % »

En résumant toutes ces déterminations du carbone isolé par différents procédés, mais oxydés par le mélange oxydant du bichrômate de potasse et d'acide sulfurique concentré du commerce, que nous avons appelé simplement huile de vitriol, nous avons le tableau suivant :

	Fonte gros grain.	*Fonte grain fin.*
Procédé Brunner . .	3,504 %	3,593 %
» Berthier . .	3,820 »	4,020 »
» Berzélius C .	3,853 »	4,040 »
» Berzélius D .	3,950 »	4,080 »

En prenant les moyennes des deux tableaux, abstraction faite des résultats obtenus par le procédé Brunner, qui par les raisons indiquées plus haut en diffèrent trop notablement, nous avons pour carbone dans la fonte à gros grain 3,875 % et pour celle à grain fin 4,046 %.

Cette différence s'explique aisément par l'observation que la fonte à grain fin tache davantage les doigts que celle à gros grain; la première contient la poussière de graphite détachée de toute la fonte par le frottement et le tamisage. Mais comme

les volumes des deux numéros de fonte étaient sensiblement les mêmes, nous ne commettons pas une erreur appréciable en prenant la moyenne des deux chiffres ci-dessus pour le chiffre exact de la teneur en carbone de la fonte qui est de 3,960 %

Les chiffres donnés par le procédé Brunner sont importants, en ce qu'ils nous indiquent les proportions de carbone combiné chimiquement et de graphite, qui étant :

0,767 %	carbone,	soit	21,6 %
2,777 »	graphite	»	78,4 »
3,544 %			100,0 %

donnent pour la moyenne ci-dessus de 3,960 % :

0,855 % carbone combiné,
3,105 » graphite libre.

Nous avons maintenant les moyens de compléter par le carbone la composition de la fonte, que nous trouvons contenir les éléments suivants :

Cuivre		0,0117 %
Manganèse		0,0142 »
Cobalt		0,0252 »
Chrôme		0,1650 »
Vanadium		0,0910 »
Phosphore		0,2077 »
Silicium		1,0712 »
Carbone 3,960 %	carbone	0,8550 »
	graphite	3,1050 »
Fer, dosé par différence		94,4540 »

En comparant ce tableau à ceux des analyses des minerais dont il provient, nous remarquerons une diminution des proportions de la plupart des métaux ; pour le chrôme et le vanadium à peu près les mêmes proportions tandis qu'ils auraient dû augmenter, vu leur absence dans le laitier et leur probable fixité dans le feu du haut-fourneau. Le soufre est resté en entier dans le laitier, et le phosphore a éprouvé une notable diminution.

C'est avec cette excellente fonte, propre à la sablerie aussi

bien qu'à l'affinage, qu'est produit le bon fer doux du Jura, qui a été apprécié à sa véritable valeur lors de la construction des deux ponts en fils de fer de Fribourg, dont le constructeur n'a pas voulu employer d'autre fer que celui des usines du Jura bernois. La fonte de Choindez, affinée à Gerlafingen près Soleure, produit un fer excellent que nous avons aussi analysé.

VII. Fer doux de Gerlafingen.

Pour menuiser le fer et le préparer ainsi à l'analyse on se sert d'ordinaire de la lime ; mais ce moyen ne donne aucune garantie que la limaille ne soit pas mélangée de l'usure de la lime ; nous avons préféré les copeaux obtenus par le tournage au moyen d'un burin de bonne trempe bien affilé, dont le tranchant et la pointe en biseau peuvent être contrôlés quant à l'usure ou aux brèches. Après avoir obtenu une trentaine de grammes de copeaux de tournure, enlevés à un barreau rond, le burin se trouvait à peine émoussé et n'avait pas la moindre brêche.

Comme le fer doux de Gerlafingen ne doit contenir que très peu de matières étrangères, nous résolûmes de borner l'analyse aux dosages du carbone, du silicium et de quelqu'autre matière qui se présenterait.

Dosage du carbone. 9,133 grammes de tournure de fer furent digérés selon le procédé de Berzélius avec un mélange dissous de 42 gr^{m} de sulfate cuivrique et 21 gr^{m} de sel marin, puis le résidu de cuivre avec du chloride de cuivre additionné d'acide chlorhydrique. Le résidu charbonneux fut filtré sur un tampon d'asbeste et bien lavé. L'asbeste noircie fut traitée par

2 Cc. eau	Résultat 0,018 gr^{m} ac. carbon.
6 Cc. huile de vitriol	soit 0,0049 gr^{m} carbone,
3 gr^{m} bichrômate de pot.	soit 0,054 %

Dosage du silicium. 23 gr^{m} de tournure de fer furent dissous dans de l'acide chlorhydrique et à la fin de l'opération la dissolution portée à l'ébullition. Le léger résidu noirâtre fut filtré et lavé et après calcination du filtre fondu avec du

carbonate de soude et un peu de nitre. La masse fondue se dissolvit dans l'eau et fut sursaturée d'acide nitrique, puis évaporée à sec et reprise par de l'eau elle abandonna de la silice qui fut pesée. La dissolution légèrement teintée en jaune citron, accusant la présence du chrôme ou du vanadium fut précipitée par du sous-nitrate mercureux qui produisit un léger dépôt rouge qui fut filtré et calciné. L'oxyde de chrôme contenait un peu d'acide vanadique qui pouvait être extrait par de l'ammoniaque, et après évaporation être reconnu comme tel. Les résultats de ces analyses furent les suivants :

Carbone	0,054 %
Silicium	0,063 »
Chrôme de Vanadium . .	0,018 »
Fer par différence. . . .	99,865 »

D'autres éléments ne furent point recherchés dans le fer doux, cette recherche paraissant infructueuse, vu la pureté de la fonte de laquelle le fer provenait.

Nous regrettons de n'avoir pu analyser les scories d'affinage de la forge de Gerlafingen ; mais pour qu'un pareil travail fût utile, il aurait aussi fallu analyser de concert la fonte livrée à l'affinage, le fer affiné et les scories résultant de ce travail, ce qui n'a pu se faire vu le départ de M. de Watteville des forges de Gerlafingen.

VIII. Fumées de Zinc de Choindez.

Le gueulard du haut-fourneau de Choindez se trouve, à la fin de chaque campagne de fusion, garni et souvent obstrué de croûtes volumineuses d'une matière pesante et dure ressemblant à du schiste, ayant une structure feuilletée, et présentant des couleurs très variées de gris noirâtre, vert foncé, ocre, jaune et blanc, qui changent continuellement dès que ces dépôts sont exposés à l'air. Ces matières sont essentiellement composées d'oxyde zinc, provenant du minerai de Grossefin, qui réduit dans le bas du haut-fourneau se volatilise comme métal et s'oxyde de nouveau dans l'atmosphère d'acide carbonique du gueulard et s'y dépose.

L'analyse de ces dépôts fut faite en décomposant la matière réduite en poussière fine par de l'acide sulfurique faible, et en dosant ensuite les différents éléments selon les méthodes ordinaires.

La composition, qui d'un endroit à l'autre doit varier, s'est trouvée sur un échantillon choisi comme suit :

Oxyde de zinc	94,65 %
Oxyde de plomb	3,01 »
Oxyde de fer.	1,53 »
Charbon	0,74 »
Soufre	0,02 »
Silice, comme poussière . .	0,90 »

Le charbon répandu dans toute la masse paraît être la véritable matière colorante de ces fumées ; car celles qui se présentent dans certaines fissures et anfractuosités des murs du haut-fourneau, sous forme de plaques cristallines translucides et même transparentes, sont teintées de jaune citron ou verdâtre, et ne diffèrent que peu de la composition des masses noirâtres. Les plaques cristallines, analysées avec soin, ont donné la composition suivante :

Oxyde de zinc	98,90 %
Oxydule de fer	0,72 »
Oxyde de plomb.	0,07 »
Silice	0,31 »

Parmi les débris sortis d'un haut-fourneau de Choindez éteint se trouvait aussi du plomb en gouttelettes et en plaques, recouvertes d'enduits blancs et jaunes. Ce plomb était remarquablement tendre et malléable, et confirmait par sa présence les indications des analyses des minerais de Grossefin ; comme il s'en trouvait aussi dans les fumées de zinc, on doit admettre que la majeure partie a été volatilisée. Un essai de coupellation de ce plomb au chalumeau a donné un bouton d'argent valant environ $\frac{1}{10000}$ du poids du plomb, et prouvant donc même la présence de ce métal dans le minerai de fer. Dans ce cas il est probable que le plomb se soit trouvé comme sulfure ou galène dans le minerai de fer, et que l'argent qui ne man-

que jamais dans les galènes ait par cette association trouvé son chemin dans les minières du Jura.

IX. Bols rouge foncé et clair.

Le bol rouge sanguin contient souvent des grains de fer qu'on en peut séparer par le débourbage, les grains de fer ayant une densité plus forte que le bol.

Le bol rouge clair et tacheté qui forme le toit des exploitations ne contient point de grains de minerai de fer. Le bol rouge foncé paraît contenir l'oxyde de fer en partie comme anhydre, tandis que les nuances jaunes ou brunes appartiennent à l'hydrate d'oxyde de fer. Le bol lui-même est blanc et seulement coloré par la présence en quantités variables de l'oxyde et de l'hydrate d'oxyde de fer. Comme il importe, sous le rapport technique, de connaître les quantités de fer contenues dans ces bols, nous les avons soumis à des essais de fer par la voie humide suivant le procédé de Fuchs, en traitant des quantités pesées de bol rouge et de bol clair avec de l'acide chlorhydrique concentré jusqu'à ce que les résidus fussent blancs, et en digérant les dissolutions filtrées avec des lames de cuivre pesées jusqu'à décoloration. Les résultats obtenus sont les suivants :

	Bol rouge foncé.	*Bol rouge clair.*
Oxyde de fer. .	10,36 %	10,17 %

Bien d'autres questions intéressantes auraient encore pu être traitées, pour mettre en lumière tout ce qui se rapporte à la métallurgie du fer du Jura ; mais le temps ayant manqué, et d'autres travaux chimiques ayant depuis lors demandé nos soins et absorbé notre attention, nous terminons ce travail fort imparfait sans doute, par le vœu que d'autres mains plus habiles veuillent le reprendre et le mener à bonne fin.

Berne, le 1er décembre 1863.