

# USINES A ZINC, PLOMB ET ARGENT

DE LA BELGIQUE

## ÉTUDE SUR LEURS CONDITIONS DE SALUBRITÉ INTÉRIEURE

PAR

**AD. FIRKET**

INSPECTEUR GÉNÉRAL DES MINES

$\left. \begin{array}{l} 6695 \\ 6694 \\ 6692 \end{array} \right\} : 61472 (493)$

## MÉTALLURGIE DU ZINC (1)

### I. — IMPORTANCE DES USINES

Il existe en Belgique douze usines de réduction des minerais de zinc ayant produit, en 1898, 119,671 tonnes de 1,000 kilogrammes de zinc brut, d'une valeur totale de 59,409,300 francs.

Elles ont consommé 291,977 tonnes de minerais proprement dits, 11,770 tonnes de sous-produits zincifères consistant en oxydes d'origines diverses et 624,511 tonnes de charbon, y compris celui des machines.

Trois de ces usines appartiennent à la Société de la Vieille-Montagne, les autres à différentes sociétés.

Afin de permettre d'apprécier aisément l'importance relative des diverses usines, nous les avons classées d'après leur production en 1898 dans le tableau suivant, dont la dernière colonne renseigne la production de chacune en centièmes de la production totale.

(1) La situation décrite dans le présent travail est celle qui existait à la fin de l'année 1898.

PROPRIÉTAIRES	DÉSIGNATION DES USINES	Production du zinc brut en 1898	
		en tonnes	en % de la production totale
Société anonyme de la Vieille-Montagne. . .	Valentin-Cocq, à Hollogne- aux-Pierres	24.397	20,39
Idem idem	Angleur, à Angleur	16.270	13,60
Société anonyme pour l'exploitation des éta- blissements Dumont et frères . . . . .	Sart-de-Seilles, à Seilles	12.146	10,15
Société anonyme de la Nouvelle-Montagne .	Engis, à Engis	10.591	8,85
Société anonyme Austro- Belge . . . . .	Corphalie, à Antheit	10.179	8,51
Société anonyme de la Vieille-Montagne. . .	Flône, à Hermalle-s/-Huy	9.110	7,61
Société anonyme métal- lurgique de Prayon .	Prayon, à Forêt	8.736	7,30
Société anonyme métal- lurgique de Boom .	Boom, à Boom	7.450	6,22
L. de Laminne . . . .	La Croix-Rouge, à Antheit	7.013	5,86
Compagnie d'Escom- brera-Bleyberg . . .	Bleyberg, à Montzen	5.406	4,51
Société anonyme des métaux et produits chimiques d'Overpelt.	Overpelt, à Overpelt	4.760	3,98
Société anonyme des fonderies et lami- noirs de Biache-St- Vaast . . . . .	Ougrée, à Ougrée	3.613	3,02
		119.671	100,00

N. B. — Les trois usines belges de la Société de la Vieille-Montagne ont produit ensemble 49,777 tonnes de zinc brut, c'est-à-dire 41,6 % ou plus des deux cinquièmes de la production totale du pays.

Ajoutons à ces renseignements ceux que nous donne, pour 1898, la statistique publiée par la Metallgesellschaft et la Metallurgische Gesellschaft A. G., de Francfort-s/Mein, sur la production en zinc brut de l'Europe et des Etats-Unis de l'Amérique du Nord. Nous avons transformé en tonneaux de 1,000 kilogrammes les tonnes anglaises de 1,015 k. 649 qui expriment la production dans cette statistique.

	Production de 1898 en tonneaux de 1000 kilogr.
Belgique, Hollande et Allemagne de l'Ouest .	191,766
Silésie. . . . .	99,196
Grande-Bretagne . . . . .	27,615
France et Espagne . . . . .	32,637
Autriche . . . . .	7,226
Russie. . . . .	5,662
Europe . . . . .	364,102
Etats-Unis de l'Amérique du Nord . . . . .	103,995
	468,097

En comparant le total précédent à la production de la Belgique en 1898, nous voyons que celle-ci a atteint et même légèrement dépassé le quart de la production totale en zinc brut de l'Europe et des Etats-Unis d'Amérique, malgré l'accroissement rapide de la production américaine qui a quadruplé depuis 1880, tout en étant encore actuellement inférieure à celle de la Belgique. Il est probable d'ailleurs que cette proportion ne tardera pas à être renversée; car la fabrication du zinc brut n'a guère commencé qu'en 1859 aux Etats-Unis où l'on se bornait, antérieurement, à obtenir directement du blanc de zinc (Zn O) en traitant des minerais de zinc oxydés. Signalons au surplus que, depuis 1880, la production belge en zinc brut a doublé, celles du groupe franco-espagnol et de l'Allemagne de l'Ouest ont augmenté respectivement de 115 et 78 % et que l'industrie du zinc s'est récemment implantée en Hollande; mais la production de l'important groupe des usines silésiennes n'a été majorée que de 50 % et celle des usines réunies de la Grande-Bretagne, de l'Autriche et de la Russie de 25 % seulement depuis la même année.

## II. — MINERAIS

Les usines à zinc du pays sont tributaires de l'étranger pour la presque totalité des minerais qu'elles consomment.

Abstraction faite des 11,770 tonneaux d'oxydes ajoutés à ces minerais pour constituer les charges enfournées, il a été consommé en Belgique, pendant l'année 1898, 278,682 tonneaux de minerais étrangers et 13,295 tonneaux de minerais belges, c'est-à-dire 4 1/2 % seulement de la quantité totale des minerais traités.

Suivant les pays de provenance et l'importance des quantités importées, les minerais étrangers se subdivisent comme suit :

PAYS D'ORIGINE	QUANTITÉS
Sardaigne . . . . .	59,118 tonneaux
France . . . . .	48,101
Suède . . . . .	34,973
Espagne . . . . .	34,930
Algérie . . . . .	20,076
Allemagne . . . . .	17,552
Grèce . . . . .	15,812
Australie . . . . .	15,787
Italie . . . . .	12,072
Amérique. . . . .	6,536
Angleterre . . . . .	5,737
Tunisie . . . . .	3,122
Turquie . . . . .	3,053
Autriche . . . . .	1,813
Total . . . . .	278,682

**Minerais zincifères.**

Les minéralogistes distinguent les espèces minérales suivantes parmi les substances qui, soit isolément, soit associées entre elles ou à d'autres minéraux, forment des gisements assez importants et assez riches en zinc pour être exploités comme minerai propre à la production de ce métal.

La *Blende* ou *Sphalérite* (Zn S). — A l'état de pureté elle renferme 67,15 % de zinc; mais elle contient habituellement du fer dont la proportion peut s'élever jusque 15 %, de faibles quantités de sulfure de cadmium et de sulfure d'argent. En outre, elle est souvent

intimement mélangée de pyrite de fer et de galène ( $\text{Pb S}$ ), parfois d'antimoniures et d'arséniures. Des gangues diverses l'accompagnent (quartz, calcite, dolomite, sidérite, etc.).

La *Smithsonite* ( $\text{Zn C O}^3$ ). — Cette espèce, que les métallurgistes nomment calamine ainsi que les suivantes et en général tous les minerais oxydés du zinc, était jadis la matière la plus importante pour l'extraction de ce métal. Avec la Calamine proprement dite et la Willémite, elle formait l'immense gisement de la Vieille-Montagne à Moresnet, aujourd'hui épuisé. Ailleurs, elle constituait la partie supérieure de formations métallifères composées de blende en profondeur. Il existe cependant encore des gîtes de Smithsonite dans différents pays de l'Europe, aux Etats-Unis d'Amérique et en Afrique.

La Smithsonite pure renferme 52 % de zinc et, par calcination provoquant le départ de l'anhydride carbonique, pourrait être portée théoriquement à une teneur en zinc de 80 %; mais elle contient habituellement, en mélange isomorphe, des carbonates de fer, de manganèse, de calcium, de magnésium, qui font descendre sa teneur en dessous de 40 %.

Elle est d'ailleurs ordinairement mélangée physiquement d'argile, d'oxydes de fer et de manganèse, de galène, de dolomite et de carbonate de calcium.

*Calamine des minéralogistes* ( $\text{Zn}^2\text{SiO}^4, \text{H}^2\text{O}$ ). — Cette espèce, renfermant à l'état de pureté 53.70 % de zinc, est fréquemment mélangée à la Smithsonite.

*Willémite* ( $\text{Zn}^2\text{SiO}^4$ ). — Espèce contenant 58 % de zinc, rencontrée d'abord dans le grand gîte de Moresnet avec la précédente. Dans l'état de New-Jersey de l'Amérique du Nord, où elle est surtout désignée sous le nom de *Troostite*, cette espèce forme avec la Zincite et la Franklinite des gîtes importants qui contiennent aussi parfois de la Smithsonite et de la Calamine.

*Zincite* ou *Zinc oxydé rouge* ( $\text{Zn O}$ ). — A l'état pur, la teneur en zinc de cette espèce atteint 80.20 %; mais elle renferme du sesquioxyde de fer, qui la colore en rouge, et de l'oxyde de manganèse habituellement en assez forte proportion. En outre, elle se présente en mélange granulaire, fortement agrégé, avec la Franklinite beaucoup moins riche en zinc.

*Franklinite* ( $3 (\text{Fe Zn}) \text{O}, (\text{Fe Mn})^2 \text{O}^3$ ). — Cette espèce contient 12 à 21 % de zinc; elle accompagne, comme il vient d'être dit, les deux espèces précédentes dans l'état de New-Jersey.

*Zinconite* ou *Hydrozincite* ( $\text{Zn CO}_3$ ,  $2 \text{ Zn H}_2\text{O}^2$ ). — La *Zinconite* contient 57.10 % de zinc. Elle se trouve en petites quantités dans un assez grand nombre de gisements zincifères ; mais elle n'a été rencontrée avec quelque abondance que dans les environs de Santander (Espagne).

La *Zincite* et la *Franklinite* sont également plus rares que les espèces renseignées en premier lieu et ne sont guère traitées qu'en Amérique.

Enfin nous citerons, pour mémoire, deux minéraux zincifères la *Voltzine* et la *Gahnite*, trop peu abondants dans la nature pour pouvoir être considérés comme des minerais.

La *Voltzine* ( $4 \text{ Zn S}$ ,  $\text{Zn O}$ ), à rapprocher de la blende au point de vue métallurgique, renferme 69.3% de zinc ; la *Gahnite* ( $\text{Zn, Mg, Fe}$ ) $\text{O}$ ,  $(\text{Al, Fe})^2 \text{ O}^3$  en contient environ 30 %.

Dans la suite de notre travail, nous ne pourrons, d'ailleurs, que nous conformer à l'exemple des métallurgistes, en désignant sous le nom de calamine tous les minerais contenant du zinc à l'état oxydé et les minerais sulfurés sous celui de blende.

### Minerais traités en Belgique.

La composition des minerais traités varie évidemment dans d'assez larges limites selon qu'ils consistent en blende ou calamine, qu'ils proviennent de tel ou tel pays et des diverses mines d'un même pays.

D'autre part, la charge en minerai des creusets de réduction consiste, en général, en mélanges des diverses espèces de calamines calcinées et de blendes grillées dont on dispose, mélanges dosés autant que possible de façon à obtenir une teneur en zinc à peu près uniforme dans la même usine, et à éviter la formation dans le creuset de produits fusibles.

A ma demande, beaucoup d'exploitants m'ont indiqué la composition chimique plus ou moins complète des minerais qu'ils reçoivent, ainsi que la composition moyenne approximative des charges enfournées. Toutefois, la plupart de ces renseignements ne m'ayant été donnés qu'à titre personnel et confidentiel, je dois me borner à transcrire les résultats d'analyses qui m'ont été communiqués, sans désigner l'établissement où les minerais ont été traités. Je classerai ces renseignements d'après le pays d'origine des minerais.

**Minerais belges.**

Blende crue :                    Zn . . . . . 33 à 37 %  
    Pb . . . . . traces  
    S . . . . . 29 à 33.

Gangue : calcaire, silice et fer.

Autre blende crue:            Zn . . . . . 40,0 %  
    Pb . . . . . 9,0  
    S . . . . . 32,0  
    Fe et Mn . . . 12,0  
    Ag . . . . . 0,001  
    Cd . . . . . traces  
    CaO . . . . . 2,0  
    MgO . . . . . 0,8  
    Si O<sup>2</sup> et  
    gangues insolubles 3,0

Calamine calcinée:            Zn . . . . . 40 à 42 %  
    Pb . . . . . traces

Gangue : calcaire et oxyde de fer.

**Minerais étrangers.***Sardaigne.*

Calamine calcinée:            Zn . . . . . 53 à 55 %  
    Pb . . . . . 2 1/2 à 3 1/2 %

Gangue : silice et oxyde de fer.

Calamines calcinées :

	%	%	%	%	%	%	%	%
Zn . . . . .	50,83	44,66	47,70	49,34	54,30	46,80	44,70	48,00
Pb . . . . .	4,50	1,00	2,73	7,90	0,25	12,50	1,40	2,28
Fe . . . . .	7,63	16,16	13,65	8,22	10,15	14,64	15,26	12,95
S. . . . .	»	»	»	1,00	»	»	0,56	»
CaO. . . . .	5,25	2,40	2,75	2,88	1,75	2,92	4,25	2,38
MgO. . . . .	3,70	2,50	2,25	1,35	1,57	2,55	3,60	3,64
SiO <sup>2</sup> . . . . .	7,24	11,50	10,92	8,30	10,60	5,96	9,20	8,42

## Calamines calcinées :

Zn . . . . .	46,0 %	51,90 %	45,65 %
Pb. . . . .	6,0	4,50	4,20
Fe et Mn . . . . .	8,5	4,27	5,25
Cd. . . . .	0,19	»	»
Ag . . . . .	0,011	»	»
S . . . . .	traces	»	»
CaO. . . . .	4,5	5,75	13,55
MgO . . . . .	1,5	0,70	0,72
SiO <sup>2</sup> et gangues insolubles . . . . .	8,0	12,60	7,85

## Blende grillée :

Zn . . . . .			50,20%
Pb . . . . .			5,20
Fe . . . . .			7,70
S . . . . .			2,80
Ag . . . . .			0,02
S b. . . . .			0,40
CaO . . . . .			0,16
MgO . . . . .			0,42
SiO <sup>2</sup> . . . . .			15,50

*France.*

## Calamine calcinée :

Zn . . . . .	50 à 52 %
Pb . . . . .	8 à 10

Gangue : silice et oxyde de fer.

## Calamines calcinées :

Zn. . . . .	53,0 %	50,55 %
Pb. . . . .	12,0	10,33
Fe et Mn . . . . .	7,0	8,61
Ag . . . . .	0,018	»
Cd. . . . .	0,15	»
CaO . . . . .	1,5	3,30
MgO . . . . .	0,8	2,95
SiO <sup>2</sup> et gangues insolubles . . . . .	3,0	2,75

Blende crue :

Zn	49 à 50 %
Pb	8 à 12
S	20 à 23

Gangue : silice, fer et traces de CaO.

Blende crue :

Zn	50,0 %
Pb	12,0
S	18,0
Fe et Mn	4,0
Ag	0,001
Cd	0,14
CaO.	2,00
MgO.	1,00
SiO <sup>2</sup> et gangues insolubles.	2,5

Blendes grillées :

Zn	61,84 %	59,80 %	60,40 %
Pb	11,44	0,25	13,40
Fe et Mn	1,74	2,83	1,75
CaO	0,65	1,20	0,72
MgO	»	»	0,40
SiO <sup>2</sup>	1,00	15,46	1,50
S	2,68	0,93	?

*Suède.*

Blende crue :

Zn	37,0 %
Pb	9,0
Fe et Mn	10,0
S	23,0
Cd	traces
Ag	0,007
CaO.	7,0
MgO.	1,5
SiO <sup>2</sup> et gangues insolubles.	10,0

*Espagne.*

Calamines calcinées :

Zn . . . . .	41,00 %	40,00 %
Pb . . . . .	2,73	2,00
Fe et Mn. . . . .	3,99	7,00
Cd . . . . .	»	0,015
Ag . . . . .	»	0,006
CaO . . . . .	5,90	5,00
MgO . . . . .	»	2,00
SiO <sup>2</sup> . . . . .	33,97	0,10

Blende :

Zn . . . . .	30 à 37 %
Pb . . . . .	4 à 5
S . . . . .	32

Gangue : beaucoup de fer, un peu de Ca CO<sup>3</sup>*Algérie.*

Calamine crue :

Blendes grillées :

Zn . . . . .	39,12 %	56,10 %	56,88 %
Pb . . . . .	8,13	5,50	4,50
Fe . . . . .	7,00	2,52	4,64
Ag . . . . .	»	0,005	»
Sb . . . . .	»	0,40	»
S . . . . .	1,22	2,50	2,20
CaO . . . . .	0,60	2,44	0,65
MgO . . . . .	traces	0,45	0,40
SiO <sup>2</sup> . . . . .	12,15	11,00	12,65

*Grèce.*

Calamine:

Zn . . . . .	30 à 36 %
Pb . . . . .	traces

Gangue : beaucoup de Fe<sup>2</sup>O<sup>3</sup>, SiO<sup>2</sup> et Ca O

## Calamine:

Zn	.	.	.	.	.	.	30,40 %
Pb	.	.	.	.	.	.	1,30
Fe et Mn	.	.	.	.	.	.	24,29
CaO	.	.	.	.	.	.	10,85
MgO	.	.	.	.	.	.	1,80
Gangue insoluble	.	.	.	.	.	.	4,00

## Blende grillée :

Zn	.	.	.	.	.	.	39,50 %
Pb	.	.	.	.	.	.	8,50
Fe	.	.	.	.	.	.	20,72
S	.	.	.	.	.	.	2,80
Ag	.	.	.	.	.	.	0,01
Cu	.	.	.	.	.	.	0,40
Sb	.	.	.	.	.	.	traces
CaO	.	.	.	.	.	.	2,30
SiO <sup>2</sup>	.	.	.	.	.	.	3,80

*Australie.*

## Blende crue :

Zn	.	.	.	.	.	.	33 à 40 %
Pb	.	.	.	.	.	.	6 à 8
S	.	.	.	.	.	.	18 à 23

Gangue : Fe, Mn, SiO<sup>2</sup> et grenat.

## Blendes grillées :

Zn	.	.	.	.	35,10 %	35,00 %
Pb	.	.	.	.	12,16	8,30
Fe et Mn	.	.	.	.	13,80	12,60
S	.	.	.	.	2,43	?
Ag	.	.	.	.	0,04	»
CaO	.	.	.	.	0,65	2,42
MgO	.	.	.	.	0,20	1,10
SiO <sup>2</sup>	.	.	.	.	18,50	20,60

*Italie.*

Calamine :	
Zn . . . . .	32,0 %
Pb . . . . .	2,0
Ag . . . . .	0,004
Fe et Mn . . . . .	6,0
CaO . . . . .	4,0
MgO . . . . .	1,5
SiO <sup>2</sup> et autres gangues insolubles . . . . .	15,0
Blende crue :	
Zn . . . . .	34,0 %
Pb . . . . .	2,4
S . . . . .	14,5
Ag . . . . .	0,004
Fe et Mn . . . . .	2,5
CaO . . . . .	4,5
MgO . . . . .	0,5
SiO <sup>2</sup> et gangues insolubles . . . . .	28,0

*Angleterre.*

Blende grillée :	
Zn . . . . .	57,0 %
Pb . . . . .	1,80
Fe . . . . .	7,50
S . . . . .	1,80
CaO . . . . .	1,10
MgO . . . . .	0,40
SiO <sup>2</sup> . . . . .	4,00

*Autriche.*

Calamine calcinée :		Blende crue :	
Zn . . . . .	46,0 %	44,0 %	
Pb . . . . .	6,0	4,0	
S . . . . .	traces	20,0	
Ag . . . . .	traces	0,0008	
Cd . . . . .	0,08	»	
Fe et Mn . . . . .	5,0	8,0	
CaO . . . . .	4,5	9,0	
MgO . . . . .	1,5	1,5	
SiO <sup>2</sup> et gangues insolubles	8,0	8,0	

Aux analyses qui précèdent, nous ajouterons celles des calamines calcinées et des blends crues reçues de l'étranger par une usine, qui ne nous en a pas fait connaître les pays d'origine, ainsi que la composition moyenne des blends grillées d'un autre établissement.

*Calamines calcinées.*

	%	%	%	%
Zn . . . . .	53,00	46,00	49,00	55,00
Pb . . . . .	4,00	4,50	6,00	11,50
Fe . . . . .	3,50	4,50	7,00	5,50
Ag . . . . .	0,012	0,011	0,011	0,020
Cd . . . . .	0,160	0,110	0,200	0,300
S. . . . .	0,50	0,60	0,50	0,80
As . . . . .	traces	traces	0,010	0,009
Sb. . . . .	traces	0	0	0
CaO et MgO . . . . .	7,00	13,00	9,00	3,50
SiO <sup>2</sup> . . . . .	11,00	7,00	7,00	3,00

*Blendes crues.*

	%	%	%	%	%	%	%	%
Zn . . . . .	35,00	47,00	37,00	35,00	34,00	38,00	24,00	42,00
Pb . . . . .	5,00	4,00	14,00	13,00	5,50	13,50	6,00	8,00
Fe . . . . .	11,50	8,50	6,50	8,50	10,00	7,00	5,00	7,00
Ag . . . . .	0,090	0,070	0,011	0,040	0,025	0,050	0,060	0,011
Cd . . . . .	0,150	0,350	0,080	0,030	0,080	0,115	0,100	0,170
S. . . . .	30,00	23,00	22,00	23,00	18,00	23,00	19,00	21,00
As . . . . .	0,07	traces	traces	0,042	0,079	0,011	0	traces
Sb . . . . .	0,020	0,100	traces	0	traces	traces	0,170	0,020
CaO et MgO . . . . .	2,00	2,00	11,50	7,50	1,25	0,65	6,00	0,70
SiO <sup>2</sup> . . . . .	11,50	6,50	3,00	8,00	17,50	14,00	34,00	13,50

*Composition moyenne des blends grillées d'une autre usine*

Zn . . . . .	48,50 %
Pb . . . . .	7,50
Fe et Mn . . . . .	9,20
S . . . . .	3,40
CaO . . . . .	4,17
MgO . . . . .	1,10
SiO <sup>2</sup> et gangues insolubles . . . . .	11,80

**Composition moyenne de la charge en minerais.**

Voici la composition chimique, plus ou moins complète, de la charge moyenne approximative en minerais des creusets de réduction, qui m'a été donnée pour onze des douze usines à zinc visitées. Une de ces compositions représente la moyenne des chargés de trois usines appartenant à la même société.

Nous désignerons ces usines et ce groupe de trois usines par des lettres arbitraires, qui seront employées également, dans la suite, en parlant de la composition des cendrés ou résidus des creusets et de celle des poussières recueillies dans les allonges métalliques adaptées aux récipients, où le zinc se condense à l'état liquide.

LETTRES DE RENVOI	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Zn . . . . .	47,00	46,60	43,00	41,60	45,00	53,00	49,36	50,00	46,50
Pb . . . . .	3,80	6,60	1,80	5,94	8,00	6,50	5,26	5,50	7,90
Fe ou Fe et Mn . . . . .	10,34	5,50	8,40	6,04	19,00	?	9,37	8,50	10,40
Ag . . . . .	0,006	0,006	0,065	0,010	0,010	?	0,005	?	0,044
Cd . . . . .	0,005	0,06	0,10	0	?	?	?	?	0,215
Cu . . . . .	traces	0	0,15	?	0,20	?	0,025	?	0
S . . . . .	1,08	1,80	1,50	1,76	1,20	?	1,28	?	2,95
As . . . . .	traces	traces	0,05	0	?	?	?	?	0,0155
Sb . . . . .	traces	0	0,03	0	traces	?	0,05	?	0,035
CaO . . . . .	4,00	2,80	3,50	?	6,00	?	2,12	4,00	5,25
MgO . . . . .	0,60	0,80	1,20	?	1,00	?	1,17		
SiO <sup>2</sup> ou SiO <sup>2</sup> et gangues insolubles . . . . .	10,00	13,80	22,00	?	10,00	?	11,03	6,00	13,85

En tenant compte de l'importance relative des usines qui nous ont fourni les données précédentes, on peut estimer la teneur moyenne générale en zinc et en plomb des charges en minerais soumises à la réduction dans les usines à zinc de la Belgique, pendant l'année 1898, à environ 45,48 % de zinc et 4,35 % de plomb.

### III. — EXTRACTION DU ZINC DES MINERAIS.

Les calamines traitées en Belgique consistent principalement en un mélange de carbonate, silicate hydraté et silicate anhydre de zinc.

Avant de passer aux fours de réduction, elles sont calcinées, soulevées avant leur expédition, afin de transformer le carbonate de zinc en oxyde et de priver d'eau le silicate hydraté. En même temps, on provoque le départ de l'anhydride carbonique des carbonates contenus dans les gangues et la désagrégation du silicate de zinc anhydre.

Quant aux blendes, elles sont grillées pour être transformées aussi complètement que possible en oxyde; car le sulfure de zinc échappe à la réduction dans le travail tel qu'il est organisé, et le zinc qu'il contient constitue une perte. Ce grillage s'opère dans des ateliers annexés aux usines de réduction ou dans des établissements spéciaux.

#### Fours de réduction.

A diverses époques, de nombreuses tentatives ont été faites pour traiter les minerais de zinc additionnés de matières combustibles au four à cuve, c'est-à-dire dans un appareil à marche continue. Elles se sont toutes heurtées à la difficulté de condenser les vapeurs du zinc à l'état liquide. Mélangées avec de grandes quantités de gaz provenant de la combustion et d'azote, ces vapeurs ne donnaient que du zinc pulvérulent et plus ou moins oxydé.

On a aussi essayé, à plusieurs reprises, de réduire ces minerais dans des fours à réverbère; mais, dans ces fours dont l'atmosphère est oxydante par suite de la présence de l'air et de l'anhydride carbonique, qui se transforme en oxyde de carbone en cédant de l'oxygène au zinc, on n'a réussi à obtenir que de l'oxyde de zinc et non du zinc métallique.

Nous citerons pour mémoire, la méthode dite distillation *per descensum*, employée autrefois en Angleterre, ainsi qu'en Carinthie,

En Angleterre, les vases distillatoires consistaient en grands creusets placés, au nombre de six, dans un four analogue aux fours de verreries. Chaque creuset recevait 167 kilogrammes de minerai; il avait à la partie supérieure une ouverture pour l'introduction des charges, ouverture fermée pendant la distillation; le fond du creuset était percé d'un orifice auquel s'adaptait un tube en fer descendant verticalement. Les vapeurs du zinc se condensaient dans celui-ci pour tomber, goutte à goutte, dans un récipient placé sous l'extrémité inférieure du tube et où le zinc se solidifiait.

En Carinthie, on a employé jadis comme vases de réduction des tubes verticaux d'au moins un mètre de longueur, mais de faible diamètre. De forme légèrement tronconique et fermés à la partie supérieure où ils étaient le plus large, ils se prolongeaient vers le bas sous la sole du four, par un ajutage où le zinc se condensait. Il tombait ensuite sur une plaque de tôle et passait à l'état solide. Les tubes chargés de minerai et de charbon de bois étaient contenus, au nombre de 48 ou même de 84, dans un four de forme rectangulaire surmonté d'une voûte en berceau et chauffé par un foyer latéral.

Ces deux procédés, qui nécessitaient une très grande dépense de combustible et ne donnaient que du zinc solide un peu oxydé, qu'il fallait refondre, sont abandonnés depuis longtemps. Le dernier était d'ailleurs de beaucoup inférieur au système anglais; parce que la rupture des petits tubes verticaux était fréquente, tandis que les grands creusets anglais se distinguaient par leur longue durée.

Une seule méthode, qui a été souvent qualifiée de distillation *per ascensum*, par opposition avec la précédente, est aujourd'hui employée pour réduire les minerais de zinc, volatiliser le métal produit et en condenser les vapeurs; mais elle présente, dans son application, des différences nombreuses quant à la forme et aux dimensions des vases en argile réfractaire, où s'opèrent la réduction et la volatilisation du zinc, et quant à la manière de les chauffer.

Ces vases distillatoires consistent soit en cylindres allongés à section circulaire ou elliptique ouverts à une extrémité, soit en véritables moufles à fond plat. Dans tous les cas, ils sont disposés à peu près ou tout à fait horizontalement dans le four; on les remplit incomplètement d'un mélange, formant talus de l'arrière vers l'avant, de minerais et de charbon maigre en poussier ou de coke menu employés comme agent réducteur; et, à l'extrémité libre du cylindre ou à la partie supérieure de l'ouverture du moufle, on

adapte un récipient en terre réfractaire dans lequel la majeure partie du zinc volatilisé se condense à l'état liquide.

L'application de la méthode générale en usage aujourd'hui présentait à ses débuts, — et il en était encore de même il y a une soixantaine d'années, — deux variantes bien distinctes, c'est-à-dire deux systèmes de fours de réduction notablement dissemblables : l'ancien four silésien employé dans la Haute-Silésie, le four liégeois ou four belge.

### *Ancien système silésien.*

L'ancien système silésien était caractérisé par l'emploi de grands moufles en terre réfractaire posés au même niveau sur une banquette horizontale, non chauffés par le fond par conséquent, et dont le condenseur consistait en un tube en terre réfractaire recourbé vers le bas et prolongé verticalement, dans ce sens, par un tube en fonte puis par un tube en tôle, qui amenaient le zinc condensé dans une cavité où il se solidifiait. Le métal devait ensuite être fondu et coulé en lingots.

Le four avait deux faces et contenait généralement vingt moufles, dix correspondant à chaque face, portés par des banquettes au même niveau. Les moufles étaient chauffés au moyen d'une seule grille horizontale dont la longueur était égale aux deux tiers de celle du four ; elle était au milieu de celui-ci à environ 0<sup>m</sup>80 sous le niveau des banquettes, qui étaient moins larges et recevaient des moufles moins longs dans la partie correspondant à la grille. Ceux-ci avaient environ 1<sup>m</sup>35 de longueur, tandis que les autres mesuraient 0<sup>m</sup>15 à 0<sup>m</sup>20 de plus. Quant aux dimensions intérieures en hauteur et en largeur des moufles, elles atteignaient respectivement jusque 0<sup>m</sup>63 et 0<sup>m</sup>29.

### *Système liégeois primitif.*

Le système liégeois est dû aux persévérantes recherches expérimentales exécutées, à partir de 1806, par l'abbé Daniel Dony dans un petit atelier du faubourg Saint-Léonard, à Liège, recherches dont les résultats furent consacrés par un brevet d'invention accordé par décret impérial du 19 janvier 1810. Sous l'impulsion donnée à l'utilisation du zinc par Dominique Mosselman, qui succéda à Dony en 1818, et par la Société de la Vieille-Montagne constituée en 1837, le petit établissement de Saint-Léonard devint l'importante usine de ce nom, qui fut la première établie en Belgique et exista jusqu'en 1880.

Au lieu d'employer de grands vases distillatoires dont le fond n'est pas chauffé et de recueillir le zinc à l'état solide, le four liégeois renferme plusieurs rangées horizontales superposées de creusets cylindriques fermés à une extrémité, ouverts à l'autre, légèrement inclinés vers celle-ci et supportés aux deux bouts seulement. Toute leur périphérie est enveloppée par les flammes. A l'origine, ces creusets n'avaient guère qu'un mètre de longueur ; ils étaient à section circulaire, avec diamètre intérieur de 0<sup>m</sup>14 à 0<sup>m</sup>15, et le foyer qui les chauffait était placé directement sous les creusets. Il existe encore, d'ailleurs, quelques fours à chauffe directe avec creusets cylindriques à section circulaire, dont le diamètre intérieur et la longueur sont toutefois un peu plus grands. En outre, et c'est là un point capital, les vapeurs de zinc sont condensées à l'état liquide dans une allonge en terre réfractaire, nommée tube, appliquée à l'orifice du creuset. Au moyen d'une espèce de racloir, on fait tomber le zinc liquide dans un poëlon, dont le contenu est ensuite versé dans les lingotières.

### *Système silésien modifié.*

Hâtons-nous d'ajouter que, depuis longtemps, cette dernière différence entre les deux systèmes a cessé d'exister. A l'exemple du système liégeois, l'ancien condenseur silésien a été remplacé par une allonge en terre réfractaire avec renflement, nommée botte, qui s'ajuste à la partie supérieure du moufle et permet de recueillir le zinc à l'état liquide.

A l'usine de Valentin-Cocq de la Vieille-Montagne, avant d'adopter les fours actuels du système que nous nommerons liégeois-silésien ou belge-silésien pour nous conformer à un usage assez général, on employait le système silésien avec la modification qui vient d'être indiquée et une autre amélioration importante consistant dans l'existence d'ouvreaux de tirage entre les moufles, dans leurs banquettes de support. La partie latérale des moufles était ainsi mieux chauffée, d'où économie de combustible et meilleur rendement du minerai. Mentionnons aussi que dans certains établissements de l'étranger, notamment à l'usine de Birkengang près Stolberg, on a fait usage de moufles un peu plus petits que les moufles silésiens, disposés de part et d'autre d'un long foyer à grille en deux rangées superposées, afin de mieux utiliser le calorique du combustible que dans le four silésien proprement dit.

*Système liégeois-silésien.*

Le four de Birkengang était un acheminement vers le système mixte que nous venons de désigner sous le nom de liégeois-silésien et qui consiste dans l'emploi de trois rangées superposées de grands creusets cylindriques à section elliptique, qui ne sont supportés que par leurs extrémités. Le grand axe elliptique de ces creusets est placé verticalement, afin qu'ils présentent la plus grande résistance possible à la flexion ; et, suivant les établissements, ce grand axe mesure intérieurement 0<sup>m</sup>23 à 0<sup>m</sup>30, tandis que leur petit axe intérieur est compris entre 0<sup>m</sup>16 et 0<sup>m</sup>18 ; quant à leur longueur, elle varie entre 1<sup>m</sup>25 et 1<sup>m</sup>65.

C'est la substitution de la fabrication mécanique des creusets à l'ancien travail à la main, qui a permis de leur donner de grandes dimensions sans nuire à leur solidité. Tous les creusets employés en Belgique dans l'industrie du zinc sont, d'ailleurs, fabriqués mécaniquement aujourd'hui. A ce sujet, je ne puis m'empêcher de faire remarquer que l'initiative de cette fabrication revient à l'usine d'Angleur de la Vieille-Montagne, et que l'application de la presse hydraulique qu'y a faite feu M. Dor d'Ampsin, l'a amenée à un haut degré de perfection. L'appareil inventé par celui-ci permet d'obtenir des creusets à section elliptique aussi bien que circulaire, très résistants et très imperméables.

Les grands creusets du four liégeois-silésien sont nommés moufles par certains auteurs ; mais cette appellation est évidemment impropre ; puisque la forme de ces vases, qui sont d'ailleurs chauffés sur tout leur pourtour, n'a rien de commun avec celle des moufles silésiennes, dont le fond plat reposant sur une banquette, n'est pas chauffé directement.

Ce système mixte, appliqué aux usines de Valentin-Cocq et de Flône de la Vieille-Montagne depuis une vingtaine d'années, tout en continuant à chauffer le four par long foyer suivant son axe longitudinal et retour de flamme, sensiblement dans les mêmes conditions que lorsqu'on employait de véritables moufles comme à Valentin-Cocq, tend à se répandre en Belgique, avec toutefois une modification importante en ce qui concerne le mode de chauffage des fours. En effet, la plupart des nouveaux fours contruits depuis huit à neuf ans, dans notre pays, ont trois rangées de grands creusets à section elliptique ; mais ils sont en outre chauffés au moyen de gazogènes et munis de récupérateurs de chaleur Siemens ; tels sont les fours de

l'usine d'Overpelt et les nouveaux fours des usines de Prayon et d'Engis.

D'autre part, le chauffage au gaz, avec ou sans récupération de chaleur, a été appliqué au four silésien avec une ou deux rangées de mouffes, dans diverses usines étrangères ; et, le même système, sans récupération toutefois, l'a été dans plusieurs usines belges où l'on emploie le four liégeois, tandis qu'il existe en Amérique des fours liégeois avec gazogène et récupérateur Siemens.

Si l'on ajoute à ces considérations que, contrairement à une tendance déjà ancienne qui consistait à augmenter le nombre des rangées horizontales de creusets du four liégeois, lequel a été porté jusque huit, on tend aujourd'hui, grâce aux perfectionnements apportés à la fabrication des creusets qui permettent d'en augmenter les dimensions sans nuire à leur solidité, à réduire le nombre de ces rangées qui n'est plus que de quatre par exemple dans les fours les plus récents de l'usine d'Angleur, on doit reconnaître que les différences si tranchées qui existaient jadis entre l'ancien système silésien et l'ancien système liégeois, vont en s'atténuant de plus en plus.

#### *Fours liégeois actuels.*

En décrivant chaque usine belge en particulier, nous donnerons des renseignements détaillés sur les fours liégeois qui, dans les différentes usines où ils sont employés et même parfois dans la même usine, appartiennent à des types assez variés.

Au préalable, un coup d'œil d'ensemble sur les modifications que ce système a subies ne sera pas inutile.

Jusque vers 1860, le four liégeois primitif n'avait éprouvé d'autres changements qu'une augmentation notable dans ses dimensions et le nombre des creusets qu'il contenait. On employait alors des fours simples, c'est-à-dire à une seule face, très élevés et contenant jusque neuf rangées horizontales de huit tubes chacune, sauf la supérieure où ils étaient au nombre de cinq. Les huit rangées supérieures consistaient en creusets chargés de minerais et de charbon réductif ; la rangée inférieure située au-dessus d'un foyer à grille plane, était formée de tubes protecteurs ou *canons* ne recevant pas de charge et destinés à affaiblir l'action de la flamme et à la répartir plus uniformément sur les creusets proprement dits.

Les creusets, légèrement inclinés vers l'avant du four, étaient ronds, c'est-à-dire cylindriques à section circulaire. Leur diamètre

intérieur et leur longueur ne dépassaient guère respectivement 0<sup>m</sup>18 et un mètre.

Les creusets des rangées supérieures moins chauffés que ceux des rangées voisines de la grille, étaient chargés de minerais plus faciles à réduire ou d'oxydes provenant d'opérations précédentes. Parfois, aussi, les creusets inférieurs recevaient deux charges par 24 heures, tandis que les supérieurs n'en traitaient qu'une.

La grande hauteur donnée à ces fours était favorable à l'économie du combustible ; mais l'inégalité de la chauffe des creusets entraînait des complications dans la préparation des mélanges à traiter et parfois une réduction incomplète. D'autre part, le travail du décrassage, du remplacement éventuel et du chargement des creusets des rangées supérieures était pénible et exigeait que les ouvriers se hissent sur une espèce de table portative.

Les fours étaient adossés deux à deux et accolés latéralement de façon à constituer des massifs de quatre fours simples, ayant chacun une grille de chauffe spéciale en dessous de sa série de creusets.

Quelques massifs de l'usine de Bleyberg appartiennent encore à ce type; par four, il existe 7 rangées horizontales de 12 creusets ronds de 0<sup>m</sup>16 de diamètre intérieur et 1<sup>m</sup>27 de longueur en moyenne. On peut en rapprocher aussi les fours de l'usine de Boom (6 rangées de 10 creusets ronds de 0<sup>m</sup>17 de diamètre intérieur et 1<sup>m</sup>35 de longueur); et ceux de la Société Dumont (6 rangées de 10 creusets ovales mesurant à l'intérieur 0<sup>m</sup>185 de large, 0<sup>m</sup>205 de haut et ayant 1<sup>m</sup>45 de longueur).

Au lieu de protéger les creusets inférieurs contre de brusques et fortes variations de température au moyen d'une rangée de tubes protecteurs ou canons, on interposait aussi jadis, entre les creusets et la grille, une voûte percée de nombreux ouvreaux. Ces deux dispositifs ont cessé d'être en usage; parce que l'on peut, en laissant sur la grille, en dessous du charbon, une certaine épaisseur de crayats, et en réglant habilement la marche de la combustion, éviter que des jets de flammes ou d'air relativement froid ne viennent frapper les creusets.

C'est dans le même but que le four dit de la Nouvelle-Montagne a été imaginé. Deux fours simples adossés sont chauffés par une seule grille plane située sous la cloison qui les sépare. Cette cloison est portée par une voûte qui recouvre le foyer et présente des rainures pour le passage de la flamme dans les deux compartiments du four, lequel est qualifié de four double parce qu'il a

deux faces. Il existe encore treize de ces fours doubles à l'usine d'Engis de la Société de la Nouvelle-Montagne; chacun renferme 90 à 106 creusets disposés en cinq ou six rangées horizontales. Les uns sont ronds avec 0<sup>m</sup>17 de diamètre intérieur, les autres ovales avec 0<sup>m</sup>175 de largeur et 0<sup>m</sup>195 de hauteur; ils ont 1<sup>m</sup>25 à 1<sup>m</sup>30 de longueur.

Comme variante du four liégeois chauffé par foyer à grille, nous devons une mention spéciale au four Dor. Tous les fours de l'usine de Laminne, que feu M. Dor a dirigée pendant nombre d'années en même temps que les autres établissements de la même firme, ainsi que quelques fours des usines d'Ougrée, de Bleyberg et d'Engis, appartiennent à ce type, dont la désignation rappelle le premier emploi de creusets elliptiques fabriqués mécaniquement par le procédé de M. Dor. Celui-ci avait d'ailleurs apporté aussi à son four, qui a une seule face, quelques autres perfectionnements, par exemple l'emploi de la grille à gradins et la diminution du nombre des rangées horizontales de creusets. Ces perfectionnements et l'emploi des creusets ovales ayant été appliqués à d'autres fours, ont cessé d'être caractéristiques du four Dor.

Les fours de ce type de l'usine de Laminne et de l'usine d'Ougrée renferment cinq rangées horizontales de 10 creusets, ayant environ 0<sup>m</sup>18 de large sur 0<sup>m</sup>20 de hauteur à l'intérieur et 1<sup>m</sup>35 de longueur. Ceux d'Engis ont cinq ou six rangées de 10 creusets et ceux de Bleyberg six rangées.

Il me reste à donner quelques renseignements généraux au sujet des fours liégeois chauffés au moyen de gazogènes. Il en existe en Belgique trois types différents: le four inventé par M. l'ingénieur O. Loiseau, actuellement Directeur Général des établissements G. Dumont, et dont le système est appliqué à la plupart des fours de l'usine à zinc d'Ougrée, qu'il dirigea d'abord, et à une partie de ceux de l'usine de Bleyberg; le type d'Angleur auquel appartiennent tous les fours de l'usine de ce nom de la Société de la Vieille-Montagne, usine qui, par sa production, est la seconde en importance de la Belgique, la première étant celle de Valentin Coq de la même Société; enfin le type de Corphalie que présentent tous les fours de cette usine qui, après les deux précédentes, se trouve parmi les usines à zinc les plus productives du pays.

La description de ces trois systèmes sera donnée à l'occasion de celle des usines où ils sont employés.

Le type Loiseau seul est pourvu d'un gazogène proprement dit,

bien distinct du four de réduction. Il a été l'objet d'un brevet d'invention délivré par le gouvernement belge le 15 mars 1878, au nom de MM. Oeschger, Mesdach et C<sup>ie</sup>, qui étaient alors propriétaires de l'usine d'Ougrée et avaient déposé la demande de brevet le 22 février de la même année.

Dans une communication faite à la section de Liège de l'Association des ingénieurs et publiée dans la *Revue universelle des Mines* (1), M. Loiseau a exposé les principes appliqués dans son système, dont le but n'est pas d'obtenir une température intense en même temps qu'une économie de combustible, mais d'avoir dans les deux compartiments d'un four à deux faces, comme le sont ceux d'Ougrée, ou dans un plus grand nombre de compartiments en communication, la température à peu près uniforme, d'environ 1100°, qui convient à la réduction de l'oxyde de zinc. Ces principes consistent à admettre dans la partie du four, qui reçoit les gaz riches ou éléments combustibles venant du gazogène, de l'air froid en lames minces, en quantité modérée; et, dans la ou les chambres suivantes, où la combustion des gaz s'achève, des quantités convenables d'air de plus en plus fortement chauffé, par circulation dans les parois du four, à mesure que la richesse du gaz en éléments comburables diminue.

Dans chacun de leurs deux compartiments, les fours Loiseau existants renferment six rangées horizontales de 12 creusets ovales ayant intérieurement 0<sup>m</sup>18 en largeur, 0<sup>m</sup>20 en hauteur et une longueur moyenne d'environ 1<sup>m</sup>40.

Les fours d'Angleur sont aussi des fours doubles à deux compartiments, qui communiquent par la partie supérieure. Sous l'un d'eux se trouvent deux semi-gazogènes à grille et les creusets de ce compartiment sont chauffés par flammes ascendantes, tandis que ceux de l'autre, dans lequel la combustion des gaz s'achève grâce à une prise d'air échauffé dans les parois du four, le sont par flammes descendantes.

Dans une partie de ces fours, il existe par face cinq rangées de 20 creusets; ceux qui ont été le plus récemment construits, n'ont que quatre rangées horizontales de 20 creusets également. La réduction du nombre des rangées de creusets doit être considérée comme un progrès du point de vue de la commodité et de la salubrité du travail des ouvriers.

(1) O. LOISEAU. Considérations générales sur les principes d'un nouveau système de chauffage au gaz des fours à zinc appliqué à l'usine de MM. Oeschger, Mesdach et C<sup>ie</sup>, à Ougrée. *Revue universelle des Mines*, 2<sup>e</sup> série, T. IV, p. 303.

Les creusets d'Angleur sont ovales ; à l'intérieur ils ont 0<sup>m</sup>16 en largeur, 0<sup>m</sup>23 de hauteur ; ils mesurent 1<sup>m</sup>40 de longueur.

Les fours de Corphalie sont des fours simples à une seule face, accolés latéralement, mais non adossés deux à deux. Ils contiennent 7 rangées horizontales de 10 creusets ronds ayant 0<sup>m</sup>20 de diamètre intérieur et 1<sup>m</sup>26 de longueur moyenne. Chaque four est chauffé par un gazogène à grille que je crois pouvoir qualifier de gazogène mixte, parce que de sa cuve, située immédiatement derrière le four, sous le niveau de la halle, sortent des flammes qui, par un court conduit en chicane, arrivent sous les creusets inférieurs en même temps que des gaz non comburés. Ces gaz s'élèvent dans le four, où ils sont brûlés par l'air qui s'est échauffé en circulant dans la paroi d'arrière du four et pénètre dans celui-ci à différents niveaux.

Bien que nous aurons à revenir sur les dimensions des creusets et la disposition des fours qui les contiennent, nous les avons indiquées pour un assez grand nombre d'usines dans ce qui précède, afin de montrer qu'actuellement, en Belgique, soit qu'il s'agisse des divers types du four liégeois, soit des fours du système mixte dit liégeois-silésien ou belge-silésien, il n'existe pas entre les vases distillatoires employés et la manière de les chauffer, d'assez grandes différences pour que les généralités qui suivront ne puissent s'appliquer aux uns et aux autres.

### **Succession des opérations et organisation du travail.**

Les opérations que nécessite la réduction des minerais de zinc s'effectuent généralement, dans notre pays, en 24 heures consécutives. Ce n'est qu'exceptionnellement que certaines rangées de creusets reçoivent deux charges par 24 heures, comme dans quelques-uns des fours anciens de deux de nos usines.

Ces opérations se succèdent dans l'ordre suivant : Décrassage des creusets, c'est-à-dire enlèvement des résidus de l'opération précédente, remplacement éventuel des creusets troués ou fendus, charge en minerais et charbon des creusets, placement et calage sur ceux-ci des récipients condenseurs du zinc liquide, adaptation sur ces récipients des allonges métalliques destinées à recueillir les matières métallifères non condensées, enlèvement du zinc des condenseurs (tirage du zinc) et moulage en lingots du métal.

Nous nous occuperons d'abord de ces opérations en les considérant du point de vue chimique, et nous commencerons par la charge des creusets.

Selon leur capacité, la quantité de minerais traitée, en 24 heures, dans les fours liégeois varie entre 20 et 27 kilogrammes par creuset ; elle atteint 35 à 40 kilogrammes dans les creusets des fours mixtes chauffés au moyen de gazogènes et munis de récupérateurs Siemens. Elle s'effectue en une fois, après que le minerai consistant habituellement en un mélange de calamine calcinée et de blende grillée, a été additionné de 40 à 50 % de son poids de charbon maigre à l'état de poussier.

Nous avons vu que la teneur en zinc des mélanges de minerais traités en Belgique varie de 41,6 à 53 % et peut être évaluée en moyenne à 45,48 % pour l'année 1898.

D'après renseignements donnés par deux usines différentes, le charbon réducteur employé dans l'une (Usine A : Teneur moyenne en zinc du minerai 47 %, charbon ajouté 41 % du poids du minerai) renferme 7 à 10 % de matières volatiles et donne 8 à 10 % de cendres ; celui dont on fait usage dans l'autre (Usine B : Teneur moyenne en zinc du minerai 46,6 %, charbon ajouté 46 % du poids du minerai) contient 8 % de matières volatiles et laisse, après incinération, 18 % de résidus. Dans le premier cas, le charbon employé comme réductif contient donc 82,5 %, dans le second 74 % de carbone fixe, lequel joue seul un rôle dans la réduction de l'oxyde de zinc. Ce rôle est complexe d'ailleurs, le zinc pouvant être réduit de son oxyde aussi bien par le carbone que par l'oxyde de carbone. L'action directe du carbone sur l'oxyde de zinc donne CO, qui agit à son tour sur une autre partie de l'oxyde pour donner CO<sup>2</sup> et celui-ci, aussitôt produit, est transformé par le carbone en excès en CO, qui réagit sur l'oxyde de zinc. On ignore dans quelle mesure l'action directe du carbone et celle de l'oxyde de carbone interviennent dans la réduction ; mais on peut, sans crainte d'erreur grave, formuler la réaction finale de la manière suivante :  $Zn\ O + C = Zn + CO$ . Il en résulte que la quantité de carbone théoriquement nécessaire pour la réduction est égale à  $\frac{12}{65}$  du zinc contenu à l'état d'oxyde dans la charge. Dans les deux

exemples cités plus haut, nous avons vu que l'on ajoute respectivement pour 47 et 46,6 de zinc,  $41 \times 0,825 = 34$  et  $46 \times 0,74 = 34$  de carbone, au lieu de 8,7 et 8,6, c'est-à-dire presque le quadruple de ce qu'indique la formule. Un excès de carbone est d'ailleurs nécessaire pour éviter l'oxydation du zinc par l'anhydride carbonique et réduire, partiellement du moins, certains composés oxygénés qui se trouvent dans la charge, comme le sulfate de plomb et surtout

l'oxyde de fer. En outre, la présence du charbon dans les résidus des creusets joue un rôle fort utile pour en empêcher l'agglomération.

Ajoutons que la presque totalité du zinc resté à l'état de sulfure lors du grillage de la blende, qui n'est jamais parfait, échappe à la réduction et qu'il n'a pas été tenu compte de cette circonstance, peu importante en l'espèce d'ailleurs, pour le calcul qui précède.

Quant aux hydrocarbures du charbon, ils se dégagent du creuset principalement dans la période qui suit la charge, en même temps que de la vapeur d'eau due à l'humidité du mélange, de l'oxygène et de l'azote provenant de l'air contenu dans le creuset, ainsi que d'autres gaz résultant de l'action mutuelle des éléments en présence : anhydride carbonique, hydrogène et un peu d'anhydride sulfureux au début.

Le travail commence entre 3 h.  $1/2$  et 5 h.  $1/2$  du matin suivant les usines. Après un dernier tirage du zinc, on décale et enlève les récipients condenseurs, on dégrasse les creusets et remplace ceux qui sont défectueux, on charge les creusets, puis on met en place et cale avec de l'argile les condenseurs.

Chacune de ces opérations se pratique pour une série plus ou moins nombreuse de creusets avant de passer à l'opération suivante. C'est ainsi, par exemple, que dans deux usines importantes où les fours du système belge-silésien chauffés par grille longitudinale renferment 108 creusets, disposés sur trois rangées horizontales, et sont accolés deux à deux pour former un massif, il existe une brigade d'ouvriers pour chacune des deux faces de celui-ci. Cette brigade opère d'abord sur les 54 creusets d'une demi-face du massif; et, après environ 2 h.  $1/2$  de travail, la charge et l'installation des condenseurs sont achevées. Elle passe ensuite à la seconde demi-face du massif et y exécute successivement les mêmes opérations qu'à la première en 2 h.  $1/2$  environ. En même temps, la seconde brigade d'ouvriers procède de la même manière pour l'autre face du massif. Les ouvriers sont donc occupés pendant à peu près cinq heures consécutives au travail dont il s'agit, lequel est toutefois interrompu par un repos d'un quart d'heure. Dans l'une des usines dont il s'agit, il commence à 4 heures du matin et est terminé vers 9 heures; dans l'autre, il commence à 5 h.  $1/2$  du matin et est terminé vers 10 h.  $1/2$ .

Il convient de remarquer que l'on commence toujours par les mêmes demi-faces et que, par suite, on doit évaluer à 21 h.  $1/2$  le temps disponible pour la réduction du minerai et non à 19 heures seulement.

Après le placement des récipients condenseurs du zinc liquide, il ne reste plus, pour compléter l'appareil distillatoire, qu'à adapter sur ces récipients les allonges métalliques, autrement dit les étouffoirs. Ces allonges, de forme conique ou cylindrique, sont pourvues vers leur extrémité d'un orifice par lequel les gaz et les vapeurs non condensées se dégagent dans la halle. Leur forme paraît assez indifférente quant au rôle qu'elles ont à remplir, et leur action semble dépendre plutôt de l'étendue de leur surface périphérique.

Elles sont mises en place lorsque la flamme que donnent les gaz sortant du creuset en brûlant à l'extrémité du récipient, prend une coloration blanc verdâtre indiquant qu'ils contiennent des vapeurs de zinc en combustion.

En général, on peut distinguer trois catégories principales d'ouvriers occupés aux fours de réduction du zinc : les brigadiers, les manœuvres et les ouvriers des caves.

Les brigadiers arrivent à l'usine entre 3 1/2 et 5 1/2 heures du matin, suivant les usages locaux ; ils y séjournent pendant 24 heures en général et se reposent le jour suivant ; dans quelques usines ils ne travaillent que 12 heures consécutives, puis sont remplacés par les brigadiers de nuit. Ils font le tirage du zinc qui s'exécute à plusieurs reprises ; au poste du matin, ils aident au remplacement des creusets défectueux et à la charge ; ils dirigent et surveillent toutes les opérations. Ils ont aussi la conduite des foyers des fours liégeois chauffés au moyen de grilles. Après la charge, les brigadiers cassent les récipients hors d'usage pour en retirer les morceaux imprégnés de zinc. Quant au tirage du zinc, il s'effectue à l'aide d'un petit racloir, que l'on introduit dans le condenseur après enlèvement de l'allonge. Le zinc liquide est reçu dans un poëlon préalablement chauffé ; et, avant d'en verser le contenu dans la lingotière, on en écrème la surface qui s'est oxydée et en retire des crasses d'écumage riches en zinc, qui sont retraitées.

Les manœuvres arrivent le matin en même temps que les brigadiers ; mais la durée de leur travail n'est guère que de 5 1/2 à 6 1/2 heures. Ils décalent et enlèvent les condenseurs, font le décrassage des creusets, aident au remplacement des creusets défectueux et à la charge ; ils mettent en place, puis calent les condenseurs et leur travail aux fours est terminé. Ils n'ont plus ensuite, avant de quitter l'établissement, qu'à rapporter à la forge les outils ayant servi au décrassage et à amener devant le four le minerai et le charbon destinés à la charge du lendemain.

Les ouvriers des caves sont occupés au chargement et au transport des résidus des creusets et des cendres des foyers après leur refroidissement ; ils travaillent habituellement 6 à 7 heures par jour dans des conditions de ventilation des locaux généralement convenables et leur état sanitaire a été trouvé satisfaisant en général.

Dans les usines où l'on emploie le four liégeois-silésien chauffé par foyer à grille ou par gazogène, ainsi que dans celles où les fours liégeois sont chauffés au moyen de gazogènes ou de semi-gazogènes, il existe une quatrième catégorie d'ouvriers, les chauffeurs qui sont chargés de l'alimentation et de la conduite des foyers ou des gazogènes. Habituellement, ils sont répartis entre le poste du jour et le poste de nuit, en travaillant 12 heures consécutives. Dans quelques usines cependant, ils travaillent pendant 24 heures et se reposent le lendemain. La besogne de ces chauffeurs ne les expose guère d'ailleurs au danger de l'intoxication plombeuse.

Ajoutons que, dans certaines usines, un manœuvre par brigade porte le nom de grand-manœuvre et est surtout chargé d'assister le brigadier pendant la matinée ; et que, à l'usine d'Angleur, où les brigadiers travaillent 12 heures, un manœuvre par brigade, au lieu de quitter l'établissement vers 10 1/2 heures du matin avec ses compagnons, fait tous les quatre jours ce que l'on nomme « une longue journée », c'est-à-dire reste avec le brigadier jusque 4 1/2 heures du soir pour la surveillance du four et le tirage du zinc. Ils sont alors remplacés par le brigadier et le manœuvre de nuit, lequel n'est chargé de ce service qu'une semaine sur quatre et est de jour pendant trois semaines. Le travail de nuit se réduit d'ailleurs à un tirage du zinc, à la surveillance du four et, éventuellement, au travail que pourraient exiger les creusets reconnus défectueux.

Enfin, il existe parfois une catégorie spéciale de jeunes ouvriers ou apprentis, âgés d'ailleurs de plus de 16 ans, que l'on nomme *Spitzjungens* ou *Spitchons*. Au nombre de quatre de jour et quatre de nuit pour trois massifs de fours, ils sont chargés principalement, en même temps que de rendre de menus services aux ouvriers, par exemple en leur portant de l'eau, du café ou du sirop de Calabre, du soin des allonges. Ils les placent sur les condenseurs, débouchent ceux-ci à l'aide d'une tige en fer lorsqu'ils viennent à s'obstruer, éteignent les allonges lorsqu'elles « flambent à zinc » et font la récolte des poussières qui se condensent dans celles-ci.

## Gaz et vapeurs provenant des creusets.

Nous devons à l'obligeance d'un exploitant les renseignements suivants sur la composition des gaz et des vapeurs qui se trouvent dans les creusets et dans les récipients condenseurs, depuis la charge jusque 6 heures après le placement des allonges. La proportion d'oxyde de carbone continue à s'accroître ensuite jusque 97 à 98 %, tandis que celle d'anhydride carbonique devient insignifiante et que l'oxygène disparaît.

GAZ SE TROUVANT A L'INTÉRIEUR DES CREUSETS

	1/4 d'heure après la charge	immédiatement avant le placement des allonges	OBSERVATIONS
CO <sup>2</sup> . . . . .	13,00 o/o	25,00 o/o	Brûle à la sortie en donnant CO <sup>2</sup> .
CO. . . . .	0,00	13,00	
SO <sup>2</sup> . . . . .	0,15	0,02	H, CH <sup>4</sup> et C <sup>2</sup> H <sup>4</sup> brûlent à la sortie en donnant H <sup>2</sup> O et CO <sup>2</sup> .
O . . . . .	8,00	1,00	
N . . . . .	78,85	60,98	
H . . . . .			
CH <sup>4</sup> . . . . .			
C <sup>2</sup> H <sup>4</sup> . . . . .			
H <sup>2</sup> O (vapeur) . . . . .			

N. B. — Les gaz et la vapeur d'eau entraînent des traces d'oxyde de zinc.

## GAZ SE TROUVANT DANS LES RÉCIPIENTS CONDENSEURS

	3 heures après le placement des allonges	6 heures après le placement des allonges	OBSERVATIONS
CO <sup>2</sup> . . . . .	2,00 %	0,70 %	
CO . . . . .	48,00	90,00	Brûlé à la sortie en donnant CO <sup>2</sup> .
SO <sup>2</sup> . . . . .	0,00	0,00	
O . . . . .	2,50	9,00	
N . . . . .	47,50	0,30	H, CH <sup>4</sup> , C <sup>2</sup> H <sup>4</sup> brûlent en donnant H <sup>2</sup> O et CO <sup>2</sup> .
H . . . . .			
CH <sup>4</sup> . . . . .			
C <sup>2</sup> H <sup>4</sup> . . . . .			

N. B. — Les gaz et la vapeur d'eau entraînent de faibles quantités de matières solides consistant principalement en oxyde de zinc.

Les fumées sortant des allonges tiennent en suspension des poussières, dont la quantité est très variable suivant que l'orifice de l'allonge est plus ou moins ouvert, plus ou moins obstrué. Un exploitant a bien voulu faire exécuter quelques essais dans le but de la déterminer; mais il n'a pas été possible d'apprécier même approximativement la quantité moyenne de ces poussières pour un volume donné de gaz.

C'est ainsi qu'une prise d'essai de 50 litres de fumée, obtenue en 20 minutes, tenait en suspension un brouillard dont la condensation en poussières sèches pesait 1 gramme environ, tandis qu'une autre prise d'essai beaucoup plus importante, opérée pendant plusieurs heures n'a donné que 0 gr. 6 de matière solide. Par contre, une poussée brusque des gaz dans l'allonge peut déverser plusieurs grammes de matière solide en un instant.

Quant à la composition des matières solides qui se dégagent des allonges, nous ne possédons pas de résultats d'analyse directe; mais elle doit être en relation avec celle des poussières qui se déposent dans ces allonges.

## Composition des poussières d'allonges.

Les analyses de poussières d'allonges suivantes, qui nous ont été communiquées par six établissements différents, sont utiles à connaître au point de vue de la composition des matières solides qui échappent à la condensation dans ces récipients, indépendamment de l'intérêt propre qu'elles présentent et qui dérive de ce que le poids des poussières condensées varie entre 2 et 6 % du poids du zinc recueilli.

## ÉTABLISSEMENT A.

Zn.	:	:	:	90,11 % (en petite partie à l'état de Zn O).
Pb.	.	.	.	0,82
Fe.	.	.	.	0,10
Cd	.	.	.	0,005
As, Cu, Sb	.	.	.	0
Corps insolubles y compris charbon	.	.	.	3,33

## ÉTABLISSEMENT B.

Zn total .	.	.	.	94,04 %
Zn métallique.	.	.	.	88,74
Zn O	.	.	.	6,60
Pb.	.	.	.	2,50
Fe.	.	.	.	0,30
Cd	.	.	.	1,30
Corps insolubles non compris charbon .	.	.	.	0,50

## ÉTABLISSEMENT C.

Zn et Zn O	.	.	.	91,5 %
Pb.	.	.	.	0,5
Fe.	.	.	.	0,18
Cd.	.	.	.	0,5
As et Sb.	.	.	.	0,16
Charbon.	.	.	.	?

## ÉTABLISSEMENT F.

Zn total .	.	.	.	92,40 % (en petite partie à l'état de Zn O).
Pb.	.	.	.	1,70
Charbon	.	.	.	2,85

## ÉTABLISSEMENT H.

Zn total . . . . .	95,50 %
Zn métallique. . . . .	85,34
Zn O . . . . .	12,66
Pb . . . . .	1,5
Charbon . . . . .	2,5

## ÉTABLISSEMENT I.

Les renseignements donnés par cet établissement au sujet de la composition des poussières d'allonges, sont les plus intéressants; parce que la composition des charges de minerais correspondantes m'a été fournie en même temps.

	Mélange A de minerais		Mélange B de minerais	
	Charge en minerais	Poussières d'allonges	Charge en minerais	Poussières d'allonges
	%	%	%	%
Zn total. . . . .	48,50	88,20	44,50	91,29
Zn métallique . . . . .	»	79,16	»	85,24
Zn O. . . . .	»	11,26	»	7,54
Pb . . . . .	6,50	1,90	9,30	1,98
Ag . . . . .	0,028	0,0009	0,060	0,0019
Fe . . . . .	8,30	1,32	12,50	0,79
Cd . . . . .	0,180	1,80	0,250	0,52
S. . . . .	2,50	»	3,40	»
As . . . . .	0,015	faibles traces	0,016	faibles traces
Sb . . . . .	0,04	id.	0,03	id.
SiO <sup>2</sup> . . . . .	13,80	«	13,90	»
Ca O et Mg O . . . . .	6,00	»	4,50	»
Charbon . . . . .	»	4,10	»	3,11

Les sept analyses précédentes ne sont pas toutes également complètes et détaillées; c'est ainsi, par exemple, que le zinc à l'état métallique et à l'état d'oxyde zincique ne sont pas toujours donnés séparément; que le cadmium, le fer, l'arsenic, l'antimoine, les matières insolubles dans les acides, le charbon entraîné par le courant gazeux, etc., n'ont pas toujours été dosés.

On peut cependant reconnaître, en les examinant attentivement, que les chiffres suivants représentent d'une manière suffisamment approximative, les proportions des substances les plus intéressantes que renferment ces poussières.

	Limites des teneurs	Teneur moyenne approximative
	%	%
Zinc total . . . . .	88,2 à 95,5	92
Zinc à l'état métallique . . . . .	79,2 à 88,7	84,5
Zinc à l'état d'oxyde . . . . .	5,3 à 10,6	7,5
Plomb . . . . .	0,5 à 2,5	1,6
Cadmium . . . . .	0,005 à 1,8	0,8
As et Sb. . . . .	0 à 0,16	0,04
Autres substances (charbon, fer, etc). . . . .	0,8 à 5,42	3,2

Les poussières d'allonges consistent essentiellement en globules microscopiques de zinc métallique, entourés d'une pellicule d'oxyde de zinc. Elles contiennent un peu de cadmium, métal plus volatil que le zinc, et parfois de très faibles quantités d'arsenic et d'antimoine qui sont également volatils. Le zinc y est accompagné aussi d'un peu de plomb 0,5 à 2,5 % d'après les analyses, bien que la température de volatilisation du plomb soit beaucoup plus élevée que celle du zinc; parce que le plomb est physiquement entraîné par les vapeurs de zinc. C'est ainsi que le zinc recueilli à l'état liquide dans le récipient condenseur renferme, lorsque le minerai est plombifère, une proportion de plomb qui peut atteindre et même dépasser 2 %. Il ne semble pas, d'ailleurs, que la quantité de plomb entraînée par le zinc soit proportionnelle à celle qui existe dans le minerai. Dès que

celle-ci dépasse une certaine limite, l'excès de plomb reste dans les cendres ou résidus des creusets.

La quantité de plomb transportée par les vapeurs de zinc dépend surtout de la quantité de ce métal qui distille; et peut-être, jusqu'à un certain point, de la température du four. Ainsi, dans les analyses fournies par l'établissement *I*, nous voyons que, lorsque la teneur en plomb de la charge passe de 6,50 à 9,30 %, celle des poussières d'allonges ne change pas sensiblement; puisqu'elle est de 1,90 % dans le premier cas, de 1,98 % dans le second.

Les poussières renferment aussi un peu de fer, de silice et de charbon; ces substances proviennent d'un entraînement mécanique qui s'effectue principalement aux dépens du charbon maigre, plus ou moins impur, employé comme réducteur à l'état de poussier.

Ajoutons que les poussières d'allonges sont traitées au four Montéfiore aux usines de Corphalie et d'Engis. Elles donnent ainsi 85 à 86 % d'un zinc dur et cassant, parce qu'il contient encore de l'oxyde; ce zinc, qui ne peut être laminé, ne convient que pour des usages spéciaux. Ailleurs, les poussières sont retraitées au four de réduction, ou bien elles sont employées comme un agent réducteur puissant, grâce au zinc métallique très divisé qui les forme en majeure partie, dans certaines industries chimiques, notamment dans la fabrication des couleurs d'aniline. Dans ce cas, elles subissent généralement un tamisage et l'on ne fait repasser que les refus de celui-ci aux fours de réduction.

Revenons aux fumées qui se dégagent par les allonges dans les halles des fours de réduction. Comme matières gazeuses, elles se composent surtout d'anhydride carbonique et de vapeur d'eau, rarement d'oxyde de carbone. Comme matières solides métallifères, elles sont formées principalement d'oxyde de zinc accompagné d'un peu de plomb et de cadmium, tous deux probablement à l'état d'oxydes, ainsi que de traces d'antimoine et d'arsenic.

Vu le peu de volatilité du plomb, il est probable qu'il en existe moins, relativement au zinc et au cadmium, dans les fumées que dans les poussières d'allonges. Si nous supposons néanmoins que les proportions de ces trois métaux restent les mêmes et si nous les transformons en oxydes, en admettant que la quantité de matières inertes (charbon, fer, etc.) reste la même, nous arrivons pour les proportions moyennes approximatives des matières solides contenues dans les fumées d'allonges, aux résultats suivants :

Oxyde de zinc (Zn O) . . . . .	114,65 ou, en centièmes, 95,16	
Oxyde de cadmium (Cd O) . . . . .	0,91	» 0,76
Oxyde de plomb (PbO) . . . . .	1,72	» 1,43
Matières inertes (charbon, fer, etc.)	3,20	» 2,65
Totaux	120,48	100.0

Il y aurait donc, en moyenne, dans les matières solides entraînées par les fumées d'allonges, au moins 95,16 % d'oxyde de zinc et 0,76 % d'oxyde de cadmium ; au plus, 1,43 % d'oxyde de plomb.

Si l'on applique la même méthode de calcul aux fumées de l'établissement B, dont les poussières d'allonges renferment la plus forte proportion de plomb, en supposant aussi que celle-ci reste la même dans les fumées, on voit que les matières solides entraînées contiennent au moins 95,92 % d'oxyde de zinc et 1,22 % d'oxyde de cadmium ; au plus 2,20 % d'oxyde de plomb.

Un examen médical auquel ont été soumis les ouvriers de l'importante fabrique de blanc de zinc annexée à l'usine de Valentin-Cocq, a prouvé que l'oxyde de zinc est absolument inoffensif pour l'homme, même lorsqu'il est accompagné d'une proportion d'oxyde de plomb pouvant atteindre 0,2 %.

Tout en étant encore très faible, cette proportion est notablement plus grande dans les fumées d'allonges ; et, quoiqu'il résulte d'une enquête médicale faite concurremment avec mon enquête technique, que les brigadiers des fours à zinc retenus par leur travail dans les halles généralement pendant 24 heures consécutives ou tout au moins pendant 12 heures, sont moins sujets aux affections saturnines que les manœuvres chargés du décrassage des creusets, qui ne travaillent aux fours que pendant 5 à 6 heures par jour, il est probable que l'absorption de ces fumées ne serait pas sans danger, malgré leur faible teneur en oxyde de plomb.

Aussi est-ce avec raison que les halles sont construites et disposées de façon à ce qu'elles soient largement ventilées, et à obtenir que les fumées d'allonges s'élèvent verticalement vers les larges ouvertures ménagées suivant le faite des toitures, pour se dégager à l'extérieur.

### Décrassage des creusets et composition des résidus.

De toutes les opérations qu'exige la réduction des minerais de zinc, celle qui réclame le plus de précautions pour éviter l'intoxication

plombeuse du personnel, est le décrassage des creusets, que nous n'avons guère que mentionné jusqu'ici et qui est opéré par les manœuvres au commencement de la journée, tandis que les brigadiers sont présents, d'ailleurs, dans les halles.

Le décrassage consiste à extraire les résidus de la distillation encore incandescents et plus ou moins pulvérulents, autrement dit les cendres de creusets, au moyen de racloirs à longs manches et en recourant à l'emploi d'outils en fer terminés en biseau (*herpay*) pour détacher les scories qui peuvent adhérer aux parois du creuset.

Dans l'ancien système liégeois, ces matières tombaient d'une grande hauteur, du moins pour les rangées supérieures des creusets, en partie dans la rainure ménagée au pied du four, en partie à côté de celle-ci, où elles étaient ensuite repoussées. Il se produisait ainsi beaucoup de poussières et de fumées qu'absorbaient les ouvriers.

Il est vrai que jadis, on disposait de minerais de zinc beaucoup moins plombifères qu'aujourd'hui. Par contre, de très grands perfectionnements ont été apportés aux dispositions des fours de réduction, afin d'éviter l'afflux dans les halles des poussières et des fumées du décrassage et de soustraire aussi les ouvriers à la chaleur rayonnée par les creusets pendant la charge. Ils seront décrits en détail en parlant des diverses usines ; je me bornerai à signaler ici, qu'abstraction faite de la réduction du nombre des rangées horizontales des creusets sur l'utilité de laquelle l'attention a déjà été attirée, ces perfectionnements, qui sont appliqués simultanément ou partiellement suivant les usines, consistent :

1° A masquer au moyen de portes à rotation ou de rideaux verticaux en tôle à contre-poids, les orifices des creusets auxquels on ne travaille pas pour le moment ;

2° A ménager, entre les rangées de creusets, des orifices dans les plaques de fonte destinées au support des condenseurs qui sont enlevés pendant le décrassage ; les cendres des creusets descendent ainsi dans les caves, par ces orifices, en passant derrière les portes ou les rideaux en tôle ;

3° A munir la partie supérieure des niches des fours liégeois-silésiens, qui contiennent six creusets (trois en hauteur et deux en largeur) de hautes cheminées d'aspiration en tôle.

Quoi qu'il en soit, la composition des résidus ou cendres brutes de creusets est fort utile à connaître.

La voici, telle qu'elle m'a été renseignée pour onze des douze usines

visitées et dont trois, appartenant à la même société, forment un seul groupe. Nous y ajoutons la composition des cendres enrichies par préparation mécanique, à titre de renseignement intéressant au point de vue de l'emploi de ces cendres préparées dans la métallurgie du plomb. Au surplus, nous ferons observer que cet enrichissement se fait par lavage dans des cribles à eau et que le classement, qui précède ce lavage, s'effectue de façon à éviter l'arrivée des poussières dans l'atmosphère de l'atelier.

Il convient aussi de remarquer que les dosages suivants ne sont que des résultats d'analyses industrielles plus ou moins incomplètes, où les corps considérés comme intéressants par les divers exploitants ont seuls été dosés.

## ÉTABLISSEMENT A.

	CENDRES BRUTES	CENDRES PRÉPARÉES	
		Riches en Pb et Ag	Pauvres en Pb et Ag
	%	%	%
Zn. . . . .	4,00	3,87	5,00
Pb . . . . .	5,00	24,25	13,16
Ag . . . . .	0,016	0,032	0,016
Fe . . . . .	16,55	42,75	20,68
Cu . . . . .	0,05	0,02	0,10
S . . . . .	?	2,26	1,34
As, Sb et Cd . . . . .	0	0	0
Ca O . . . . .	2,50	2,66	3,50
Mg O . . . . .	0,45	0,15	0,18
Résidu insoluble (Si O <sup>2</sup> et C) . . . . .	50,00	18,66	44,67

## ÉTABLISSEMENT B.

	CENDRES BRUTES	CENDRES PRÉPARÉS
	%	%
Zn . . . . .	2,5	6 à 7
Pb . . . . .	8,5	40 à 45
Fe . . . . .	14,5	15 à 20
S . . . . .	4,00	4 à 5
Ca O . . . . .	2,5	4 à 5
Mg O . . . . .	1,5	1 à 2
Résidu insoluble . . . . .	60,0	15 à 20

## ÉTABLISSEMENT C.

	CENDRES BRUTES	CENDRES PRÉPARÉES
	%	%
Zn . . . . .	3 à 7	3 à 15
Pb . . . . .	1,26	4 à 30

## ÉTABLISSEMENT D.

	CENDRES BRUTES	CENDRES PRÉPARÉES
	%	%
Zn . . . . .	2 à 3	?
Pb . . . . .	9	30

## ÉTABLISSEMENT E.

	CENDRES BRUTES	CENDRES PRÉPARÉES	
		Riches en Pb et Ag	Pauvres en Pb et Ag
		%	%
Zn. . . . .	?	5,42	5,30
Pb . . . . .	11,50	49,10	15,25
Ag . . . . .	?	0,083	0,0185
Fe. . . . .	?	15,13	27,70
Mn . . . . .	?		4,55
Cu . . . . .	?	0,67	0,26
S . . . . .	?	4,15	2,29
Sb. . . . .	?	0,08	»
Ca O . . . . .	?	6,66	9,90
Mg O . . . . .	?	1,58	»
Al <sup>2</sup> O <sup>3</sup> . . . . .	?	2,75	10,42
Si O <sup>2</sup> . . . . .	?	13,52	21,29

## ÉTABLISSEMENT F.

	CENDRES BRUTES	CENDRES PRÉPARÉES
	%	%
Zn . . . . .	?	?
Pb . . . . .	9 à 12	31,90
Ag . . . . .	0,0165	0,041
Fe et Mn. . . . .	15,65	26,18
Ca O . . . . .	7,10	3,80
Mg O . . . . .	1,20	0,75
Insoluble . . . . .	41,60	28,20

## ÉTABLISSEMENT G.

	CENDRES BRUTES provenant de deux mélanges très différents de minerais		CENDRES PRÉPARÉES	
	N° 1	N° 2	Analyse d'un échantillon	Limites de variation des teneurs
			%	%
Zn . . . . .	2,60	3,94	6,96	6,89 à 7,70
Pb . . . . .	2,13	11,60	38,00	35,00 à 57,00
Ag . . . . .	»	0,0345	0,06	0,04 à 0,07
Fe . . . . .	15,72	11,19	19,59	11,26 à 21,22
Cu . . . . .	»	0,192	0,10	0 à 0,25
S . . . . .	0,62	1,72	7,13	6,52 à 7,37
Sb . . . . .	»	0,249	?	0 à ?
CaO . . . . .	4,00	1,33	3,50	3,40 à 3,45
Mg O . . . . .	2,16	0,73	0,12	traces à 0,29
Al <sup>2</sup> O <sup>3</sup> . . . . .	2,60	1,10	3,18	2,34 à 4,00
Si O <sup>2</sup> . . . . .	34,30	32,23	14,00	13,56 à 15,38
Carbone . . . . .	30,02	30,40	?	?

## ÉTABLISSEMENT H.

	CENDRES BRUTES	CENDRES PRÉPARÉES
	%	%
Zn . . . . .	3,00 à 5,00	8,00 à 12,00
Pb . . . . .	8,00 à 12,00	30,00 à 35,00
Ag . . . . .	0,008 à 0,010	0,04 à 0,05
Ca O . . . . .	6,00 à 10,00	?
Si O <sup>2</sup> . . . . .	15,00 à 20,00	?

## ÉTABLISSEMENT I.

	Cendres brutes provenant de deux mélanges différents de minerais	
	N° 1	N° 2
	%	%
Zn . . . . .	3,40	4,20
Pb . . . . .	8,10	9,50
Ag . . . . .	0,050	0,085
S. . . . .	2,10	3,50

## CENDRES PRÉPARÉES.

	RÉSUMÉ DES ANALYSES DE SIX VARIÉTÉS		
	Variété la plus riche en Pb et Ag	Variété la plus pauvre en Pb et Ag	Limites des teneurs des six variétés
	%	%	%
Zn . . . . .	6,00	2,50	2,50 à 7,00
Pb . . . . .	48,00	10,00	10,00 à 48,00
Ag . . . . .	0,16	0,049	0,049 à 0,160
Fe . . . . .	24,03	11,77	11,77 à 24,03
Cu . . . . .	0,25	0,15	0,15 à 0,27
S . . . . .	2,18	2,20	2,04 à 3,30
Sb . . . . .	0,12	0,05	0,02 à 0,12
As . . . . .	0,08	0,03	0,01 à 0,08
SiO <sup>2</sup> . . . . .	12,75	60,00	12,75 à 60,00

Il serait intéressant de connaître exactement, pour la Belgique, les teneurs moyennes en zinc, plomb et argent des cendres brutes de

creusets. Les renseignements recueillis ne permettent pas de les déterminer avec certitude, la quantité de certains éléments n'étant pas toujours indiquée ou étant représentée, non par une moyenne, mais par un minimum et un maximum. En prenant la moyenne de ceux-ci, en supposant, lorsque le dosage d'un élément fait défaut, que sa proportion est en relation avec les données fournies par les autres établissements et en appliquant, à chacun de ceux-ci, les coefficients proportionnels à leur production déterminés au début de ce travail, on arrive aux résultats suivants, qui peuvent être considérés comme correspondant assez approximativement à la composition moyenne des cendres brutes de creusets dans notre pays, pour l'année 1898 :

Zinc . . . . .	4,14 %
Plomb . . . . .	5,55
Argent . . . . .	0,0209

Le rapport entre le poids des cendres brutes de creusets et celui de la charge en minerais, non compris le charbon réducteur, est un élément important au point de vue des relations entre la composition des cendres et celle de la charge.

Sans être complètement renseigné à cet égard, je crois pouvoir dire que ce rapport varie peu dans les usines belges et est généralement compris entre 65 et 70 %, c'est-à-dire que, pour une charge de 1,000 kilogrammes de minerais et sous-produits zincifères provenant des opérations précédentes, le poids des cendres est habituellement compris entre 650 et 700 kilogrammes.

Nous devons à l'obligeance d'un de nos industriels les plus compétents, les résultats d'une série d'expériences, que nous résumons à titre d'exemple. Elles ont donné pour ce rapport 68 % et indiquent aussi l'état sous lequel les métaux se trouvent dans les cendres.

Une charge de 1,000 kilogrammes de minerais comprenant environ 460 kilogrammes de blende grillée, 410 kilogrammes de calamine calcinée et 130 kilogrammes de crasses d'écumage, débris de condenseurs, refus de tamisage des poussières d'allonges, etc., dont la teneur variait entre 40 et 50 % de zinc, 6 à 7 % de plomb, 0,004 à 0,005 d'argent, 15 à 18 % de fer et 1 à 1,5 % de soufre, a été additionnée de 400 kilogrammes de charbon maigre en poussier renfermant environ 8,5 % de matières volatiles, 82,5 % de carbone et 9 % de cendres.

Elle a donné 680 kilogrammes de cendres de creusets brutes renfermant :

Sulfure de zinc (Zn S) . . . . .	4,00 %
Sulfate de zinc (Zn SO <sup>4</sup> ). . . . .	0,09
Plomb métallique . . . . .	3,10
Argent en dissolution dans le plomb . . . . .	0,006
Oxyde de plomb (Pb O). . . . .	1,91
Sulfure de plomb (Pb S) . . . . .	traces
Fer métallique plus ou moins carburé . . . . .	5,69
Sulfure ferreux (Fe S) . . . . .	2,48
Oxydes de fer (Fe O, Fe <sup>3</sup> O <sup>4</sup> , Fe <sup>2</sup> O <sup>3</sup> ) . . . . .	15,57
Charbon . . . . .	18,07

N. B. L'oxyde ferreux, l'oxyde ferrique, l'oxyde de plomb, ainsi que l'alumine, la chaux et la magnésie, que contenaient aussi ces cendres en même temps que de la silice, étaient en combinaison avec celle-ci pour former des silicates.

(A suivre.)

