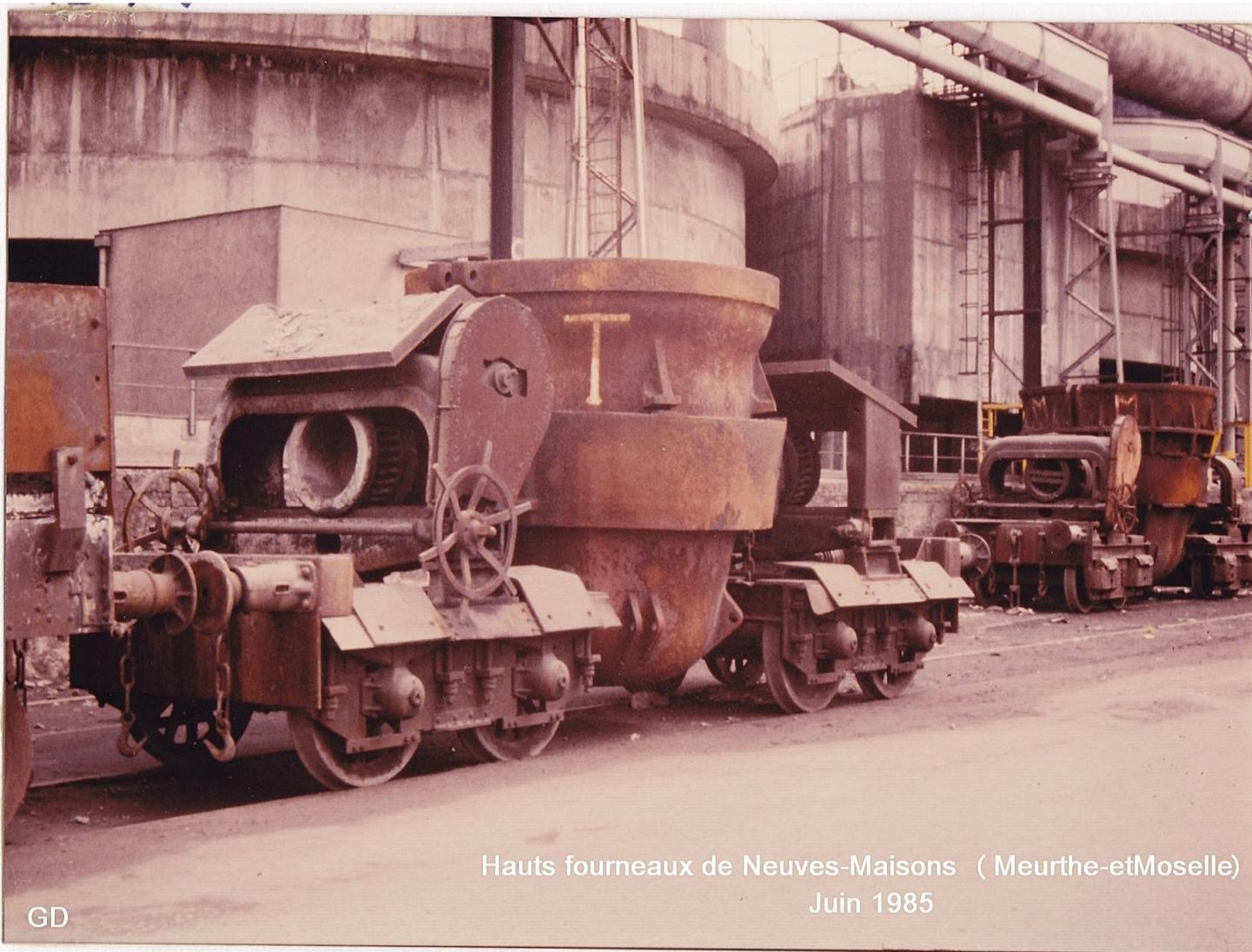


TRANSPORT, STOCKAGE ET EXPLOITATION DU LAITIER DE HAUT-FOURNEAU

(Présentation à partir d'exemples pris en Lorraine)



Gérard DALSTEIN

Mise à jour février 2020

TRANSPORT, STOCKAGE ET EXPLOITATION DU LAITIER DE HAUT-FOURNEAU

(Présentation à partir d'exemples pris en Lorraine)

Le fer n'existe pas à l'état naturel, sauf sous la forme météoritique qui se présenta comme une chance pour les premiers hommes amenés ainsi à travailler ce métal aux propriétés particulièrement intéressantes si on lui applique certaines techniques de forgeage. En effet le fer pur ne présente guère d'intérêt. Quasi sans résilience, peu résistant au cisaillement, et donc inapte à la fabrication d'armes ou d'outils, c'est allié à une petite proportion de carbone qu'il va révolutionner l'agriculture, l'industrie et malheureusement les techniques de la guerre. Le haut fourneau, appareil produisant de la fonte, c'est à dire un fer allié à une proportion de carbone variant de 2 à 6%, produit transformable ensuite en diverses nuances d'acier après réduction de cette proportion de carbone, permet de fournir des quantités significatives de métal, de une tonne vers 1780 à 5 tonnes vers 1850. Puis les productions vont s'envoler, à 50 tonnes puis 100 tonnes vers 1900, 300 tonnes et plus vers 1950 pour atteindre 2000 tonnes avec les derniers minerais lorrains dans les années 1980. Bien que pauvres en fer (30 à 35 %) mais issus d'un gisement d'une grande puissance, plus de 4 milliards de tonnes, cette ressource quasi providentielle pour le pays va permettre de lancer notre industrie dans la grande conquête sidérurgique et de la hisser dans les première places des puissances industrielles.

Parmi les inconvénients dus à la faible teneur en fer du minerai lorrain apparaît celui du volume des matières « indésirables » à traiter ou stocker. 35% de fer = 65 % de roche stérile, la « gangue » siliceuse ou calcaire du minerai. Dans le haut-fourneau, cette gangue (densité environ 2,5 à 3) bien plus légère que la fonte (densité 7,2), nommée « laitier », va surnager sur le bain de fonte de sorte qu'il s'avère nécessaire de l'éliminer au fur et à mesure de sa formation. Si dans les premiers hauts-fourneaux, entre 1600 et 1860, le laitier retiré au dessus de l'avant creuset pouvait être traité au fur et à mesure de sa formation et concassé pour empierrer les chemins, en revanche, au fur et à mesure de l'accroissement de la production, cette matière va très vite poser un problème de traitement sur place ou de stockage hors de l'usine qu'elle finirait par envahir. En 1910, une usine possédant quatre hauts-fourneaux rendant 50 tonnes jour produit dans le même temps environ 300 tonnes de laitier, mais avec un volume

trois fois supérieur à celui de la fonte. Dans les années 1980, en fin de vie des installations de la sidérurgie lorraine, on parvient à la parité en poids entre fonte et laitier. Une tonne de fonte, une tonne de laitier. Mais à un mètre cube de fonte correspond à trois à quatre mètres cubes de laitier, suivant le conditionnement de ce dernier, en plaques ou en granulés.

Aujourd'hui, avec l'emploi des minerais dits « exotiques » provenant d'Afrique ou d'Amérique du sud, sensiblement plus riches en fer que la « minette » lorraine dont l'exploitation a définitivement cessé en 1997, la proportion de laitier s'en est trouvée bien réduite de sorte que ce produit peut actuellement être traité et valorisé au fur et à mesure de sa production.

Mais durant les grandes années des exploitations lorraines, entre 1870 et 1980, soit sur un peu d'un siècle, qu'en faire ?

Le Laitier, « résidu » valorisable Ciments et ballast

Plusieurs solutions combinables se présentent alors au maître de forges :

1)-Projeter le laitier en fusion (environ 1300°) dans un bac à eau. Le choc thermique le réduit en une forme de sable appelé claine, très prisé dans la fabrication des ciments de laitier capables de faire leur prise dans l'eau. Ainsi ce type de ciment produit par la société Raty exploitant les hauts-fourneaux de Saulnes (Meurthe-et-Moselle), quasi pionnière en la matière dans la région, ont été acceptés dans la série des travaux de Paris à la fin du XIXème siècle. Il est très probable que l'on en trouve au niveau des fondations du métropolitain dans le lit de la Seine. La photo n° 1 prise aux hauts-fourneaux de Pompey en 1983 présente sur la droite un lâcher de laitier en bassin à claine alors que sous le plancher de coulée deux poches à fonte attendent d'être chargées.

Mais durant des décennies, aucune industrie de transformation, cimenterie ou ensemble de concassage pour les travaux routiers ne pouvait absorber l'énorme quantité de laitiers produits par la centaine de hauts-fourneaux de la Lorraine, soit des milliers de tonnes par jour.

2)-Couler le laitier en fosse et le laisser se craqueler à l'air libre pendant un certain temps pour le concasser à la masse (puis par la suite au concasseur) et en tirer du ballast. Les photos n° 2 et 3 présentent un lâcher de laitier en ballastière au concasseur d'Hayange tandis que sur la photo n° 4 une pelle électrique charge des wagons « Talbot » avec le ballast tiré d'une fosse de coulée.

3)- Le stocker à la périphérie de l'usine sous forme de crassiers en gradins ou en cônes (à ne pas confondre avec des terrils formés avec les résidus issus de l'extraction du charbon)



Figure 1

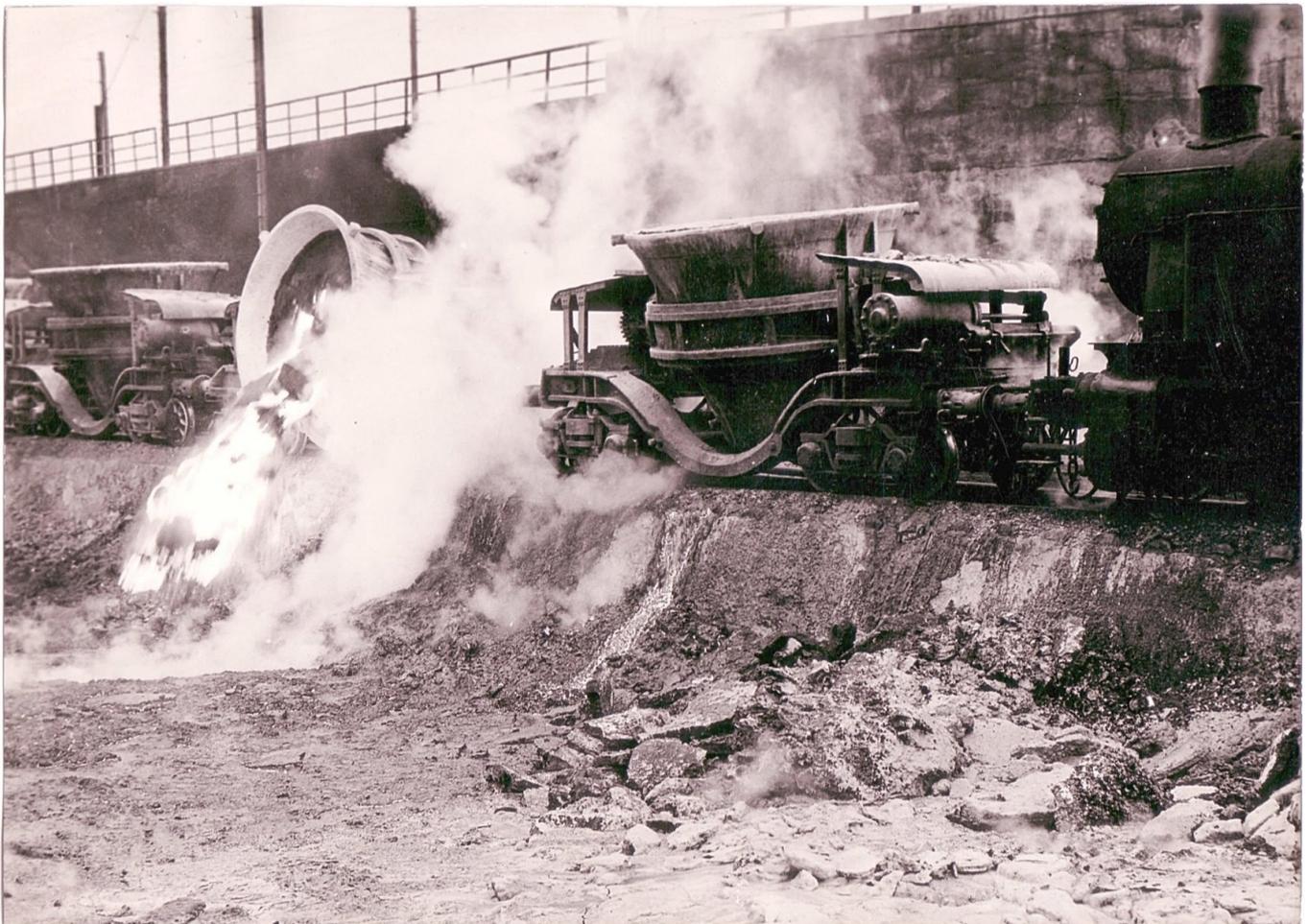


Figure 2



Figure 3



Figure 4

Le crassier, solution ultime

Stocker sans étouffer l'usine. C'est bien la solution ultime lorsque les deux premières décrites précédemment ne peuvent suffire. Deux choix de forme de stockage se présentent alors :

-Soit, dans le cas des ensembles sidérurgiques installés en vallée, étirer un crassier à flanc de coteau, ce qui pouvait de plus présenter l'avantage d'augmenter la surface de construction industrielle sur des bases très solides. La photo n°5 montre un lâcher de laitier en crassier plan à l'usine de Dudelange (Grand Duché) vers 1960.

-Soit transformer le laitier en claine avant de le déverser depuis le sommet d'un pylône de téléphérique pour obtenir un cône dont le volume pouvait devenir très impressionnant. Le crassier de Longwy (Photo n°6) en représente l'exemple type. Ses 5 000 000 de tonnes ont été entièrement exploitées après la fermeture de l'usine des hauts-fourneaux et aciéries de Senelle, et l'exploitant en a tiré un bénéfice substantiel. Il en fut ainsi pour tous les crassiers de la région, en coteau comme à Moyeuve(Moselle) (Photo n° 7) ou en cône comme à Jarville (Meurthe et Moselle) (Photo n°8) avec un ancien crassier abandonné avant guerre par les forges du Nord-Est dont la figure 9 propose une reconstitution. Le schéma n° 10 permet de comparer la masse de plusieurs crassiers coniques que j'ai pu approcher (voire grimper un peu sur la pente de l'un d'entre-eux...en abandonnant assez rapidement vu le risque de glissade risquant d'être fatal).

Les travaux ne sont toujours pas terminés sur l'ensemble des crassiers. Ainsi celui de Moyeuve permet une exploitation annuelle de 1 500 000 tonnes, (La photo n° 11 en présente la station de traitement) et celui de Moulaine (Meurthe-et-Moselle), encore en cours en 2019, 250 000 tonnes.



Figure 5

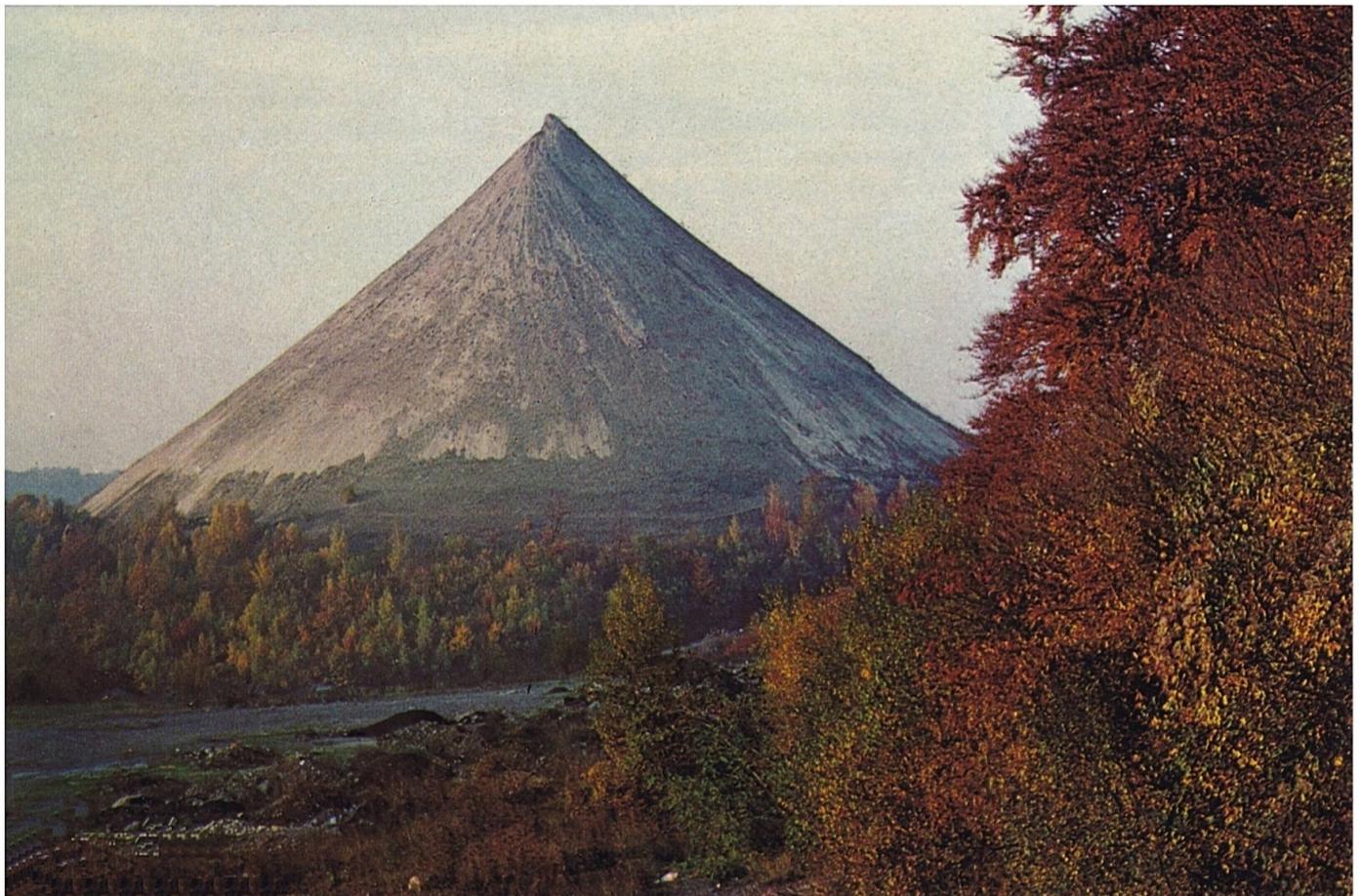


Figure 6



Figure 7

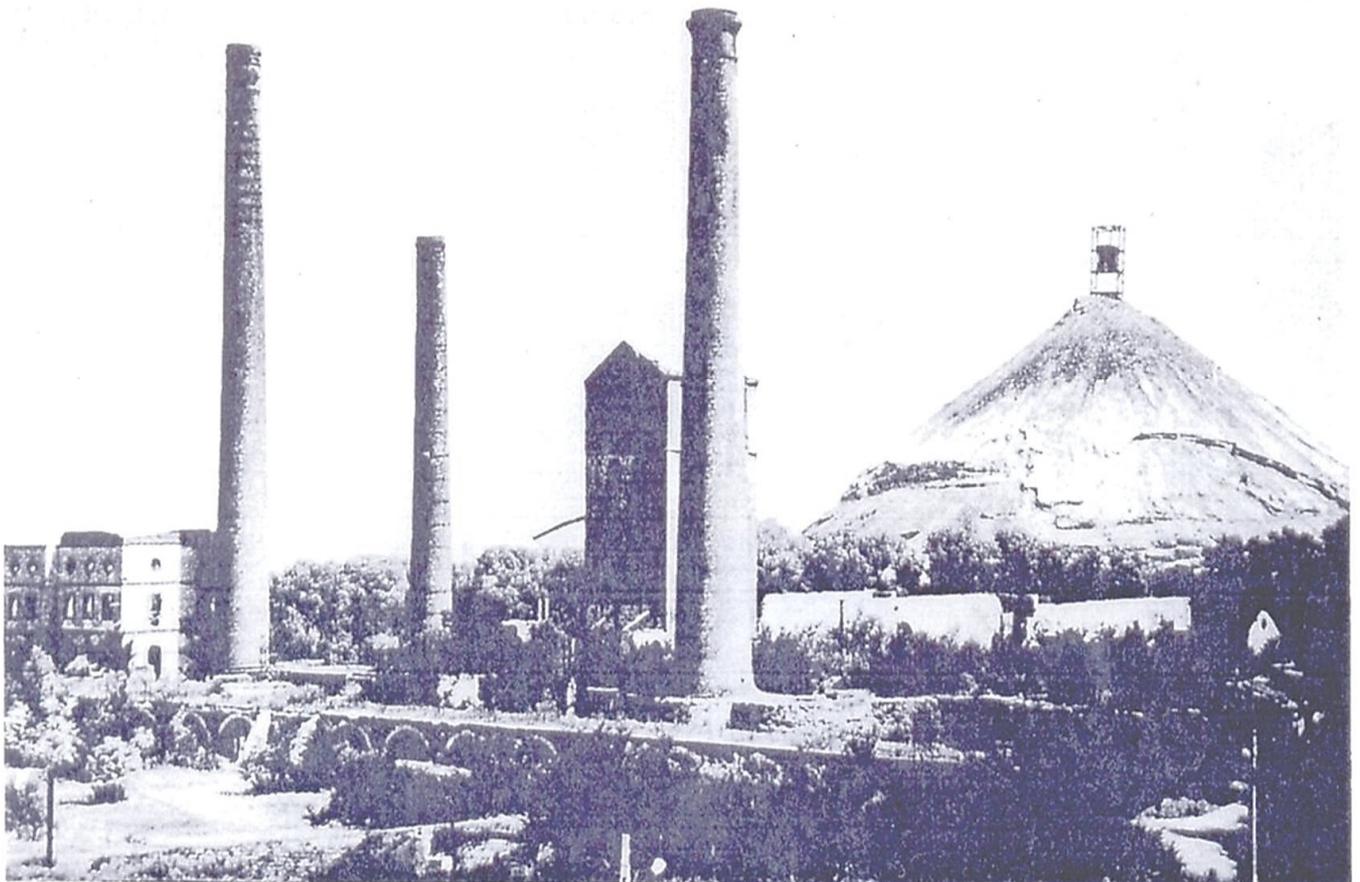


Figure 8

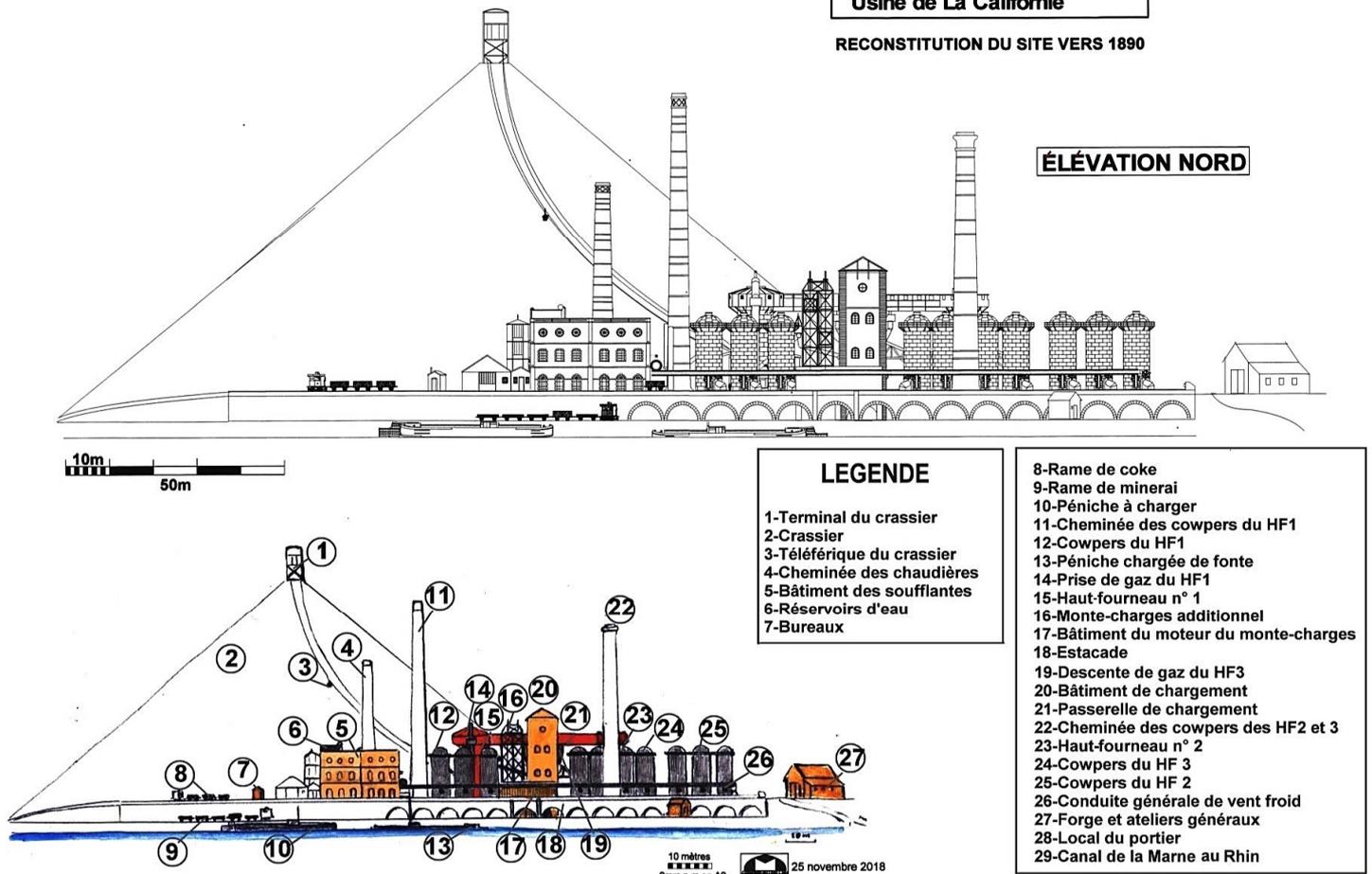


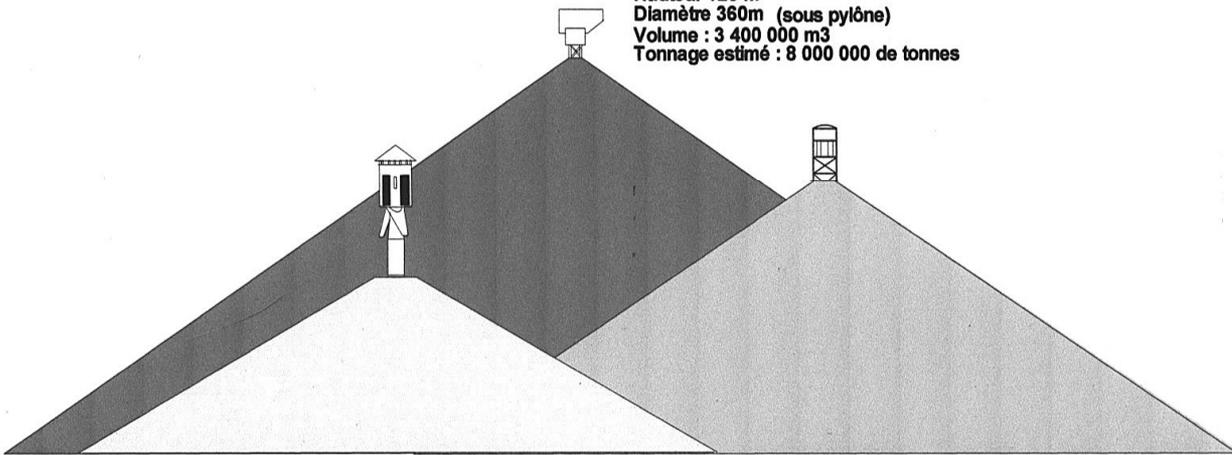
Figure 9

**COMPARAISON DES PROFILS DES CRASSIERS CONIQUES LORRAINS
 ÉDIFIÉS ENTRE 1885 ET 1960**

La claie des crassiers : une exploitation tardive

CRASSIER DE LONGWY-SENELLE

1920. Exploitation 1982
 Hauteur 120 m
 Diamètre 360m (sous pylône)
 Volume : 3 400 000 m³
 Tonnage estimé : 8 000 000 de tonnes



CRASSIER DE JARVILLE-MONTAIGU

1902-Exploitation 1960
 Diamètre 200m
 Hauteur 60m
 Volume 524000 m³
 Tonnage estimé : 1 260 000 de tonnes

CRASSIER DE JARVILLE-CALIFORNIE

1885. Exploitation 1966
 Hauteur 80m
 Diamètre 260m
 Volume 1 416 000 m³
 Tonnage estimé : 3 400 000 tonnes

Les estimations de tonnages ont été calculées sur la base d'une densité commune des laitiers de haut-fourneau de 2,4 (Mais elles peuvent varier entre 2,1 et 2,5)

Figure 10



Figure 11

Des moyens de transport adaptés

Nous nous situons ici dans les premières années où les maîtres de forge recherchent des solutions au traitement des laitiers.

Comme le montre la figure 12, le laitier est d'abord coulé dans une fosse, puis repris une fois solidifié par une grue pour être transporté par un chariot jusqu'à un endroit de stockage où il sera concassé pour empierrer les chemins.

Sur la figure 13, on voit apparaître un engin de transport constitué d'une caisse en métal à quatre parois amovibles fixées sur une plate forme roulant sur rails. La figure 14 présente un plan de ces chariots. Puis, dernier stade avant les wagons cuves, les usines ont utilisé pendant une cinquantaine d'années des chariots à virole conique. Cette virole était emplie de laitier en fusion, puis, après refroidissement, se trouvait soulevée à l'aide d'une grue de sorte que le convoi de blocs de laitier refroidi pouvait se diriger vers un lieu de stockage. Les blocs y seront ensuite concassés à la masse. Opération bien entendu pénible mais un peu facilitée par l'assez mauvaise tenue du laitier qui se fissure en refroidissant, phénomène qui se poursuit avec les intempéries (pluies et gels). L'emploi des concasseurs qui apparaissent dès la fin du XIX^{ème} siècle mettra fin à ce travail de forçat.

Sur la figure 15 (Haut-fourneau n°3 de Villerupt vers 1910) on distingue une petite rame de trois cuves en attente devant le plancher de coulée. La structure relativement simple et robuste de ce matériel apparaît sur la planche 16 avec l'exemple d'un modèle de chariot utilisé aux hauts-fourneaux de Saulnes (Meurthe-et-Moselle). Enfin sur la photo 17 prise aux aciéries de Villerupt-Micheville on assiste à l'opération de démoulage des pains. Je précise qu'il s'agit ici de pains de scories d'aciérie et non de laitier, mais le matériel est en tous points identique.

A l'usine de Rombas (Moselle) le déchargement du bloc était réalisé mécaniquement par un basculement de socle commandé par pignons. Dans d'autres usines, c'est avec le simple moyen d'une barre à mine utilisée comme levier que les ouvriers déchargeaient les chariots. Les figures 18, 19 et 20 présentent le matériel employé à Rombas et son système de déchargement tandis que le matériel décrit sur la figure 21 préfigure les wagons cuve qui vont sillonner les voies des usines et de leurs crassiers après la première guerre mondiale.

Le système qui sera alors adopté par la plupart des constructeurs est identique. Il s'agit de faire basculer une cuve sur un axe porteur de

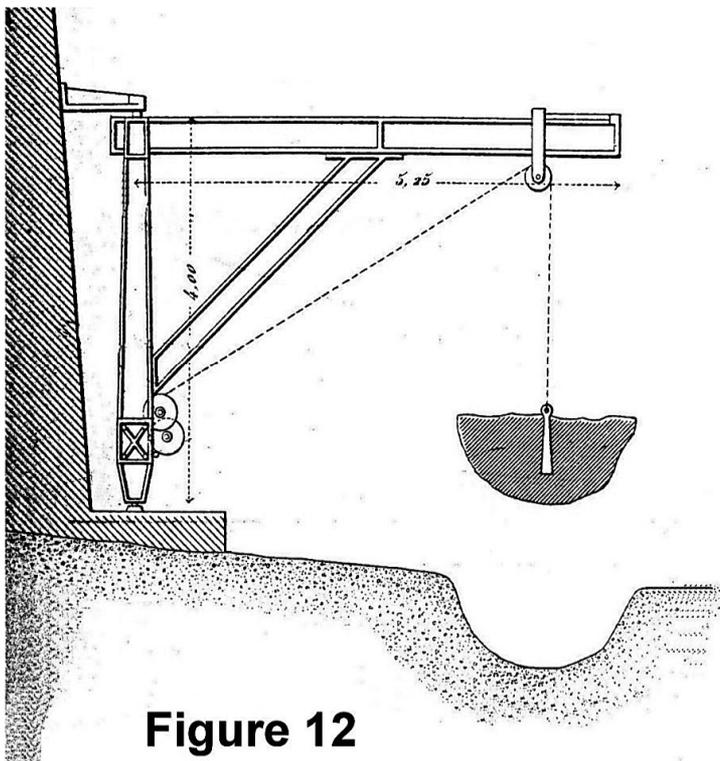


Figure 12

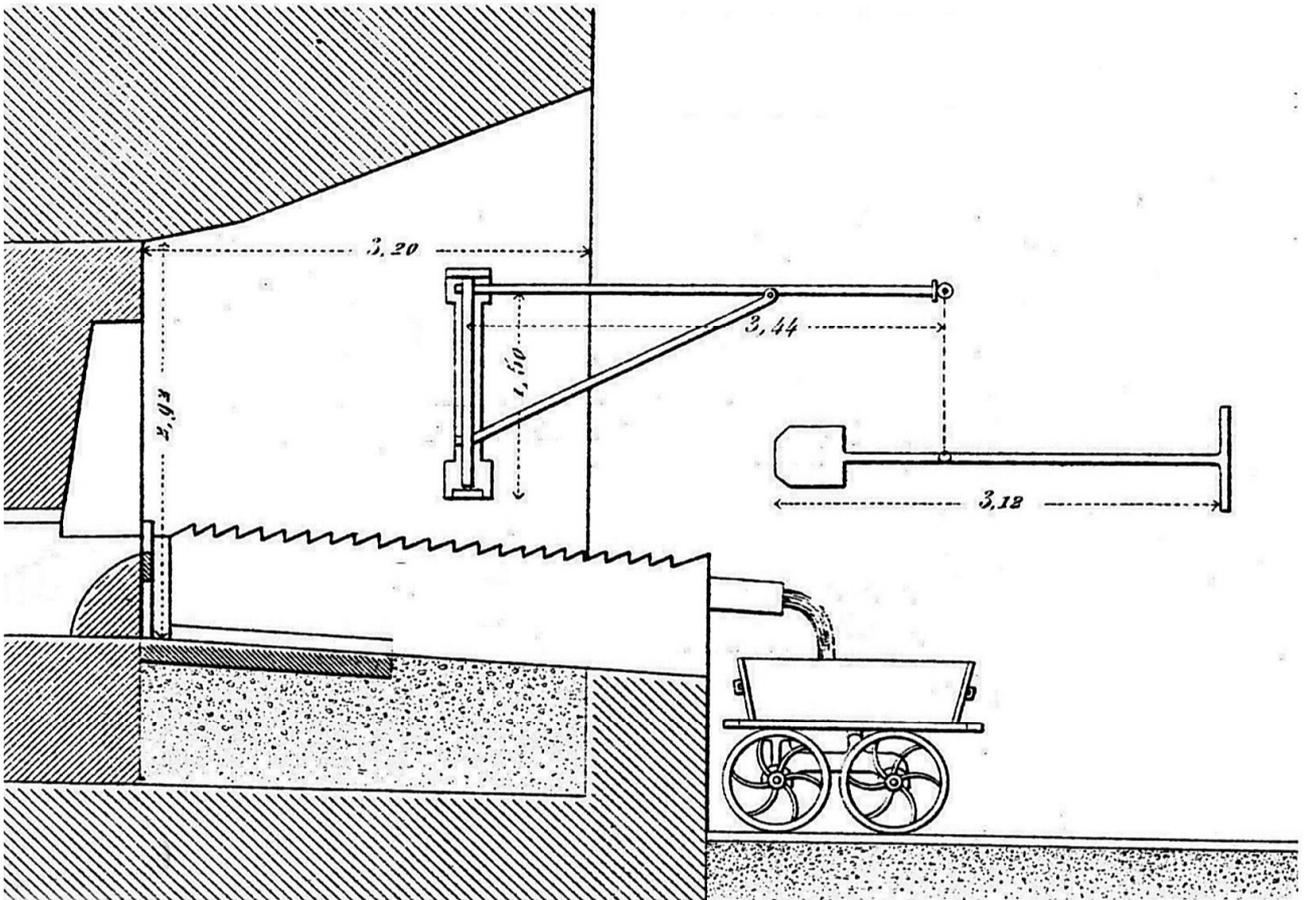


Figure 13

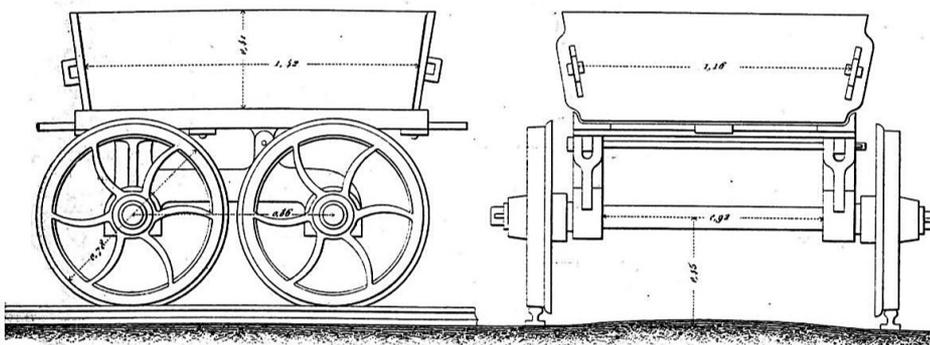
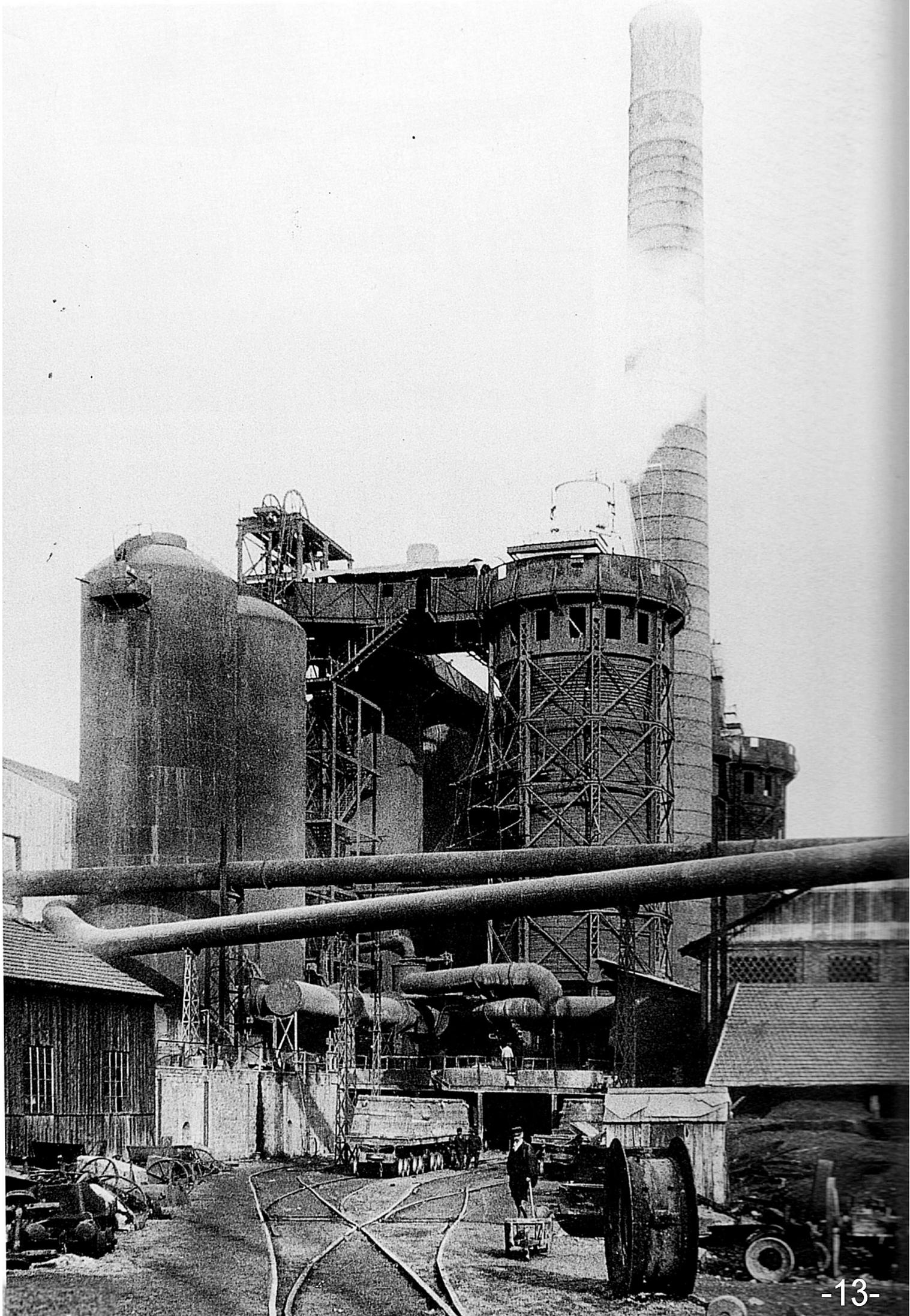


Figure 14



HAUTS-FOURNEAUX DE SAULNES.USINE RATY

Wagonnet de décrassage. Voie de 700mm

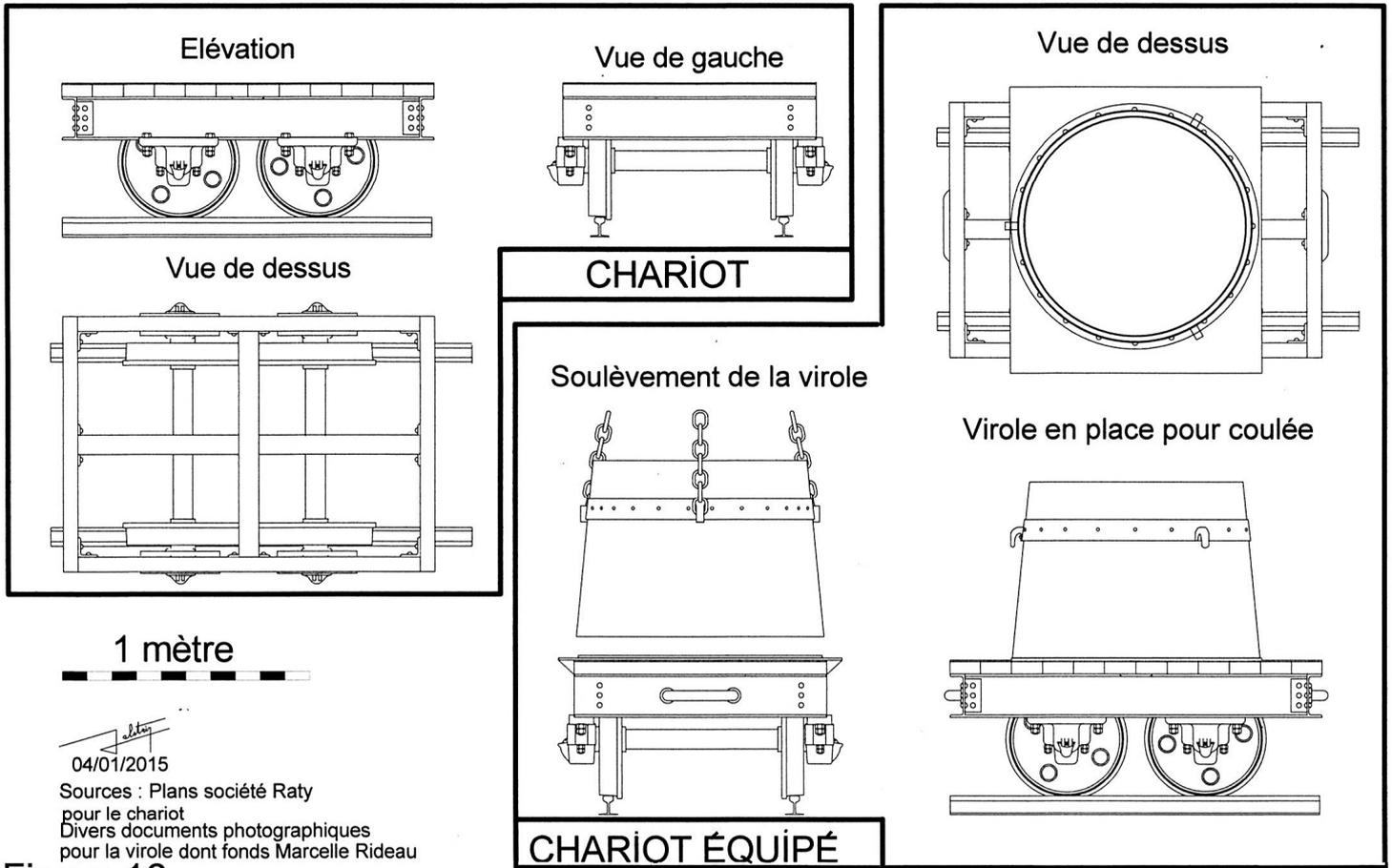


Figure 16

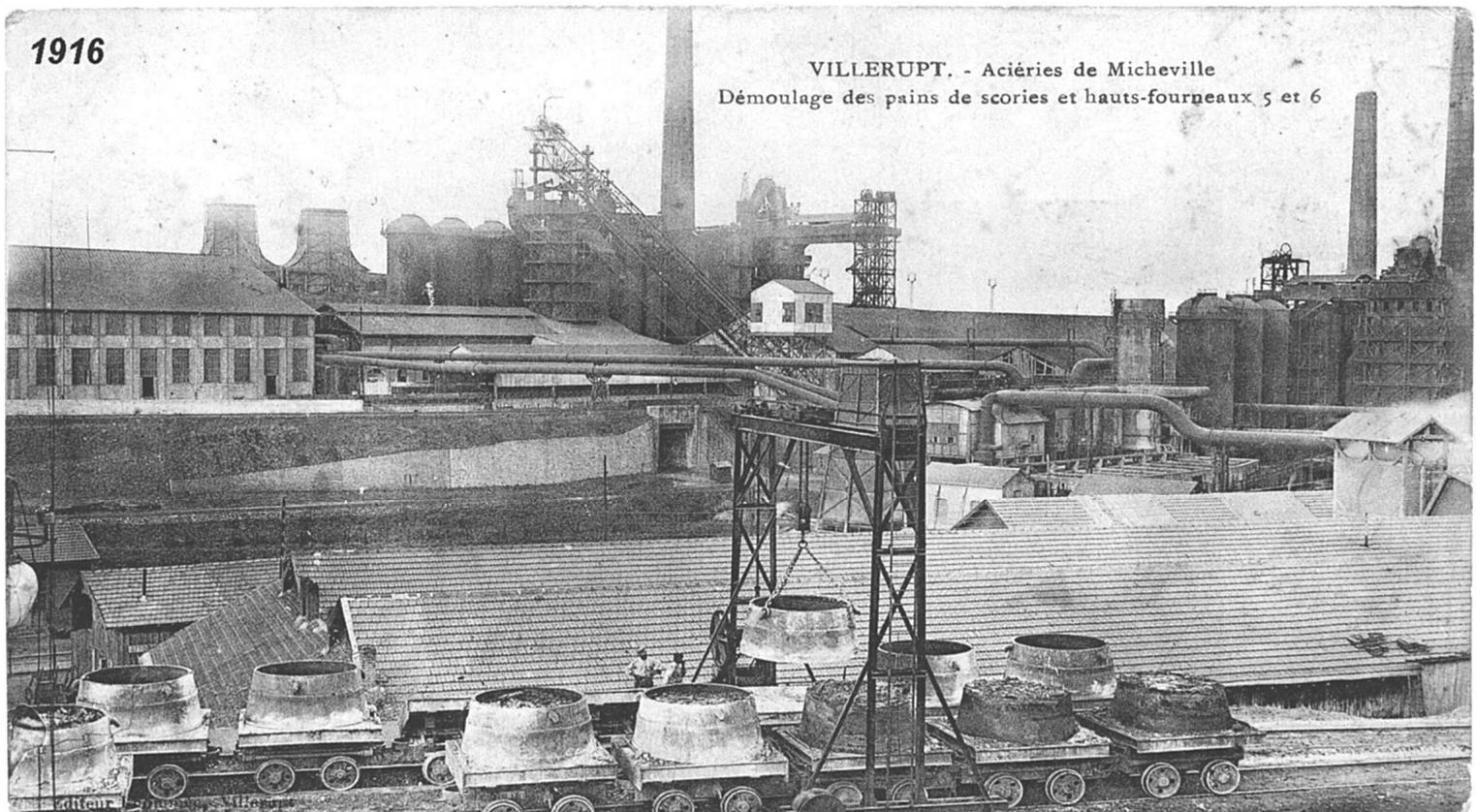


Figure 17

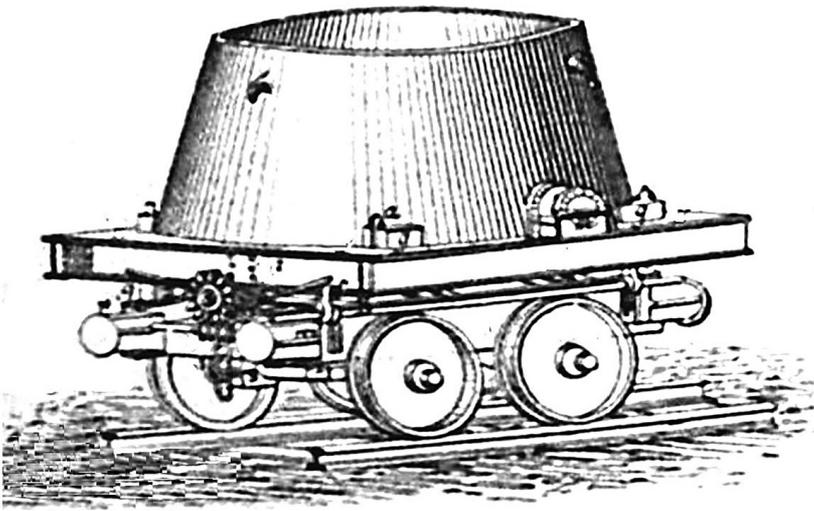


Figure 18

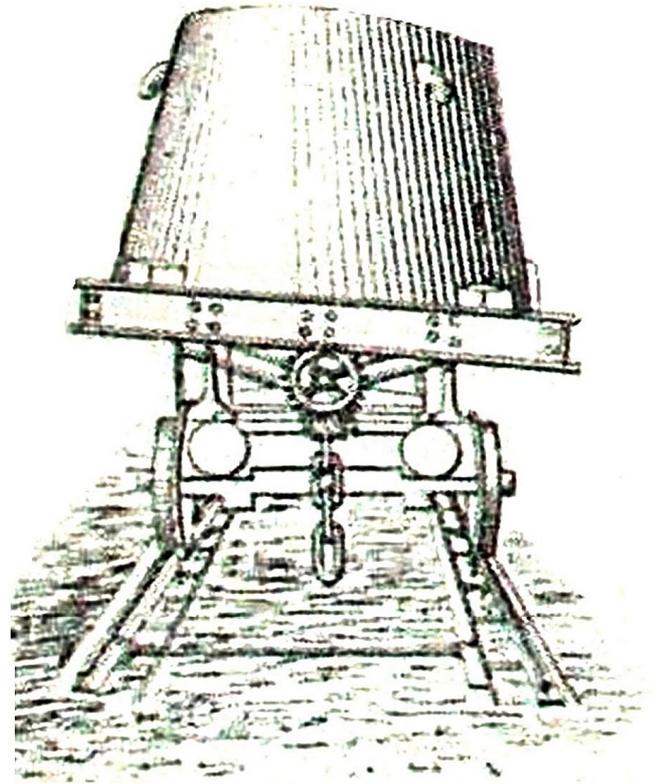


Figure 19

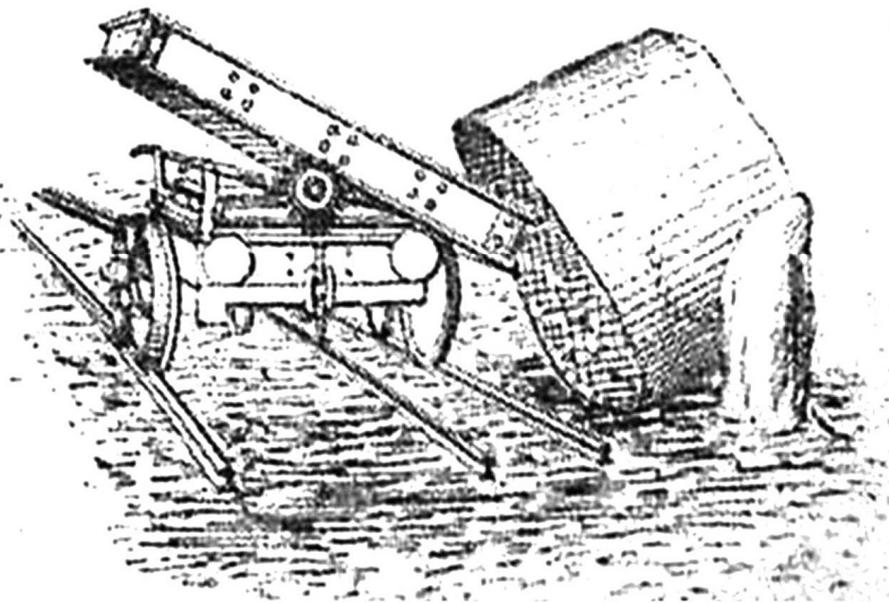


Figure 20

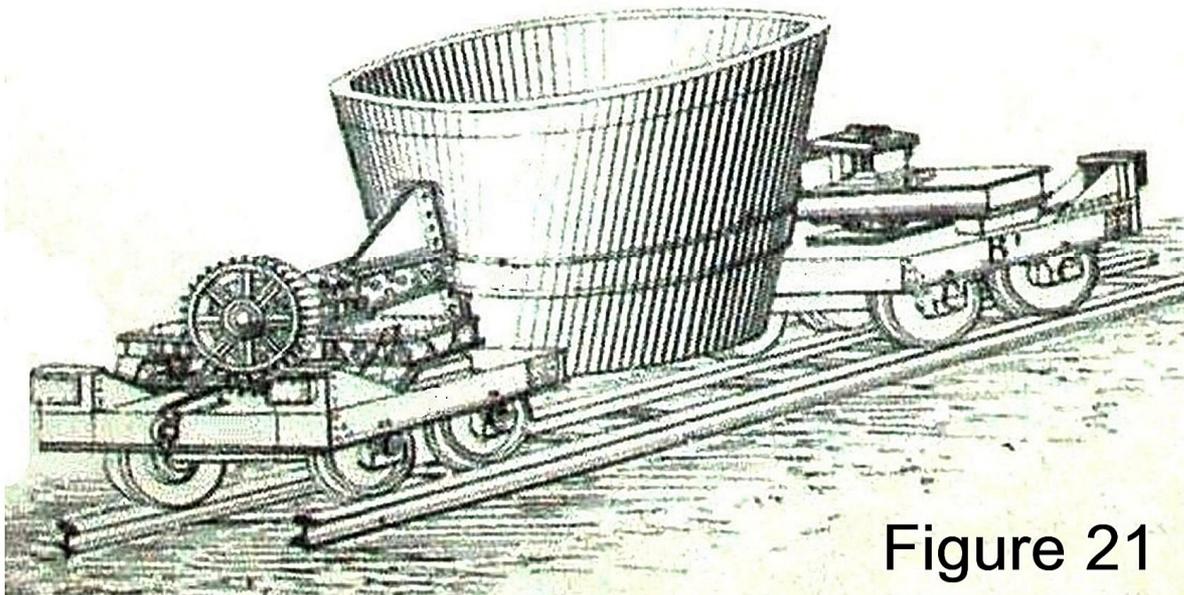


Figure 21

pignons qui se déplacent à chaque extrémité du wagon sur une crémaillère. Ainsi plus le jet de laitier tend à rejoindre la verticale en fin de vidage, plus la cuve s'éloigne vers l'extérieur de sorte qu'aucune matière en fusion ne peut endommager l'emprise de la voie. La figure 22 en schématise le fonctionnement tandis que la photo 23 fixe deux cuves en position extrême de vidage. On distingue bien le pignon de l'axe de rotation de la cuve à gauche en bout de crémaillère.

Cette disposition présente toutefois un risque de déséquilibre du wagon en fin de lâcher. C'est pourquoi certains modèles sont munis d'un dispositif liant le rail au tablier par l'intermédiaire d'une chaîne munie d'une pince épousant la forme du champignon du rail. L'extrait d'un plan de cuve utilisé aux hauts-fourneaux de Saulnes (Figure 24) en montre un exemple.

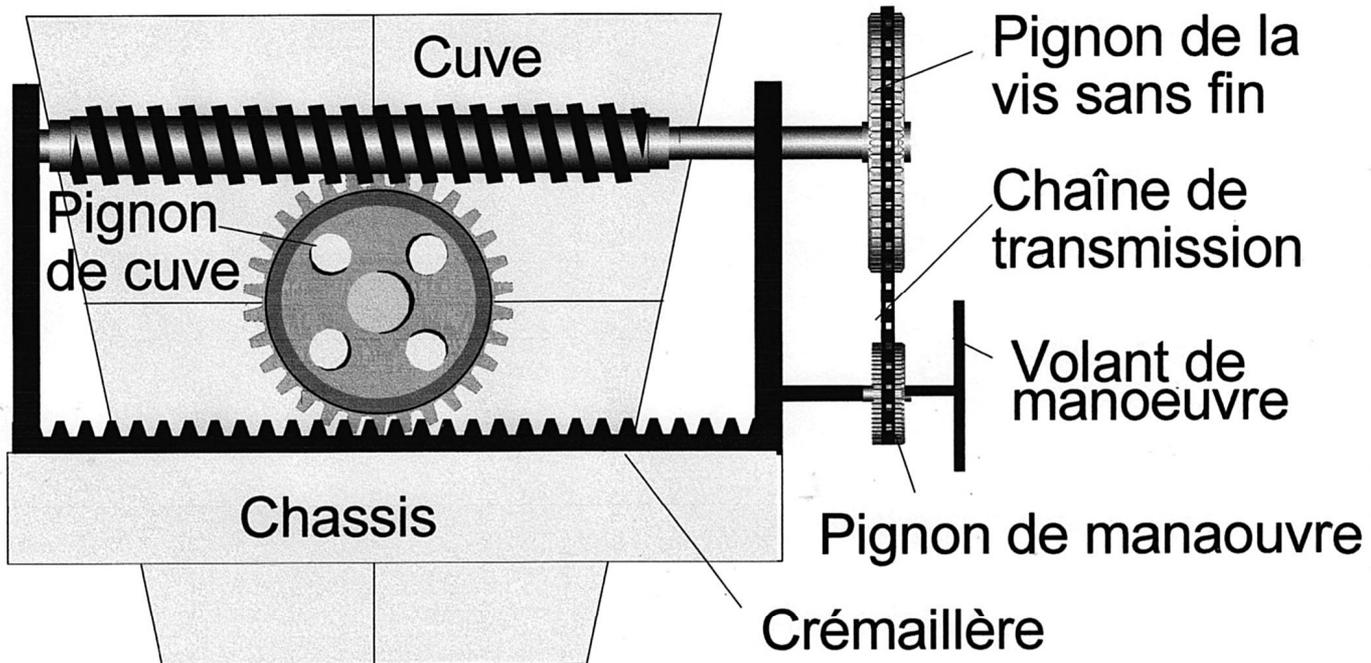
La figure 25 quant à elle est extraite d'un catalogue de constructeur de hauts-fourneaux qui emploie ici le mot de poche au lieu du mot consacré de cuve. Mais il s'agit bien d'une cuve à laitier.

Ces lourds wagons que l'on a pu voir stationner en file le long des les planchers de coulée des hauts-fourneaux lors des lâchers de laitiers (Figure 26) allaient ensuite déverser leurs flots de lave au flanc des crassiers (Figure 27) au temps des « trente glorieuses ». Comme il est dit précédemment l'arrivée dans les années 1970 des minerais exotiques riches en fer entraînera une diminution très sensible de la production des laitiers qui pourront alors passer directement à la gannulation à la sortie du haut fourneau. Ainsi s'éteindront progressivement les crassiers.

Bien entendu la capacité des cuves a également augmenté avec les productions tout en restant forcément limitée par la résistance des voies ferrées. Sur la photographie 28 il s'agit de petites cuves qui circulaient entre les hauts-fourneaux d'Halanzuy (Belgique) et le crassier au début du XXème siècle tandis que la photographie 29 nous met en présence d'une cuve d'une capacité qui ne sera guère dépassée et qui fonctionnait aux hauts fourneaux de Dudelange. Elle possède un système de freinage Westinghouse, ce qui demeure rare sur ce type de wagons. Les plans réalisés à partir de relevés sur le terrain (Figures 30 et 31) permettent d'apprécier la différence de taille entre l'homme qui manœuvre le volant de vidage et la masse du wagon. Cette cuve dispose d'une capacité de 8 mètres cubes pour transporter environ 20 tonnes de laitier en fusion.

Il a existé d'innombrables modèles de ces cuves, toutes construites sur les mêmes principes et les figures 32 et 33 en décrivent un spécimen à

SCHÉMA DE FONCTIONNEMENT DU BASCULEMENT D'UNE CUVE À LAITIER



Translation

CUVE BASCULÉE

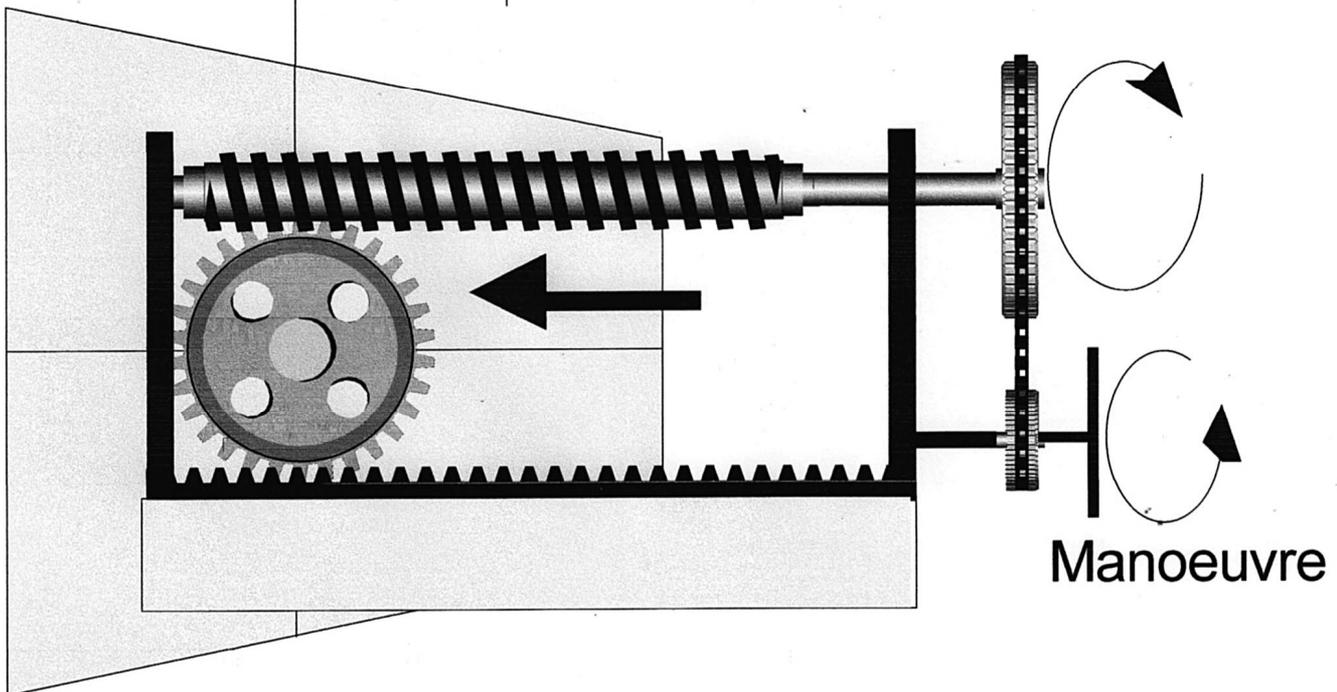


Figure 37



Figure 23

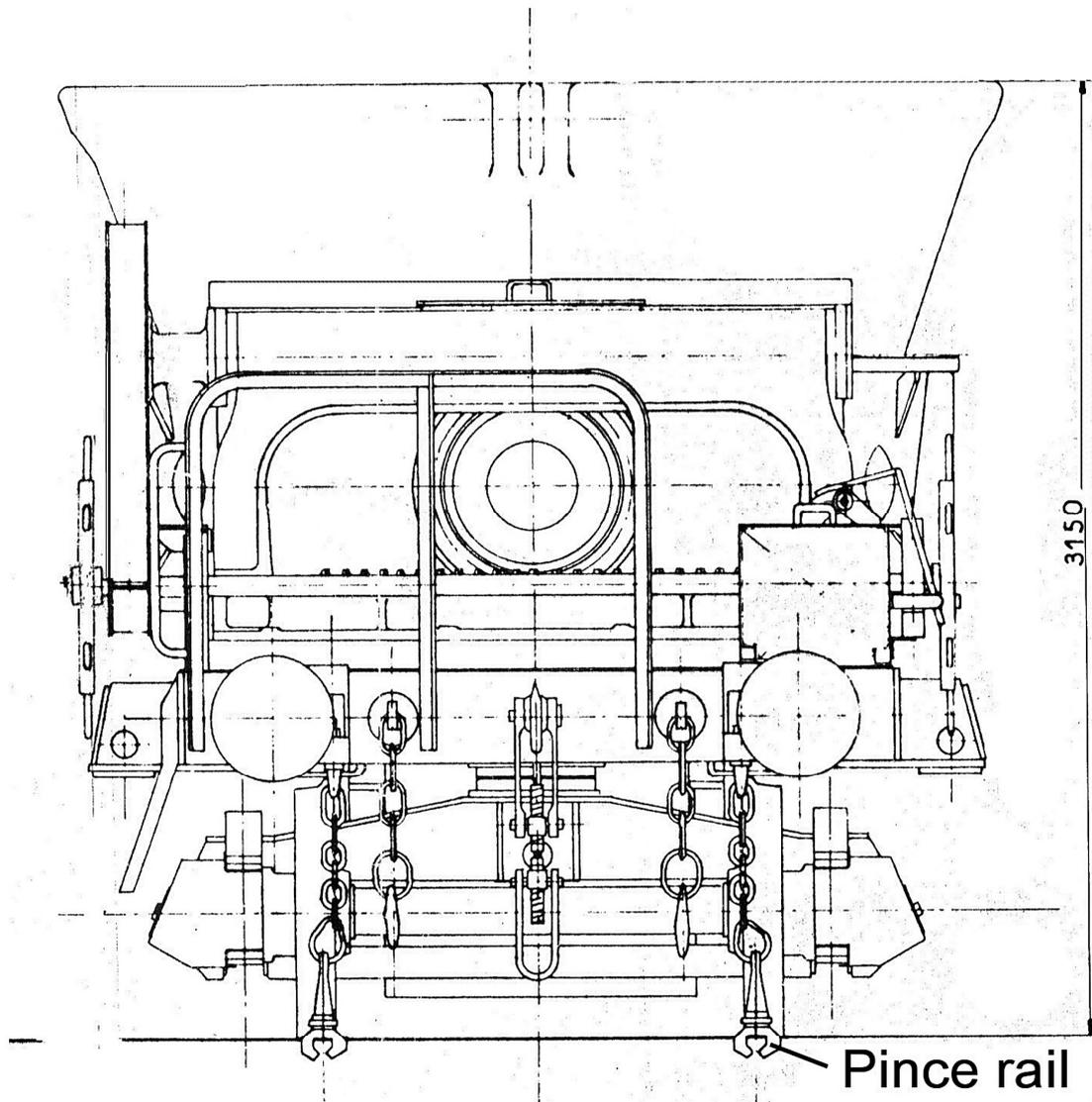


Figure 24

SOCIÉTÉ ANONYME DES ANCIENS ÉTABLISSEMENTS

CHAVANNE-BRUN FRÈRES

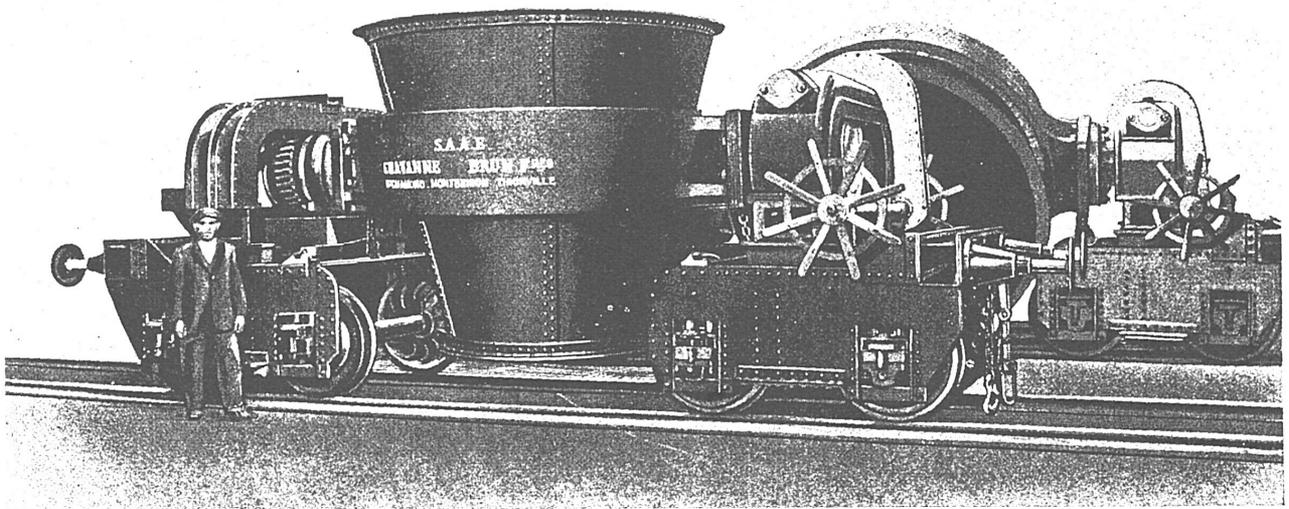
CAPITAL 7 500 000 FRANCS
R C STÉTIENNE N° 5 788

56, RUE LAFFITTE - PARIS (IX^e)

TÉLÉP. TRUDAINE 20-94
TÉLÉG. CHAVANBRUN-PARIS

FONDERIES ET ATELIERS DE CONSTRUCTION:
SICHAMOND & MONTBRISON (LOIRE) - THIONVILLE (MOSELLE)

ÉTUDE ET ENTREPRISE D'INSTALLATIONS MÉTALLURGIQUES



CHARIOT POUR POCHE A LAITIER DE 9^m3,5

POCHES DE COULÉE





-20-

Figure 26



Figure 27

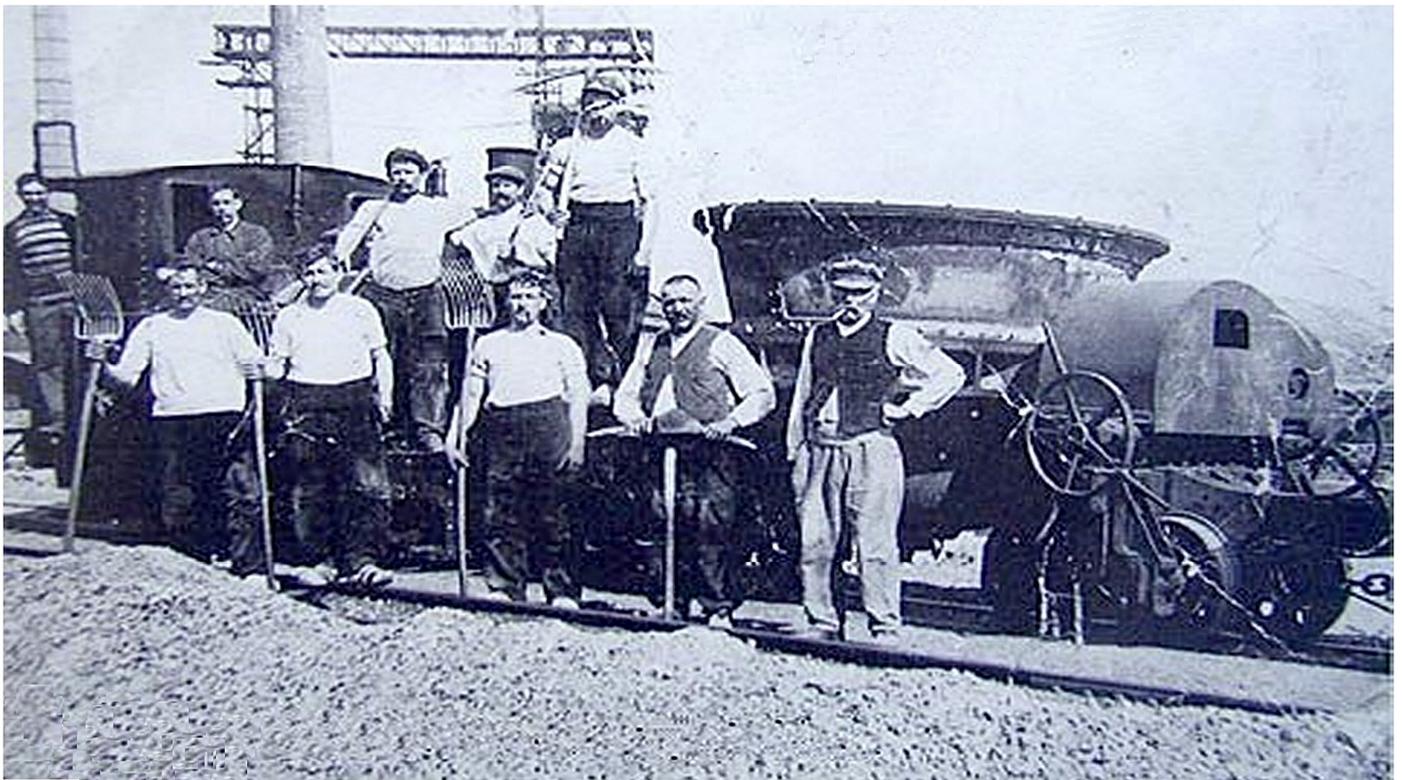


Figure 28

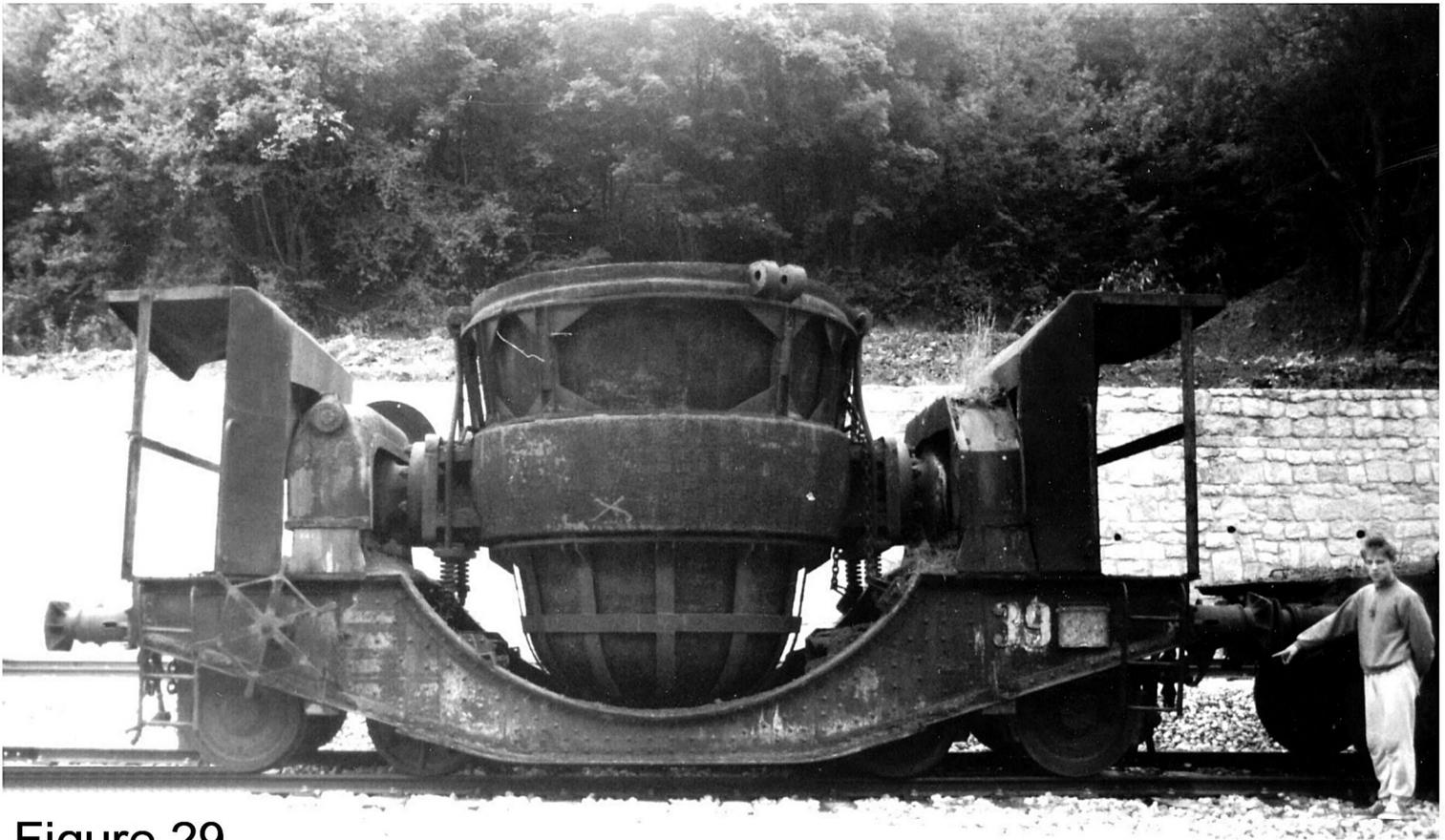


Figure 29

HAUTS-FOURNEAUX DE DUDELANGE (Grand Duché)

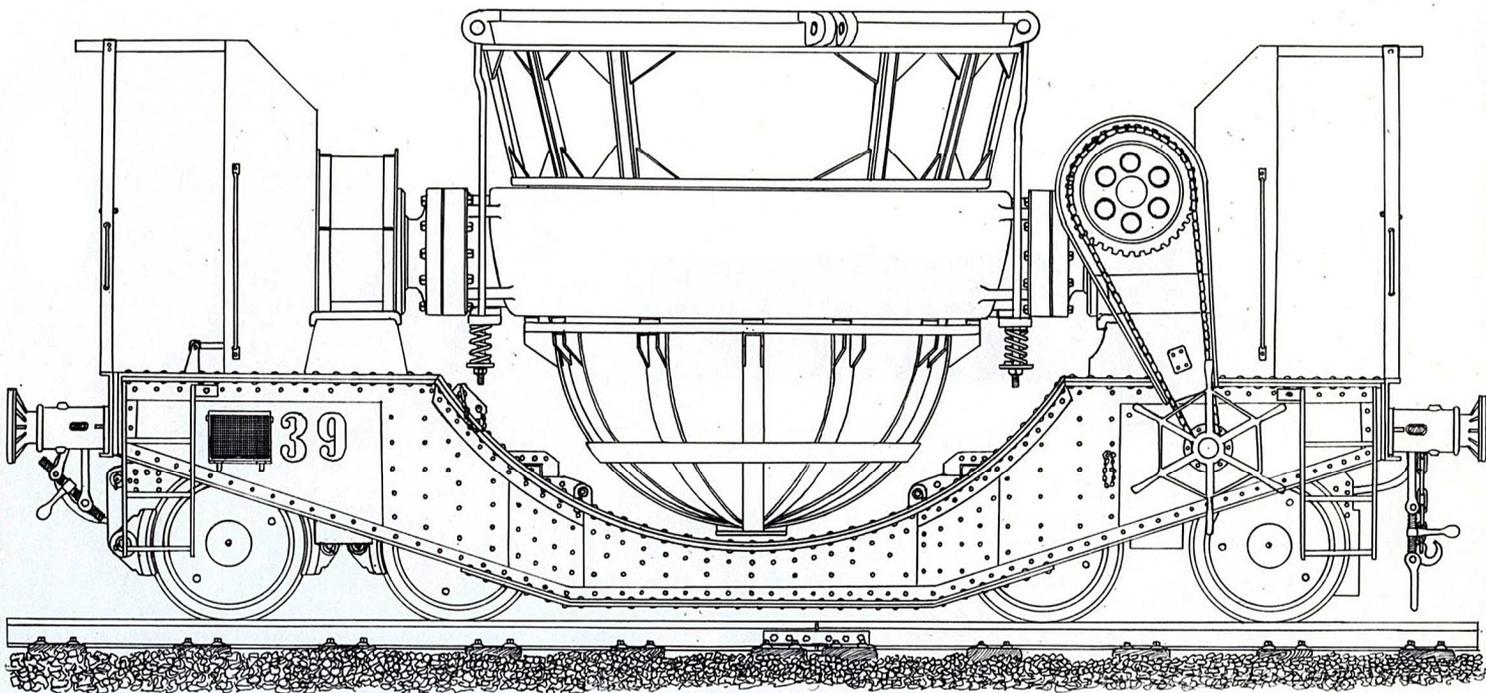


Figure 30

ÉLEVATION ▲

1 mètre
Relié sur bureau - 20-08-35
5-01-10-35

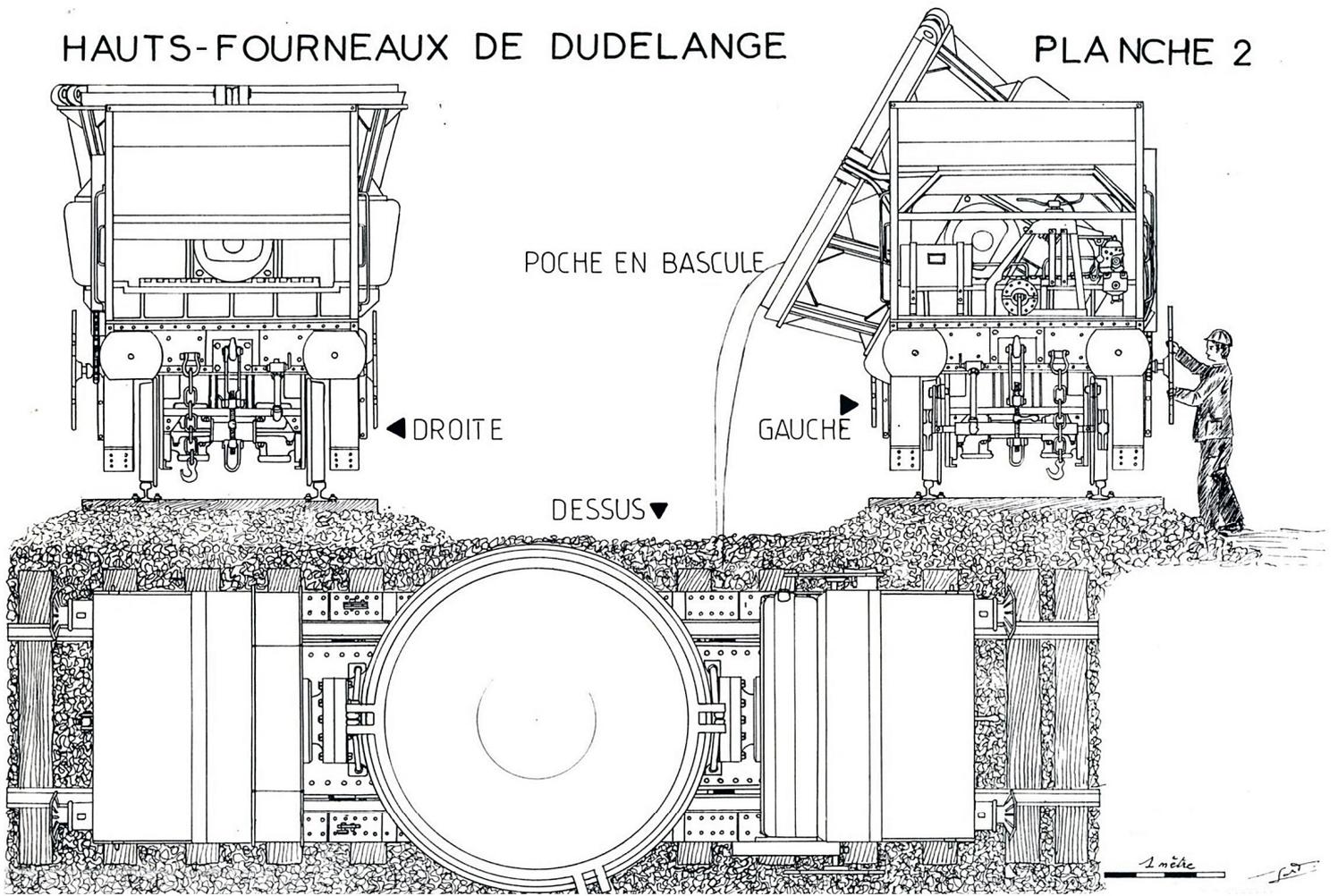


Figure 31



Figure 32



Figure 33

HAUTS-FOURNEAUX DE DIFFERDANGE (Grand Duché)

PLANCHE 1

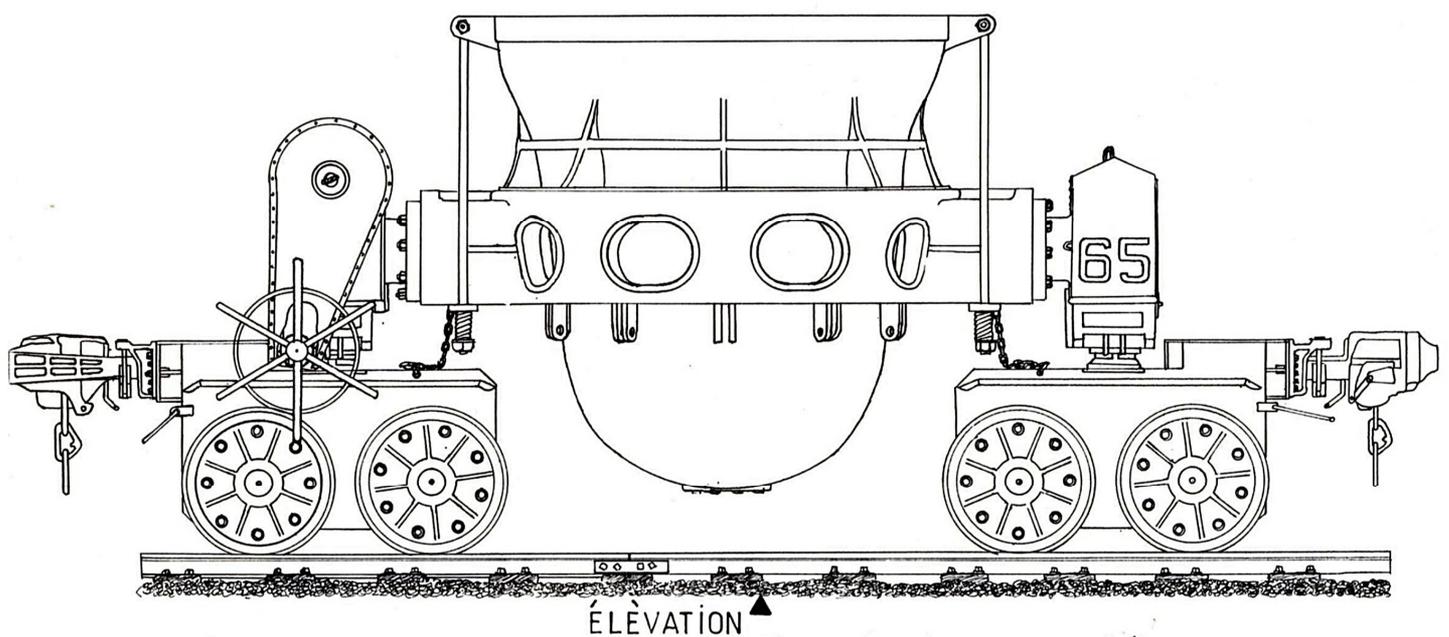


Figure-34

1 mètre
 Relevé sur terrain 08/09/30.
 03/11/30.

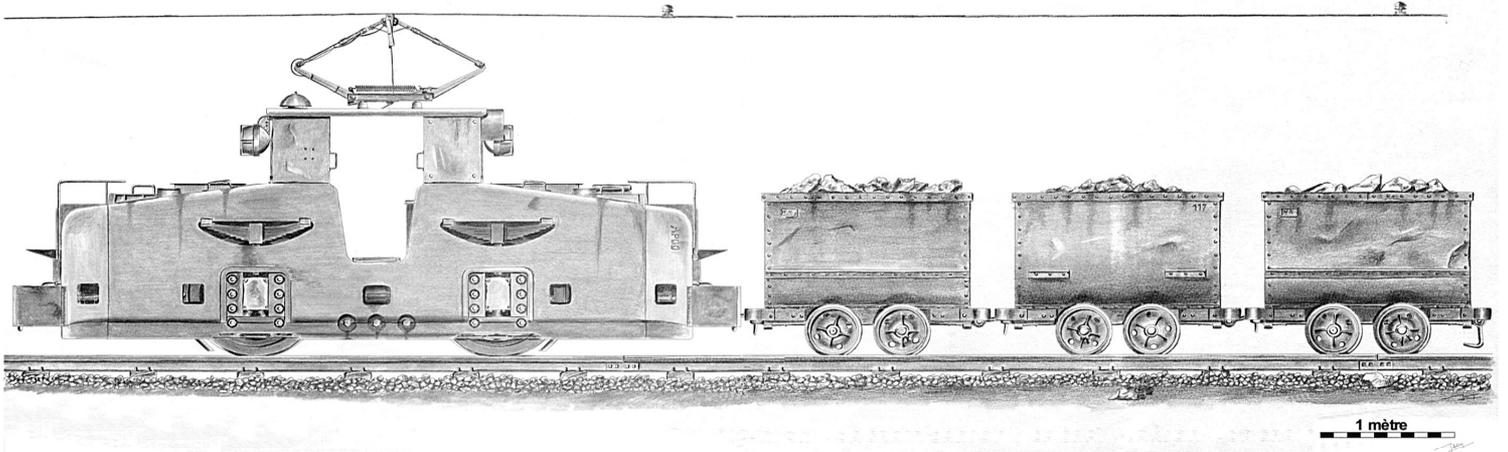
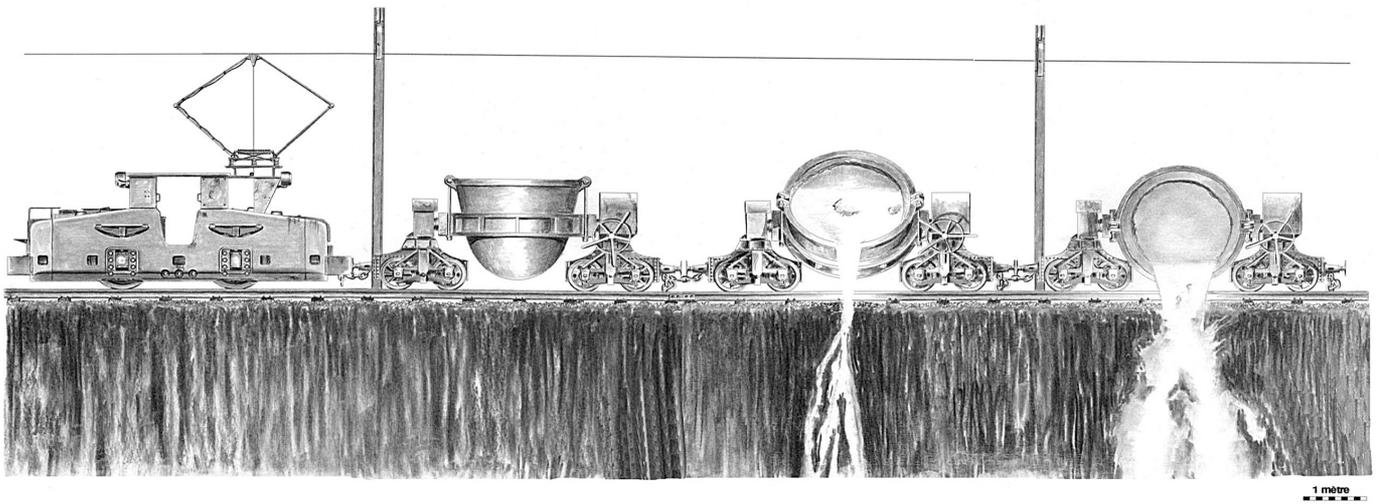


Figure 35

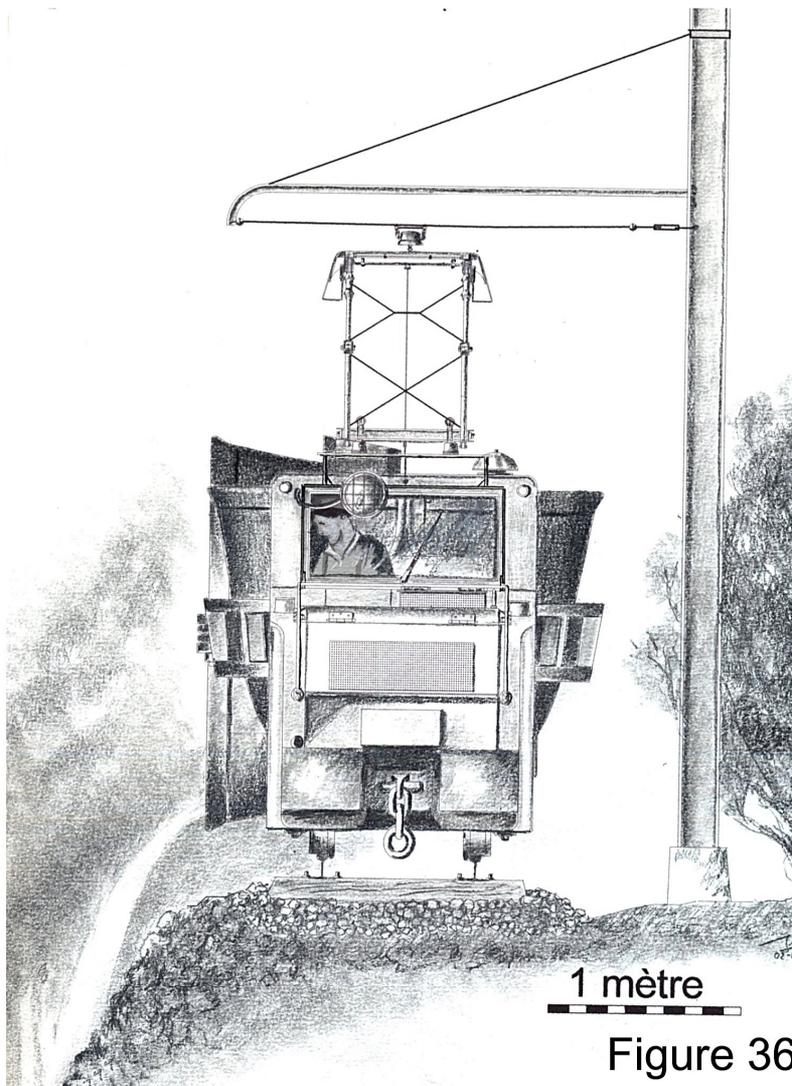


Figure 36

Feu nos crassiers

Ils ont tous été quasiment exploités. Des millions de tonnes d'un matériau précieux qui permet de réduire le recours aux carrières naturelles et constitue une part de notre histoire industrielle recyclée. Les figures 7 et 11 ont montré certains aspects de cette réalité. La photo 38 présente la station du traitement du crassier de Saulnes, traitement maintenant terminé, mais qui a duré plus de dix ans. La photo 39 quant à elle, a été prise au début de l'exploitation du crassier quasi mythique de Longwy (à quelques kilomètres du crassier de Saulnes d'où on pouvait contempler sa silhouette) sur lequel on distingue déjà le chemin tracé par les engins de travaux publics pour parvenir à son sommet et entamer depuis ce point ultime la logique de déconfinement des matières. La fin d'un véritable monument qui aurait pu témoigner durant des milliers d'années, comme les pyramides, de l'étrange folie de la civilisation du fer et de l'ère « carbonivore ».

Voici, sur la photo 40 ce géant à l'agonie, en cours de dépeçage en 1988.

Un peu de poésie ne déparera pas le propos, bien au contraire, -car cet art n'ignore pas l'industrie-, avec ces vers d'une poétesse lorraine, Anne Blanchot Philippi +, vers concernant ce crassier (cf figure 6) qui se présentait à des kilomètres à la ronde comme le « signe » de Longwy et du « Pays des Trois Frontières ».

« Mont Blanc que coiffent nos hivers,
Lorsque l'été se fait torride,
Tu deviens soudain pyramide
Où dort le pharaon du fer »



Figure 37



Figure 38

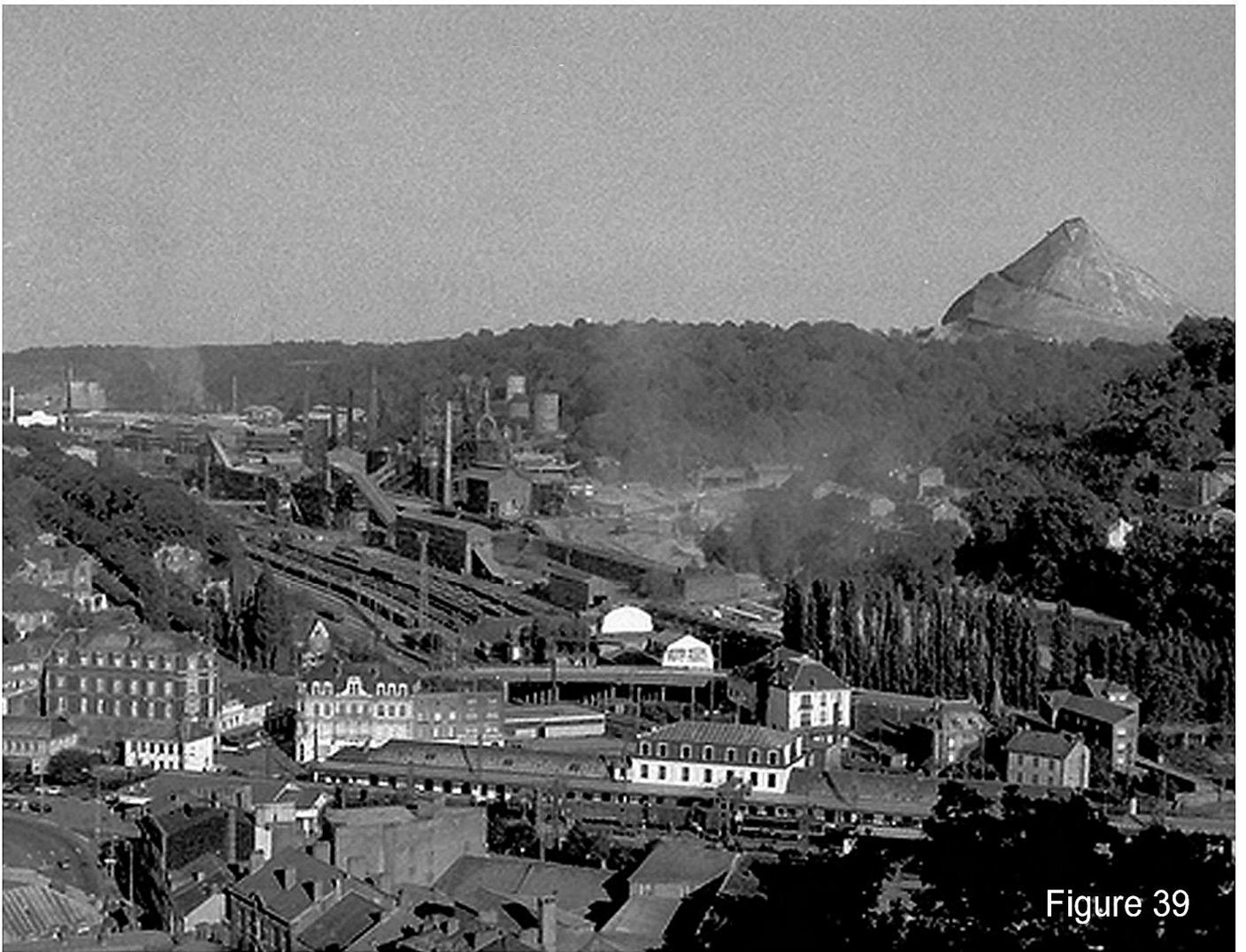
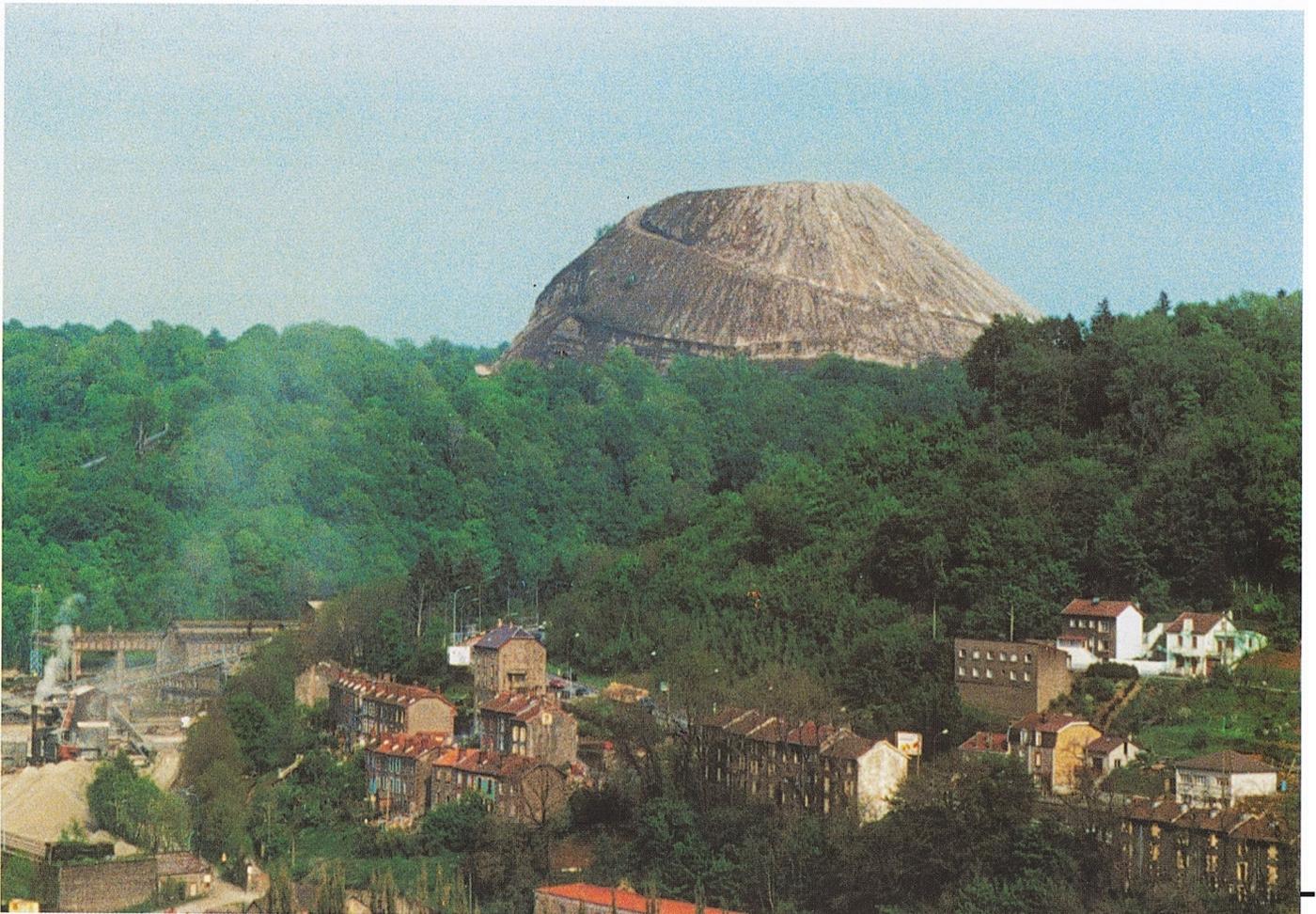


Figure 39



Le coin des modélistes

Le monde usinier n'a pas échappé, et c'est justice, à l'attrait des ferroviathes, et nombre de réseaux intègrent différents éléments industriels avec leur matériel de traction et leur matériel tracté.

C'est ainsi qu'une firme allemande bien connue a proposé un kit de construction d'une maquette de haut-fourneau avec ses annexes à l'échelle HO. De même en ce qui concerne le matériel tracté, cette même firme a également proposé en son temps un ensemble de deux poches à fonte droites à l'échelle N (Photo 40) ainsi qu'un haut-fourneau et ses annexes.

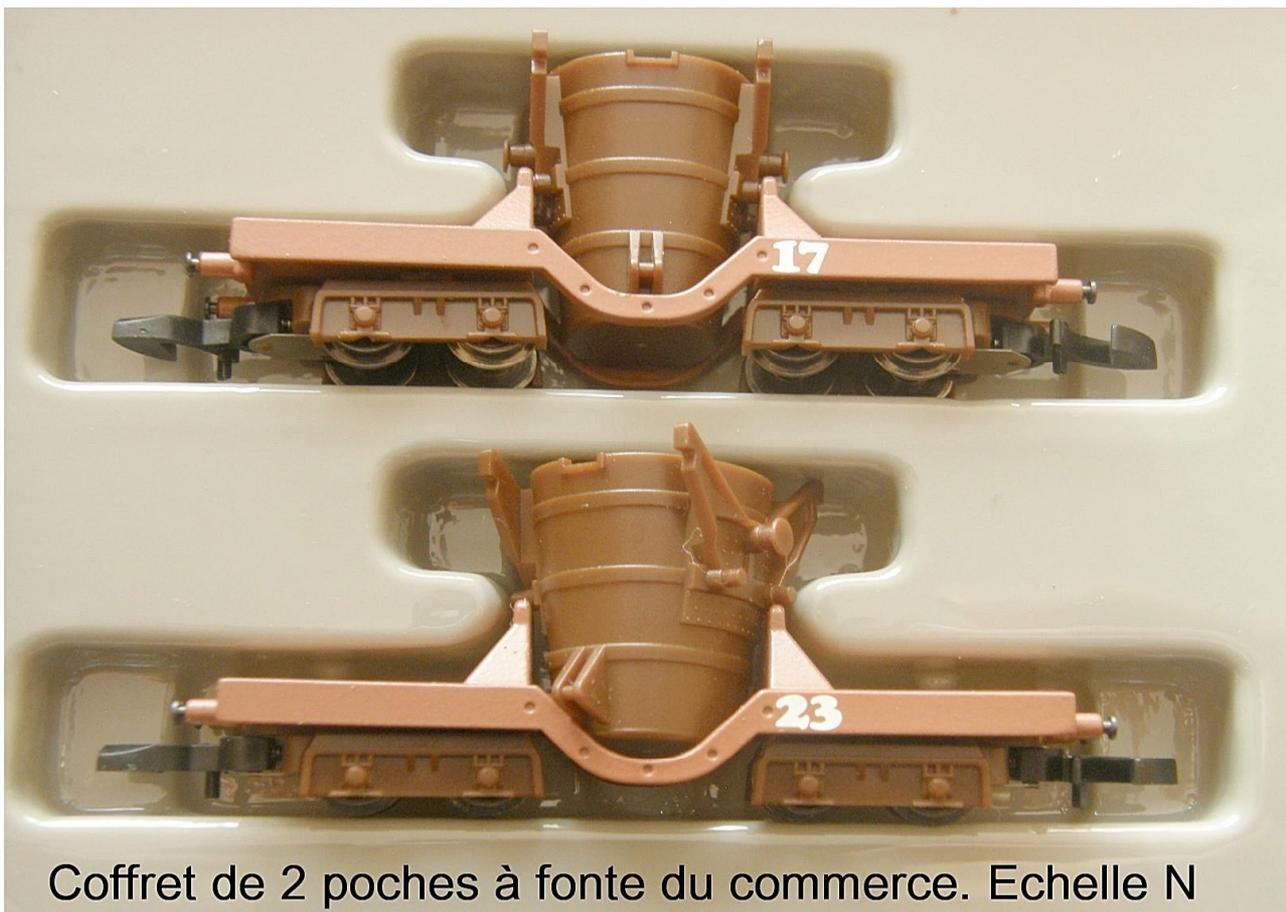
En revanche, je n'ai jamais trouvé, que ce soit sur des réseaux particuliers ou dans le commerce spécialisé de maquette de cuve à laitier.

Mais pour rendre justice à ce moyen de transport très particulier de matières en fusion qui a servi notre industrie durant quasiment un siècle, j'ai souhaité l'intégrer dans une maquette de chantier de coulée de haut-fourneau réalisée pour le musée des mines de fer de Lorraine de Neufchef (Moselle) où elle est maintenant exposée. Cette maquette a été réalisée à l'échelle du 1/24^{ème} (soit le double de l'échelle O). (Photos 43 et 44).

Mais ces wagons à la silhouette particulière peuvent être réalisés sans problème majeur à l'échelle HO ou même à l'échelle N si, dans ce dernier cas, on abandonne l'objectif du « super détail ». Et puis il est possible de se procurer dans le commerce certains éléments généraux comme les boggies. J'ai pu faire un petit essai d'une telle construction pour en apprécier le degré de difficulté. (Photos 41). C'est une simple approche, mais en y mettant un peu de patience il est possible de parvenir à un résultat intéressant pour intégrer dans un réseau un petit ensemble sidérurgique. Ces deux petite maquettes roulantes ne m'ont coûté ensemble qu'une dizaine d'heures de travail, avec, comme seules pièces achetées dans le commerce, les quatre roues pour la première et les deux boggies pour la seconde. Le reste est réalisé en bois, carte plastique et fil de laiton.

Mis à jour le 7 février 2020

(Mise à jour d'un article paru dans le numéro 72 de juin 2018 de la revue « Rail et Industrie »)



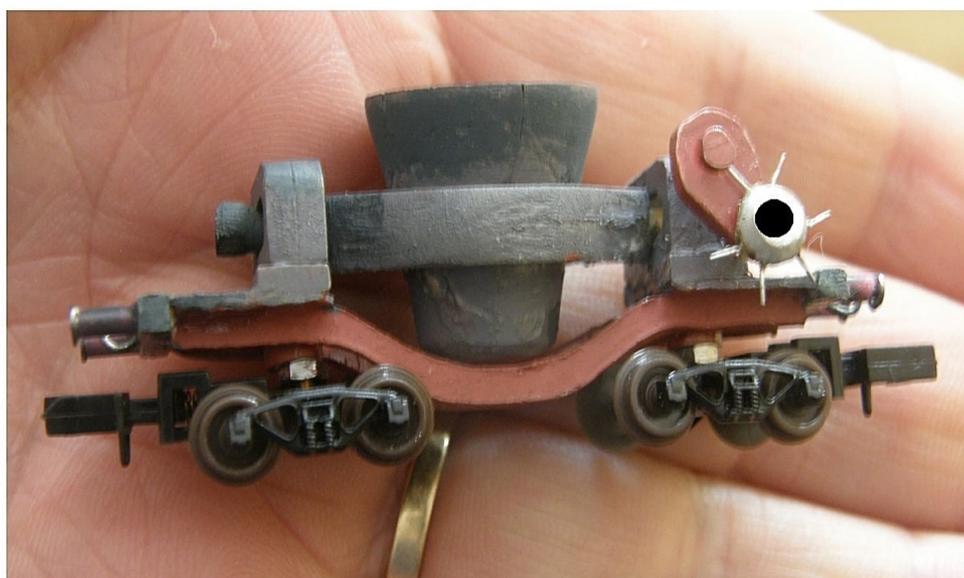
Coffret de 2 poches à fonte du commerce. Echelle N

Figure 41



Et du "Fait main"

Figures 42



Moins parfait...

Mais

la joie de construire
et de réaliser

des modèles originaux !



Figure 43

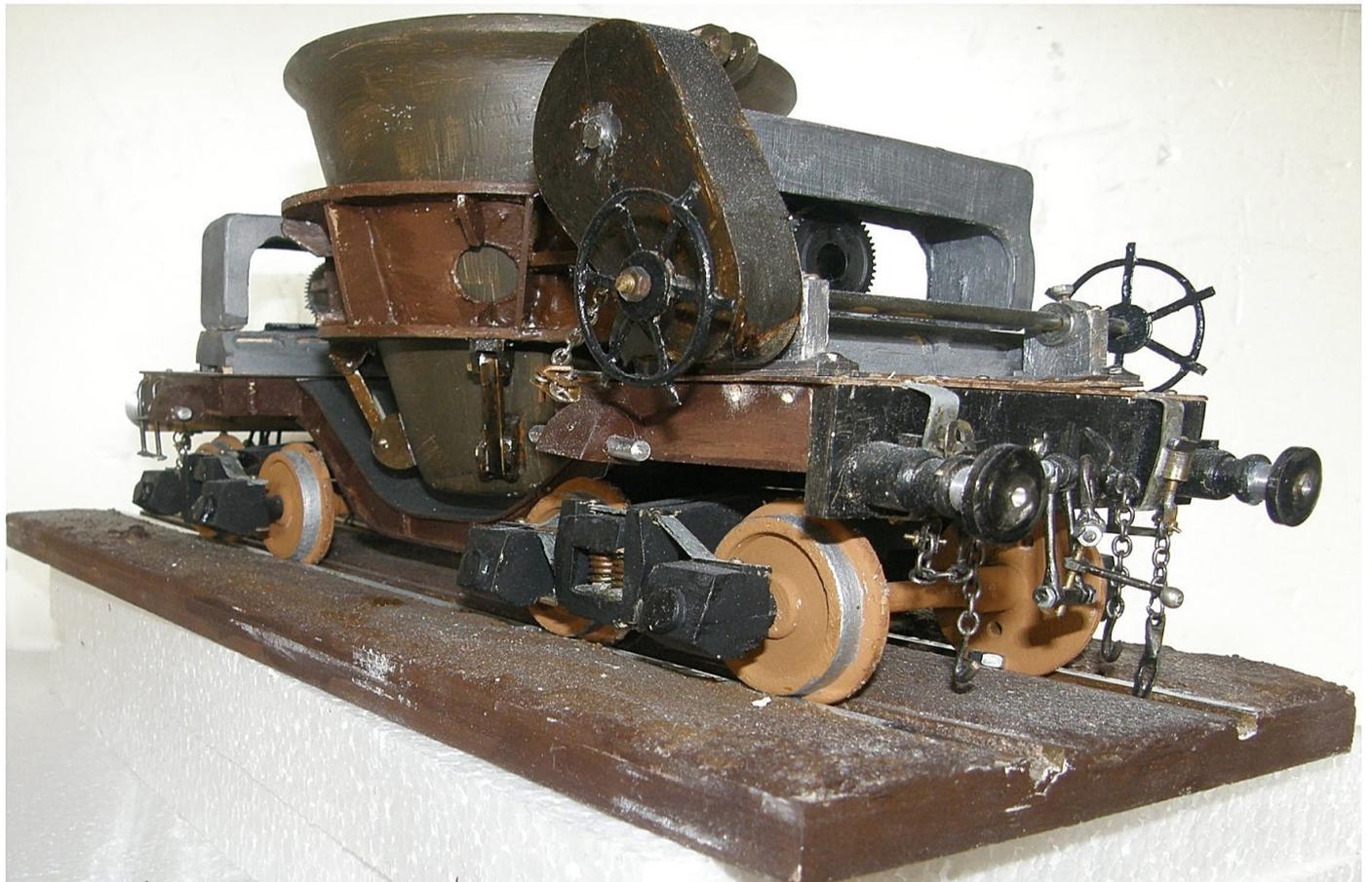


Figure 44

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Numéro de figure	Sujet	Source
1	Hauts-fourneaux de Pompey (54). Lâcher de laitier en bassin. Septembre 1983	Cliché de l'auteur
2	Hauts-fourneaux d'Hayange. Lâcher de laitier au concasseur en 1965	Cliché Sollac signé ML
3	Idem au crassier vers 1970	Cliché Sollac
4	Reprise de laitier à la pelle électrique au concasseur de Hayange vers 1960	Cliché Sollac
5	Lâcher de laitier au crassier de Dudelange (Grand-Duché) vers 1960	Dudelange. Présent et passé d'une ville industrielle. Jean-Pierre Conrardy. Editpress. 1991
6	Le crassier de Longwy vers 1965	Carte postale. Fonds Marcelle Rideau
7	Exploitation du crassier de Moyeuve (57) en juillet 2002	Cliché de l'auteur
8	Ruines et crassier des anciennes forges du Nord-Est à Jarville (54) vers 1960	Fonds de l'auteur. Origine inconnue
9	Reconstitution des hauts-fourneaux de Jarville Californie vers 1890	Dessins de l'auteur
10	Schéma comparatif de profils de crassiers lorrains	Dessins de l'auteur
11	Usine d'exploitation du laitier provenant du crassier de Moyeuve, (57) installée sur le site des anciens hauts-fourneaux de Joeuf (54). Juillet 2002	Cliché de l'auteur
12 à 14	Extraits de l'album des cours de sidérurgie de S.Jordan à l'école Centrale des Arts et Manufactures	S.JORDAN. Cours de métallurgie Librairie polytechnique. Paris 1874
15	Haut-fourneau n°3 de Villerupt (54) vers 1910 avec un rang de trois cuves à laitier à virole.	Fonds Ferry. Elisabeth Robert Dehault
16	Plans d'un wagon de décrassage à viroles	Dessin de l'auteur d'après plan Raty (hauts-fourneaux de Saulnes)
17	Acieries de Villerupt (54) Démoulage de pains de scories coulés dans des cuves à virole en 1916	Carte postale. Fonds Archives industrielles de Sérémange. Fonds Roux
18 à 20	Schémas techniques de cuves à virole en charge et en démoulage	Cyriaque HELSON. La sidérurgie en FRANCE et à l'étranger. Paris. 1894
21	Schéma d'une des premières cuves à laitier rotatives	Cyriaque HELSON. La sidérurgie en FRANCE et à l'étranger. Paris. 1894
22	Schéma de fonctionnement du basculement des cuves à laitier de dernière génération	Croquis de l'auteur
23	Cuves à laitier en position de basculement extrême. Crassier de Dudelange	Fonds site www.Raillu
20	Insertion publicitaire d'un fabricant de cuves et constructeur de hauts-fourneaux	Annales des mines (sur différents numéros)
24	Extrait de plan montrant les pinces à rail d'une cuve à laitier des hauts-fourneaux de Saulnes	Extrait d'un plan Raty. Hauts-fourneaux de Saulnes. Collection de l'auteur
25	Cuve à laitier Chavanne-Brun	Extrait du catalogue fabricant. Revue de métallurgie. 1929. Collection Musée du fer de Nancy-Jarville
26	Cuve à laitier du constructeur Demag (Duisbourg) en position de chargement. Usine non repérée en Allemagne	Catalogue général Demag. Version espagnole. 1936. Collection personnelle
27	Lâcher de laitier au crassier en Turquie dans les années 60.	Cliché « La vie du rail »
28	Petites cuves à laitier sur le crassier des hauts fourneaux d'Halanzy (Belgique)	Fonds Bernard LEONI
29	Cuve à laitier des hauts fourneaux de Dudelange conservée dans parc industriel de Rodange (Grand Duché)	Cliché de l'auteur
30 et 31	Plans de la cuve de Dudelange	Dessin de l'auteur d'après relevés sur le terrain (1989)
32 et 33	Cuve à laitier à essieux externes et à attelage automatique conservée au parc industriel de Rodange	Clichés de l'auteur
34	Plan en élévation de la cuve	Dessin de l'auteur d'après relevés sur

		le terrain
35	Mines et hauts-fourneaux d'Hussigny (54) un train de minerais et une rame de cuves tractés par le même type de machine vers 1963	Dessin de l'auteur d'après relevés sur le terrain et photographies de l'usine
36	Crassier d'Hussigny. Vue de face de la locomotive suivie d'une cuve droite et d'une cuve basculée	Dessin de l'auteur d'après relevés de terrain et divers documents Fonds Bernard LEONI
37	Lâcher de laitier de nuit au crassier sur le modèle des cuves de Dudelange.	Composition à l'aquarelle gouachée Dessin de l'auteur
38	Exploitation du crassier des hauts-fourneaux de Saulnes. 1997	Cliché de l'auteur
39	Début d'exploitation du crassier de Longwy	Fonds Marcelle RIDEAU
40	Le crassier de Longwy en cours d'exploitation	Photo Michel Hubleau tirée de l'ouvrage de Louis Hubleau : « Le géant terrassé ». Editions Fench-Vallée. 1999
41	Modèles de poches à fonte du commerce à l'échelle N	Photo et collection de l'auteur
42	Maquettes de cuves à laitier à l'échelle N	Photos et réalisations de l'auteur