

Conditions d'utilisation des contenus du Conservatoire numérique

1- [Le Conservatoire numérique](#) communément appelé [le Cnum](#) constitue une base de données, produite par le Conservatoire national des arts et métiers et protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle. La conception graphique du présent site a été réalisée par Eclydre (www.eclydre.fr).

2- Les contenus accessibles sur le site du Cnum sont majoritairement des reproductions numériques d'œuvres tombées dans le domaine public, provenant des collections patrimoniales imprimées du Cnam.

Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n° 78-753 du 17 juillet 1978 :

- la réutilisation non commerciale de ces contenus est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur ; la mention de source doit être maintenue ([Cnum - Conservatoire numérique des Arts et Métiers - https://cnum.cnam.fr](https://cnum.cnam.fr))
- la réutilisation commerciale de ces contenus doit faire l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service.

3- Certains documents sont soumis à un régime de réutilisation particulier :

- les reproductions de documents protégés par le droit d'auteur, uniquement consultables dans l'enceinte de la bibliothèque centrale du Cnam. Ces reproductions ne peuvent être réutilisées, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.

4- Pour obtenir la reproduction numérique d'un document du Cnum en haute définition, contacter [cnum\(at\)cnam.fr](mailto:cnum(at)cnam.fr)

5- L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment possible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

6- Les présentes conditions d'utilisation des contenus du Cnum sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

NOTICE DE LA REVUE	
Auteur(s) ou collectivité(s)	Laboratoire d'essais mécaniques physiques chimiques et de machines du Conservatoire national des Arts et Métiers
Auteur(s)	Laboratoire d'essais mécaniques physiques chimiques et de machines du Conservatoire national des Arts et Métiers
Titre	Bulletin du Laboratoire d'essais mécaniques, physiques, chimiques et de machines du Conservatoire National des Arts et Métiers
Adresse	Paris : Librairie Polytechnique Ch. Béranger, éditeur, 1903-1931
Nombre de volumes	23
Cote	CNAM-BIB P 1329-A
Sujet(s)	Conservatoire national des arts et métiers (France) Génie industriel -- 20e siècle
Notice complète	https://www.sudoc.fr/039047083
Permalien	https://cnum.cnam.fr/redir?P1329-A
LISTE DES VOLUMES	
	N° 1 - Tome I (1903-1904)
	N° 2 - Tome I (1903-1904)
	N° 3 - Tome I (1903-1904)
	N° 4 - Tome I (1903-1904)
	N° 5 - Tome I (1903-1904)
	N° 6 - Tome I (1905-1906)
	N° 7 - Tome I (1905-1906)
	N° 8 (1906)
	N° 9 (1906)
	N° 10 (1907)
	N° 11 (1907)
	N° 12 (1907)
VOLUME TÉLÉCHARGÉ	N°13 (1908)
	N°14 (1908)
	N°15 (1908)
	N°16 (1911)
	N°17 (1917)
	N°18 (1919)
	N°19 (1919)
	N° 20 (1922)
	N° 21 (1924)
	N° 22 (1927)
	N°23 (1931)

NOTICE DU VOLUME TÉLÉCHARGÉ	
Auteur(s) volume	Laboratoire d'essais mécaniques physiques chimiques et de machines du Conservatoire national des Arts et Métiers
Titre	Bulletin du Laboratoire d'essais mécaniques, physiques, chimiques et de machines du Conservatoire National des Arts et Métiers
Volume	N°13 (1908)
Adresse	Paris : Librairie Polytechnique Ch. Béranger, éditeur, 1908
Collation	1 vol. (122 p.-[11] pl. dépl.) : ill. ; 26 cm
Nombre de vues	145
Cote	CNAM-BIB P 1329-A (13)
Sujet(s)	Conservatoire national des arts et métiers (France) Génie industriel -- 20e siècle
Thématique(s)	Histoire du Cnam
Typologie	Revue
Langue	Français
Date de mise en ligne	10/04/2025
Date de génération du PDF	10/04/2025
Notice complète	https://www.sudoc.fr/039047083
Permalien	https://cnum.cnam.fr/redir?P1329-A.13

P1329-A

8° Ku lot (109)

BULLETIN
DU
LABORATOIRE D'ESSAIS
MÉCANIQUES, PHYSIQUES, CHIMIQUES ET DE MACHINES

DU
CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS

N° 13

ESSAIS
SUR LE
SILICO-CALCAIRE

PAR

E. LEDUC

Chef de la Section des Matériaux de Construction
au Laboratoire d'Essais du Conservatoire national des Arts et Métiers,

et Ch. de la Roche

Ingénieur civil

avec 11 planches et 44 figures

PARIS

LIBRAIRIE POLYTECHNIQUE CH. BÉRANGER, ÉDITEUR

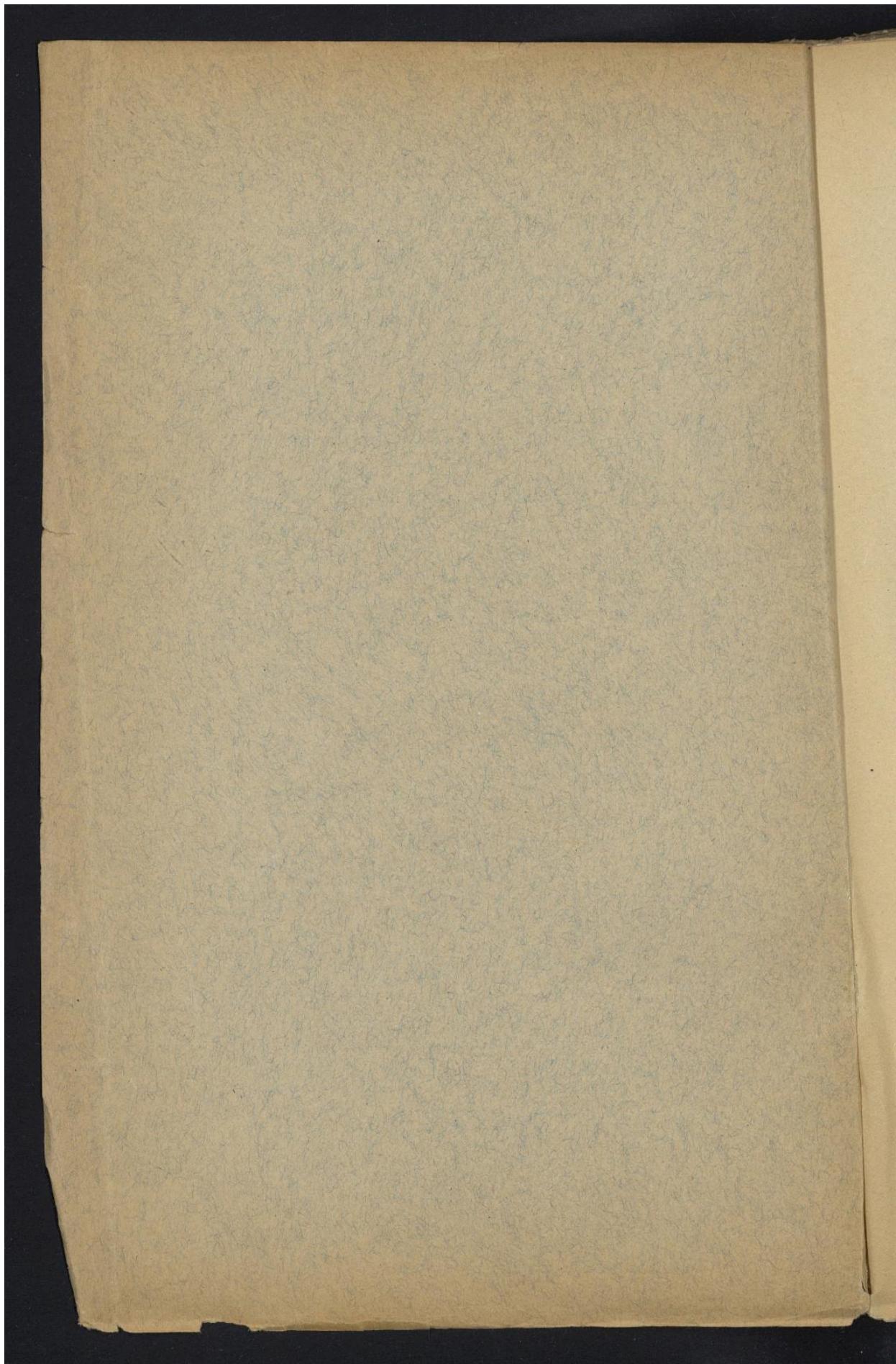
Successeur de BAUDRY & C^{ie}

15, RUE DES SAINTS-PÈRES, 15

MÊME MAISON A LIÈGE, 21, RUE DE LA RÉGENCE

1908

Tous droits réservés



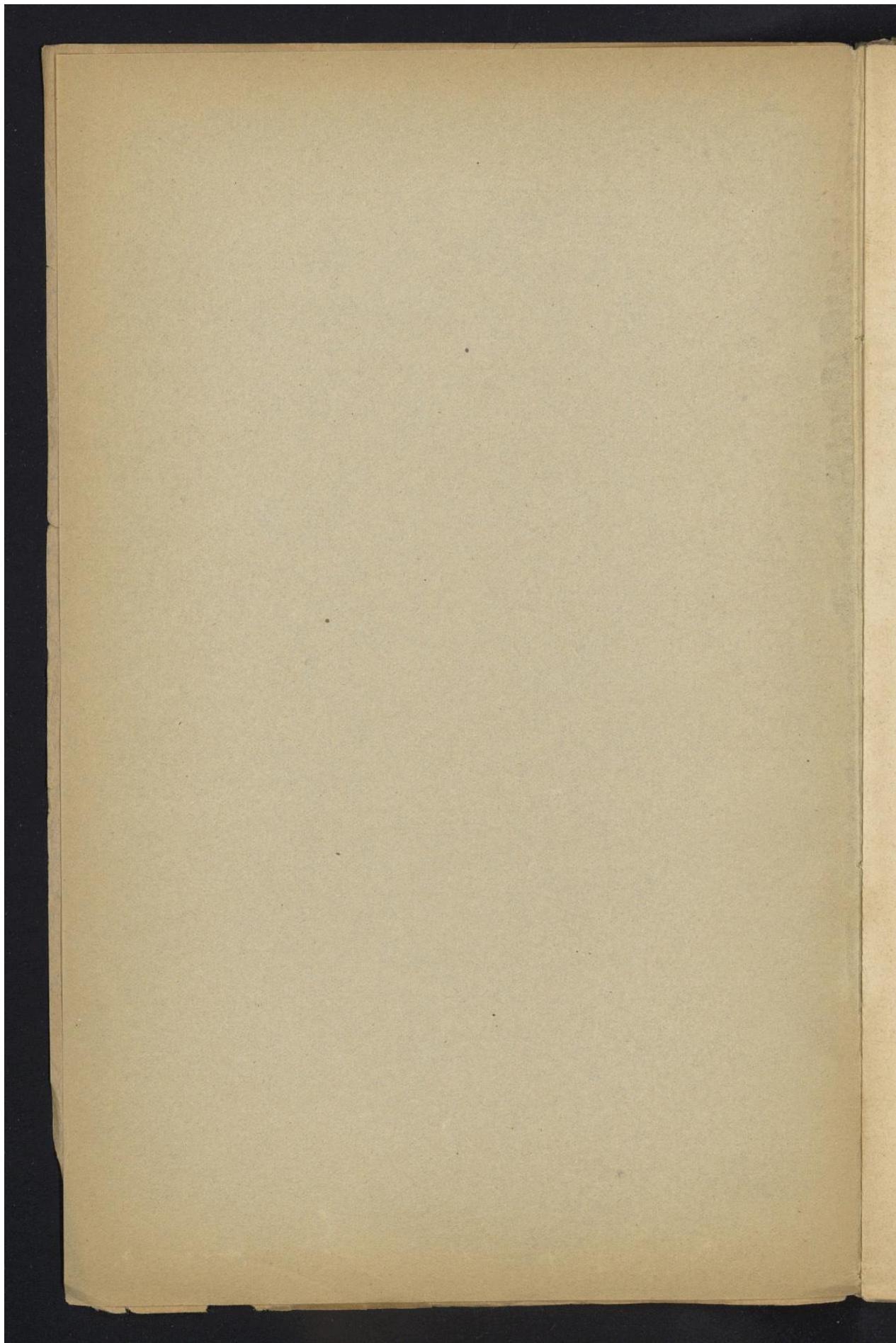
Droits réservés au [Cnam](#) et à ses partenaires

TRAITE DE LA LITURGIE ALGAIRE

PARIS

Imprimerie de l'Académie
Institut national des Arts et Métiers

de la Roche
Ingénieur civil



Droits réservés au [Cnam](#) et à ses partenaires

80 Ku lot (109)

ESSAIS
SUR LE
SILICO-CALCAIRE

PAR

E. LEDUC

Chef de la Section des Matériaux de Construction
du Laboratoire d'Essais du Conservatoire national des Arts et Métiers

et Ch. de la Roche
Ingénieur civil



Droits réservés au [Cnam](#) et à ses partenaires

ESSAIS

SUR LE

SILICO-CALCAIRE

PAR

E. LEDUC
Chef de la Section des Matériaux de Construction
au Laboratoire d'Essais du Conservatoire national des Arts et Métiers.

et Ch. de la ROCHE
Ingénieur civil.

PREMIÈRE PARTIE

HISTORIQUE ET ESSAIS

I

Historique

En 1880, M. Michaelis, bien connu par ses nombreux et appréciés travaux, prit un brevet (1) pour la fabrication d'agglomérés de chaux et de sable.

Le Laboratoire d'Essais ne prend pas la responsabilité des opinions scientifiques soutenues par les collaborateurs du *Bulletin*.

(1) *Procédé pour la production de pierres artificielles en sable* (5 octobre 1880, brevet n°14.195 par W. Michaelis de Berlin). — Je mélange intimement du sable ou une quelconque modification ou combinaison de la silice avec 10 à 40 % en poids d'hydrate de chaux, de baryte ou de strontiane dans un appareil approprié, je moule la masse ainsi obtenue et je la soumets alors à l'action de la vapeur d'eau à haute pression dans un appareil approprié à une température de 100 à 300 degrés. Au bout de peu d'heures j'obtiens de cette manière des hydrosilicates de chaux, baryte ou strontiane et par suite une masse ayant la dureté de la pierre et résistant à l'air et à l'eau.

But du brevet : Procédé pour l'obtention de pierres artificielles à base de sable par l'action de la vapeur à haute pression sur des mélanges d'hydrates de chaux, baryte ou strontiane avec du sable ou des minéraux siliceux à des températures de 130 à 300 degrés dans des appareils appropriés.

M. Michaelis se souvenant probablement de l'expérience de John, qui démontra que le quartz, c'est-à-dire la silice, n'est pas attaqué par la chaux dans les conditions ordinaires de pression et de température, pensa avec raison qu'en modifiant ces conditions de température et de pression, il était possible de produire des agglomérés pouvant résister à des efforts mécaniques notables, par suite de la formation d'un silicate aggrégant les particules de sable.

L'expérience lui donna raison.

Toutefois, par suite de circonstances particulières, l'inventeur ne sut pas tirer partie de son invention, à tel point qu'il laissa tomber son brevet dans le domaine public. Ce ne fut que quelques années après, sous l'impulsion de techniciens comme Olschewsky, Guttmann, Schwartz, pour n'en citer que quelques-uns, que la fabrication du silico-calcaire s'établit véritablement, formant maintenant une belle et puissante industrie.

II

Développement économique

En Allemagne surtout cette industrie a pris un essor extraordinaire. De quelques usines établies en 1900 et réparties pour la plus grande partie autour de Berlin, on en compte actuellement plus de 250, produisant 800 millions à 1 milliard de briques. Ce chiffre est évidemment considérable, mais ne représente qu'une faible partie des 26 milliards de briques d'argile consommées chaque année, produites par 10.936 briqueteries d'argile, sans tenir compte de la production due aux nombreuses briqueteries de campagne.

Nous avons tracé d'après les données trouvées dans une communication faite par M. Fiebelkorn devant l'assemblée de l'Association des architectes allemands, un graphique (fig. 1) représentant le groupement des briqueteries d'argile et de silico-calcaire en Allemagne.

La partie blanche des disques représente proportionnellement à sa surface les briqueteries de silico-calcaire, et la partie noire les briqueteries d'argile. Si par exemple nous prenons la province de Brandebourg qui renferme le plus grand nombre d'usines de silico-calcaire et en produit le plus, on voit que le cercle noir est encore largement plus grand que la partie blanche, montrant par là que les briqueteries d'argile sont encore représentées par un nombre important d'usines.

La figure 2(1) montre la répartition des briqueteries de silico-calcaire dans la province de Brandebourg.

On peut compter dans cette seule province 45 usines de silico-calcaire dont beaucoup sont groupées aux environs même de Berlin, contre 815 briqueteries d'argile.

(1) Cette figure a été faite alors que cette province ne comprenait que 40 usines.

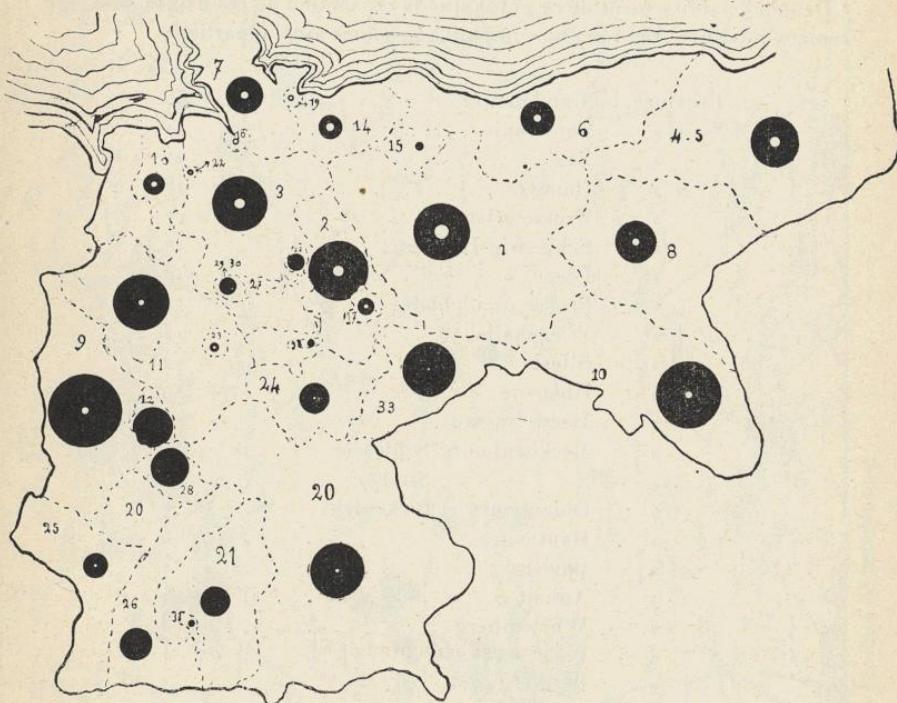


Fig. 1. — Disposition des briqueteries d'argile et de silico-calcaire en Allemagne.

Depuis l'établissement de ce graphique la répartition de ces usines s'est légèrement modifiée. En 1907 on comptait 249 usines ainsi réparties :

Province de Brandebourg	40
» Poméranie	21
» Saxe	21
» Hanovre	18
» Prusse orientale	17
» Schleswig-Holstein	17
» Posen	13
» Prusse occidentale	12
» Westphalie	12
» Silésie	11
» Rhénane	9
» Hesse-Nassau	1
» Mecklembourg-Schwerin	16
» — Strelitz	16
» Oldenbourg et Birkfeld	7
» Hambourg	6
» Bavière	5
» Anhalt	4
» Wurtemberg	3
» Bade	1
» Brême	1
» Alsace-Lorraine	1
» Lubeck	1
» Royaume de Saxe.	1
» Waldeck	1
Total	249

C'est tout près de la capitale à Niederlehme que se trouve la plus importante usine du monde entier, l'usine Guttmann produisant environ 100 millions de briques.

A quelles causes particulières ou à quelles causes locales doit-on attribuer le développement considérable de cette industrie en Allemagne ?

Ce développement considérable est évidemment dû, en partie, à ce que la nature a moins bien distribué les matériaux de construction (pierres) de l'autre côté du Rhin que de côté-ci ; il y a donc là une cause locale réelle, mais à laquelle il ne faudrait pas donner autant d'importance que d'aucuns y apportent, car à Berlin même ou dans les environs de Berlin, il existait, avant l'apparition de l'industrie dont nous nous occupons, un grand nombre de briqueteries d'argile. Actuellement encore, comme nous l'avons dit plus haut, la production des briques d'argile est énorme.

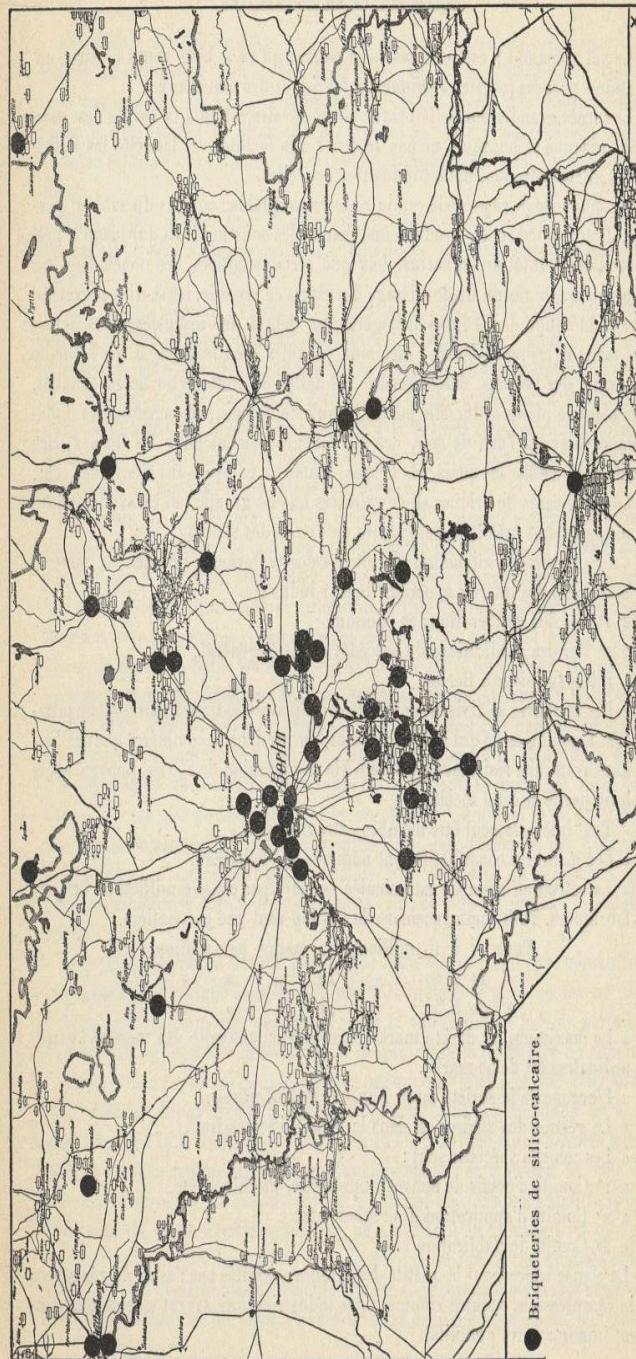


Fig. 2. — Province de Brandebourg.

Le sol allemand n'est donc pas aussi pauvre qu'on a bien voulu le dire, en matières propres (argiles à briques) à fabriquer des matériaux.

Le succès grandissant de la brique silico-calcaire est dû à la beauté des produits obtenus et pourquoi ne pas le dire ? à la facilité avec laquelle les industriels allemands abordent les industries nouvelles.

La souplesse de ce procédé est du reste remarquable : en plus du sable il permet de transformer en produits marchands des sous-produits qui jusqu'à présent étaient plutôt un embarras, tels que certains laitiers, les mâchefers des générateurs, le résidu du doucissage des glaces en verrerie, les scories provenant de l'incinération des ordures ménagères, les débris des ardoisières, les débris des tuiles et briques (tuileau), etc, tous produits avec lesquels il est facile de fabriquer des briques, des carreaux, des dalles de trottoirs ou de revêtement, des blocs de pierre artificielle pesant jusqu'à 15 tonnes, des agglomérés indécomposables par l'eau de mer, des blocs d'enrochement pour les digues, des dalles pour revêtir les quais, des briques blanches, colorées ou moulurées, etc.

Les fabricants de briques silico-calcaires se sont groupés en un syndicat dont il n'est pas sans intérêt de reproduire un extrait des statuts.

« Les fabricants allemands de silico-calcaire forment une société pour la protection des intérêts généraux de leur industrie.

« 1^o Par des délibérations en commun ;

« 2^o Par des publications de procédés d'intérêt général.

« Elle a son siège à Berlin.

« Les membres se divisent en membres ordinaires, extraordinaires et consultatifs. Les fabricants qui s'engagent à ne fournir dans le commerce que des briques ayant une résistance minimum à la compression de 140 kg. peuvent seuls faire partie de cette société.

« Tout intéressé peut être membre extraordinaire.

« Les membres consultatifs sont nommés par le bureau.

« La cotisation annuelle est calculée en part par chaque million de briques fabriquées. Tout commencement de million vaut une part entière.

Pour 1 à 10 millions, 20 marks par million.

» 11 à 20 » 12 » » »

» 21 à 35 » 6 » » »

« Le maximum est de 410 marks. La cotisation annuelle des membres extra-ordinaires est de 50 marks.

« L'organe de la société est la *Tonindustrie-Zeitung*.

« La gestion des affaires est dans la main du secrétaire.

« Les comités spéciaux sont :

« 1^o Comité d'essais de nouveaux procédés, machines, etc.

« 2^o Comité d'application des règlements ;

« 3^o Comité de publication ».

La clause concernant la qualité des briques constatée par l'essai de résistance à la compression, montre comment des industriels qui savent se grouper peuvent imposer leurs produits.

En dehors de l'Allemagne, on compte quelques usines en Angleterre, en Suisse, en Italie, et surtout en Hollande et aux Etats-Unis, où la fabrication de ce nouveau produit jouit en ce moment d'une haute faveur. On compte actuellement 30 briqueteries en Hollande et environ une centaine aux Etats-Unis, où certains fabricants, au nombre d'environ 60, se sont réunis pour former un syndicat.

Il n'y a pas à nier que le silico-calcaire est un produit d'avenir, et si en France ce procédé a eu une croissance laborieuse, il saura certainement s'implanter.

Déjà autour de nous s'élèvent les usines, on en voit : à Rosendael près Dunkerque, à Bray-Dunes, à Berck, au Havre, à Asnières, à Choisy-le-Roi, à Nogent-sur-Marne, à Boulogne-sur-Seine, à Champigny près Paris, à Vernon, à Limoges, à Berry-au-Bac, à Parentis-en-Born, à Plémet, à Paris même dans les locaux de la Raffinerie Say et à la Société des Aciéries de France. Toutes ces usines imposent peu à peu leurs produits aux architectes et aux entrepreneurs par leur seule valeur intrinsèque.

Toutefois, un avenir aussi brillant est-il assuré en France à cette industrie, et verrons-nous grandir sur notre sol et s'implanter un aussi grand nombre d'usines que sur le territoire allemand ? on peut sans hésitation répondre non, car si de l'autre côté du Rhin la nature a distribué, argile à part, les matériaux de construction avec parcimonie, il n'en est pas de même ici, où le sol abonde en carrières de pierres à bâtir, où de l'Est à l'Ouest et du Nord au Sud, le sol offre généralement ses matériaux tendres ou durs, où les pierres du Poitou, du Rhône et du littoral, celles de l'Est et des environs de Paris permettent d'élever de modestes demeures aussi bien que d'élégantes villas ou de somptueux palais. En Allemagne au contraire, si le sable est abondant, la pierre est rare, aussi est-ce un luxe que de bâtir une maison en pierre, c'est un tel luxe, qu'à Berlin les grands palais abritant les divers ministères, les demeures des différentes ambassades, et même les grands palais princiers sont en matériaux quelconques recouverts d'un enduit de ciment imitant plus ou moins l'aspect de la pierre.

C'est évidemment en grande partie pour cette raison qu'un engouement subit et parfaitement logique s'est déclaré tout à coup dans ce pays en faveur de la brique silico-calcaire qui, par son élégance et son imitation parfois parfaite de la pierre laisse bien loin derrière lui la brique d'argile ou le bloc de ciment.

Il est évident qu'il ne peut en être de même en France, et que cette brique ne pourra pas lutter avec la pierre là où cette dernière est abondante et à bon marché ; mais tout comme en Allemagne, là où la brique silico-calcaire aura la brique d'argile comme seul concurrent cette dernière se trouvera en face d'un adversaire sérieux. Ce concurrent est d'autant plus à craindre que le produit français s'est affiné considérablement en traversant la frontière, et que pour lutter avec nos belles briques de Bourgogne il a dû revêtir des qualités esthétiques qui, de l'avis des spécialistes allemands, sont complètement inconnues chez eux, où l'habitude est de placer sur les briques ordinaires un enduit de ciment.

Il est bien entendu qu'en parlant des briques ordinaires fabriquées en Allemagne nous ne parlons pas de celles qui ont servi à construire la gare de Brême ou celle de Friederichstrasse à Berlin ainsi que les nombreux édifices berlinois construits entièrement en briques, comme l'Hôtel des Postes, l'Hôtel de Ville, etc. Dans ces constructions fort belles on a laissé les briques apparentes sans aucun revêtement.

Si le début de cette industrie en France a été plutôt pénible, il faut s'en prendre non pas à la technique de cette industrie, mais aux conditions économiques et financières extrêmement fâcheuses qui ont présidé à l'installation de certaines usines.

Pour qu'une briqueterie silico-calcaire puisse se développer et vivre, il faut qu'elle puisse s'approvisionner de sable à bon compte et qu'elle soit placée sur des voies de communication (canal autant que possible) faciles pour pouvoir rayonner autour d'elle; de plus, il est de toute nécessité que la production soit suffisante pour réduire les frais généraux.

Installer une usine comme on l'a fait quand le sable revient à 5 ou 6 francs le mètre cube est faire une œuvre mort-née à moins de conditions économiques toutes particulières. C'est de même en général un non-sens économique si la vente ne peut dépasser 2 à 3 millions, d'exploiter une pareille usine en société; les frais généraux seront beaucoup trop élevés pour que l'exploitation donne des bénéfices. C'est pour ces raisons que certaines usines ont eu chez nous des débuts malheureux.

Il en est de même du reste en Allemagne où les petites usines en société ne produisant que 2 à 3 millions ont beaucoup de mal à vivre (Nous disons une *société*, car il en est tout autrement si l'usine appartient à un industriel qui vit avec son usine et le capital qu'il met lui-même en œuvre).

On peut donc conclure en disant qu'une usine bien installée sur carrière à sable, bien placée au point de vue de la vente et des communications pourra se créer une place très honorable si elle ne craint pas de s'installer pour produire 4 à 5 millions de briques.

III

Constitution chimique

Comme John l'a montré, si on place un fragment de quartz dans du lait de chaux, le quartz n'est nullement attaqué même après une année d'immersion.

Plus récemment, dans une note parue dans la *Tonindustrie Zeitung* (XXVIII, p. 1635, 26 novembre 1904, et *Revue des matériaux de construction et de travaux publics*, mars 1906, p. 263). M. Cramer, en analysant un mortier de chaux grasse vieux de plusieurs siècles, a trouvé seulement des traces de silice soluble provenant beaucoup plus de la chaux employée que de l'attaque de la silice par l'action de la chaux.

Ce mortier avait comme composition :

Sable, pierres, fragments de briques	58,59
Silice combinée soluble	0,90
Alumine et oxyde de fer	0,52
Chaux	21,34
Magnésie	0,51
Acide carbonique	15,38
Eau	2,73
Total	99,98

Si dans ces conditions la chaux ne se combine pas avec la silice, il n'en est pas de même si on fait intervenir la vapeur d'eau, la chaleur et surtout la pression.

Dans une étude parue dans la *Tonindustrie Zeitung*, en 1904, M. Glasenapp, professeur à l'Université de Riga, conclut ainsi des travaux qu'il a entrepris sur l'action de la vapeur d'eau sur des mélanges de sable et de chaux : A 10 atmosphères il se forme avec un sable assez grossier 8 fois plus de silice soluble qu'à 5 atmosphères, et avec un sable fin 2 fois 1/2 à 3 fois plus. Un mélange formé de 90 parties en poids de sable et 10 parties de chaux éteinte a donné après 8 heures à 5 atmosphères 3,06 % de silice soluble et 7,58 à 10 atmosphères. La proportion de silice soluble est d'autant plus élevée que le sable est plus fin.

Si au lieu de procéder dans la vapeur sous pression, on opère dans la vapeur d'eau à 100°, on a, d'après le même expérimentateur, après 3 et 6 jours de séjour, 0,47 % avec du sable grossier, et 0,92 avec du sable fin contre 3,33 et 7,58 après 8 heures à 10 atmosphères.

Les expériences de M. Glassenapp étant incomplètes, nous avons repris cette question, et nous nous sommes efforcés de déterminer la proportion de silice combinée en fonction :

- 1^o De la grosseur des grains de sable ;
- 2^o De la pression de vapeur.

Influence de la finesse du sable et de la pression de la vapeur sur la production de silice combinée

Pour ces essais, nous avons employé deux sables à trois finesse différentes :

Sable n^o 1. — Provenant de la plage de Leucate (Aude), passant au tamis à trous de 2 mm. 5 de diamètre et restant sur celui de 2 mm.

Sable n^o 2. — Sable de Fontainebleau passant au tamis de 324 mailles et restait sur celui de 4.900 mailles ;

Sable n^o 3. — Sable de Fontainebleau passant au tamis de 4.900 mailles.

Avec ces sables on a confectionné différents mélanges contenant, comme l'indique le tableau suivant, 10 et 50 % de chaux grasse. Les mélanges ont été soumis à une compression de 500 kgs par centimètre carré puis cuits dans la vapeur d'eau.

Tableau I

Numéros d'ordre	Sables	Cuisson	Durée de cuisson	Proportions de		Silice soluble pour 100 gr.
				sable	chaux	
4	4	Vapeur d'eau à 100°	48 heures	90 gr.	10 gr.	4,496
2	1	id. 100°	1 semaine	id.	id.	4,410
3	1	id. 8 k	8 heures	id.	id.	4,778
4	2	id. 100°	48 heures	id.	id.	0,696
5	2	id. 100°	1 semaine	id.	id.	1,418
6	2	id. 8 k	8 heures	id.	id.	6,436
7	3	id. 100°	48 heures	id.	id.	3,320
8	3	id. 100°	1 semaine	id.	id.	6,244
9	3	id. 8 k	8 heures	id.	id.	8,452
10	3	id. 100°	48 heures	50 gr.	50 gr.	3,660
11	3	id. 100°	1 semaine	id.	id.	6,414
12	3	id. 8 k	8 heures	id.	id.	17,114

Pour déterminer par l'analyse les proportions des différents éléments on a opéré sur des fragments placés pendant plus d'un mois sous une cloche contenant de l'acide sulfurique. La silice soluble a été dosée en traitant le résidu mis en liberté par l'acide chlorhydrique à l'aide d'une solution de carbonate de soude à 10 % à 100° pendant 6 heures.

On voit d'après les chiffres du tableau I qu'après 48 heures la vapeur d'eau produit fort peu de silicate de chaux avec les sables 1 et 2 ; l'attaque est plus profonde avec le sable fin passant au tamis de 4.900 mailles.

La proportion de silicate de chaux est à peu près la même après une semaine 1,41 contre 1,19 ; 1,41 contre 0,69 avec les sables 1 et 2 mais elle est supérieure avec le sable n° 3 qui est très fin 6,24 contre 3,32 ce qui montre que la réaction est d'autant plus vive que le sable est plus fin, comme du reste on devait s'y attendre. Le chiffre de 0,696 trouvé pour l'essai 4 n'infirme pas cette conclusion, car ce sable est différent comme nature du sable n° 1. Il faut comparer 0,696 avec 3,320 (essai n° 7) ces deux essais provenant du même sable de Fontainebleau.

Un second essai exécuté de nouveau pour contrôler ces deux résultats a donné les mêmes chiffres. On a trouvé 1,16 contre 1,19 et 0,87 contre 0,69. Le sable de Leucate est donc attaqué un peu plus facilement que le sable de Fontainebleau dans ces conditions d'essais. Pour déterminer l'action de la finesse du sable il faut considérer les essais à haute pression qui donnent des proportions de silice soluble nettement tranchées.

L'action de la vapeur d'eau à 8 k. est très nette sur le sable fin, 6,13 contre 1,41 et 0,69, mais sur le gros sable la formation du silicate est à peu près la même que sous l'action de la vapeur d'eau à 100° pendant 48 heures ou une semaine.

Enfin les essais 10, 11 et 12 montrent clairement que la production de silicate est aussi, en raison de la proportion de chaux, pour l'essai à haute pression, mais qu'il n'en est pas de même pour les essais à 100°, pour lesquels les

proportions de 10 et 50 % de chaux ont donné les mêmes résultats.

Outre les essais ci-dessus qui montrent de la manière la plus nette, l'influence de la pression de vapeur et de la durée de cette pression sur la proportion de silice combinée nous avons d'autre part mis ces faits en évidence en dosant la silice combinée dans les éprouvettes faisant l'objet des essais du tableau XXIV.

Ces proportions de silice combinée mettent aussi en évidence l'influence de la compression initiale.

Les résultats ont été les suivants :

Tableau II

Compression initiale du mélange en kg. par cm ² .	Pression de vapeur en kg.	Durée de la pression de vapeur en heures	SiO ₂ combinée	Compression initiale du mélange en kg. par cm ² .	Pression de vapeur en kg.	Durée de la pression de vapeur en heures	SiO ₂ combinée
250	4	4	2,17	250	8	4	3,95
500	4	4	2,31	500	8	4	5,60
750	4	4	2,66	750	8	4	5,06
1.000	4	4	2,90	1.000	8	4	6,26
250	4	6	2,54	250	8	6	5,68
500	4	6	2,41	500	8	6	5,61
750	4	6	2,86	750	8	6	6,89
1.000	4	6	2,27	1.000	8	6	6,25
250	4	8	2,50	250	8	8	5,23
500	4	8	2,62	500	8	8	5,75
750	4	8	2,99	750	8	8	6,36
1.000	4	8	2,80	1.000	8	8	7,23
250	4	10	2,84	250	8	10	5,69
500	4	10	3,00	500	8	10	7,59
750	4	10	3,06	750	8	10	8,65
1.000	4	10	3,60	1.000	8	10	9,41
250	6	4	2,50	250	10	4	4,93
500	6	4	2,55	500	10	4	5,30
750	6	4	2,80	750	10	4	5,24
1.000	6	4	2,99	1.000	10	4	6,07
250	6	6	3,29	250	10	6	8,09
500	6	6	3,25	500	10	6	8,59
750	6	6	3,80	750	10	6	8,60
1.000	6	6	4,05	1.000	10	6	9,12
250	6	8	4,26	250	10	8	8,48
500	6	8	4,47	500	10	8	8,36
750	6	8	5,26	750	10	8	9,35
1.000	6	8	4,87	1.000	10	8	11,29
250	6	10	4,67	250	10	10	8,51
500	6	10	6,21	500	10	10	8,60
750	6	10	6,51	750	10	10	9,41
1.000	6	10	6,59	1.000	10	10	12,01

Si nous classons les résultats obtenus en prenant pour base une même pression de vapeur et en totalisant tous les résultats obtenus à 4 kg. d'abord, puis à 6 kg., à 8 kg. et enfin à 10 kg. on voit très nettement (tableau III) que la

proportion de silice combinée est d'autant plus élevée que la pression de vapeur est plus considérable.

On a obtenu :

2,72	à	4 k.	de pression
4,25	à	6	»
6,38	à	8	»
8,14	à	10	»

Tableau III. — Influence de la pression de vapeur sur la proportion de silice combinée.

Pression de vapeur en kgs.			
4 k.	6 k.	8 k.	10 k.
Proportion de silice combinée contenue dans les éprouvettes après cuisson.			
2,47	2,50	3,95	4,93
2,31	2,55	5,60	5,30
2,66	2,80	5,06	5,24
2,90	2,99	6,26	6,07
2,54	3,29	5,68	8,09
2,41	3,25	5,61	8,59
2,86	3,80	6,89	8,60
2,27	4,05	6,25	9,12
2,50	4,26	5,23	8,48
2,62	4,47	5,75	8,36
2,99	5,26	6,36	9,35
2,80	4,87	7,23	11,29
2,84	4,67	5,69	8,51
3,00	6,21	7,59	8,60
3,06	6,51	8,65	9,44
3,60	6,59	9,41	12,01
2,72	4,25	6,38	8,24

Il en est de même si nous classons les résultats suivant la durée de cette pression (tableau IV) et suivant la compression initiale du mélange (tableau V).

L'influence de la durée de la pression de vapeur a donné :

Après	4 heures	3,94
»	6 »	5,20
»	8 »	5,70
»	10 »	6,65

Enfin la troisième série d'expériences concernant l'influence de la compression initiale a donné les résultats suivants :

Pour	250 kg. compression initiale	4,70
»	500 » »	5,14
»	750 » »	5,59
»	1000 » »	6,10

Par conséquent la proportion de silicate de chaux est fonction de la compression initiale du mélange, de la pression de vapeur, et de la durée de cette pression.

Tableau IV. — Influence de la durée de la pression de vapeur sur la proportion de silice soluble.

Durée de la pression de vapeur en heures			
4 h.	6 h.	8 h.	10 h.
Proportion de silice combinée contenue dans les éprouvettes après cuisson.			
2,17	2,54	2,50	2,84
2,31	2,41	2,62	3,00
2,66	2,86	2,99	3,06
2,90	2,27	2,80	3,60
2,50	3,29	4,26	4,67
2,55	3,25	4,47	6,24
2,80	3,80	5,26	6,51
2,99	4,05	4,87	6,59
3,95	5,68	5,23	5,69
5,60	5,61	5,75	7,59
5,06	6,89	6,36	8,65
6,26	6,25	7,23	9,46
4,93	8,09	8,48	8,54
5,30	8,59	8,36	8,60
5,24	8,60	9,35	9,44
6,07	9,12	11,29	12,01
3,94	5,20	5,73	6,65

Tableau V. — Influence de la compression initiale du mélange sur la proportion de silice soluble.

Compression initiale du mélange (en kg. par cm ²)			
250 k.	500 k.	750 k.	1.000 k.
Proportion de silice combinée contenue dans les éprouvettes après cuisson.			
2,17	2,31	2,66	2,90
2,54	2,41	2,86	2,27
2,50	2,62	2,99	2,80
2,84	3,00	3,06	3,60
2,50	2,55	2,80	2,99
3,29	3,25	3,80	4,05
4,26	4,47	5,26	4,87
4,67	6,21	6,51	6,59
3,95	5,60	5,06	6,26
5,68	5,61	6,89	6,25
5,23	5,75	6,36	7,23
5,69	7,59	8,65	9,41
4,93	5,30	5,24	6,07
8,09	8,59	8,60	9,42
8,48	8,36	9,35	11,25
8,51	8,60	9,44	12,04
4,70	5,14	5,59	6,10

Détermination de la formule du silicate formé

Les expériences faites pour la détermination de la formule du silicate formé étant très incomplètes, nous avons repris la question en opérant sur des éprouvettes en silico-calcaire fabriquées avec du sable passant au tamis de 4.900 mailles et cuites dans des conditions différentes.

Nous avons dosé la chaux totale, la chaux non combinée (par l'eau sucrée), la chaux combinée à l'acide carbonique (par dosage en poids de l'acide carbonique par la méthode de Fresenius) et enfin la silice combinée (en faisant agir une solution de carbonate de soude à 10 o/o additionnée d'une goutte de potasse pendant 6 heures à 100° sur la silice totale résultant de l'attaque par l'acide chlorhydrique).

Nous avons d'abord opéré sur un mélange cuit 6 heures à 10 kg. Ce procédé a donné :

Silice combinée	19,81
Chaux totale.	30,79
Acide carbonique	33,87
Chaux combinée à l'acide carbonique	4,31
Chaux soluble dans l'eau sucrée	3,35
Chaux combinée à la silice par différence . .	23,13

soit en ramenant les proportions de silice et de chaux en tenant compte des poids moléculaires.

Silice	0,66
Chaux.	0,82
ou	
Silice	1,00
Chaux	1,24

ce qui donnerait $\text{SiO}_2 \cdot 1,25 \text{ CaO}$ ou $4\text{SiO}_2 \cdot 5\text{CaO}$.

Ce résultat portant sur un seul essai, nous avons tenu à répéter les expériences en modifiant les conditions d'essais.

Nous avons opéré comme pour l'essai précédent avec des mélanges de chaux grasse et de quartz broyé au tamis de 4.900 mailles.

Les différents mélanges ont été soumis à une compression de 500 kg. par cm^2 puis cuits 8 heures à 8 kg. de façon à leur donner une résistance suffisamment élevée pour pouvoir être sciés ; ensuite, on a découpé dans les différents cylindres des petites éprouvettes qui ont été introduites dans des tubes en verre scellés contenant de l'eau.

Les tubes ont été placés dans un bloc Wiesnegg et soumis, à une température variable qui a été traduite en kg. dans le tableau VI.

Tableau VI. — Action de la proportion de chaux et de la pression de la vapeur d'eau sur la formation de silice combinée dans le silico-calcaire

Composition des mélanges	Sable de Fontainebleau : 50				Chaux : 442,5		Chaux : 99	
	4	2	3	4	5	6	7	8
Numéros.	8 h. à 8 k. 6 h. à 16 k.	8 h. à 8 k. 6 h. à 21 k.	8 h. à 8 k. 6 h. à 26 k.	8 h. à 8 k. 6 h. à 43 k.	8 h. à 8 k. 7 h. à 34 k.	8 h. à 8 k. 7 h. à 34 k.	8 h. à 8 k. 7 h. à 34 k.	8 h. à 8 k. 7 h. à 34 k.
Cuisson en heures et en kilogr.								
Silice combinée.	34,20	34,79	36,015	38,205	20,73	32,45	26,08	50,38
Chaux totale.	34,44	34,605	35,41	35,295	32,08	34,52	44,70	48,52
Chaux soluble dans l'eau sucree.	4,90	0,75	0,50	0,60	25,40	45,00	44,50	4,50
Acide carbonique.	3,15	3,83	3,04	3,42	7,56	5,68	6,43	4,83
Chaux combinée à l'acide carbonique.	4,00	4,87	6,44	4,35	9,61	7,23	8,18	6,44
Chaux combinée à la silice (par différence) . .	28,54	28,98	28,20	30,33	17,37	32,31	22,02	40,88
Silice.	4,04	4,00	4,16	4,00	4,27	4,00	4,07	4,00
Formule du silicate	ou							
Chaux.	4,02	0,98	4,04	0,89	4,01	0,84	1,08	0,89
					0,85	0,62	0,89	1,45
						4,07	0,79	0,90
							1,46	0,87

On voit que si à une élévation de pression correspond une augmentation de silice soluble (combinée à l'état de silicate de chaux), le rapport de la silice combinée à la chaux peut être considéré comme invariable.

Les essais 5, 6, 7, 8, montrent qu'il en est ainsi, même quand la proportion de chaux varie dans des limites extrêmes, puisque pour l'essai n° 5, la proportion de chaux non combinée est de 25,10 o/o, alors qu'elle n'est plus que de 1,50 o/o dans l'essai n° 8.

Ces essais montrent donc qu'il n'existe pas de silicate de chaux basique hydraté puisque le rapport des corps $\frac{\text{silice}}{\text{chaux}}$, dans lequel chaque corps représenté par son poids moléculaire est sensiblement égal à 1. Il s'ensuit aussi que la formule du silicate de chaux formé serait : $\text{SiO}_2 \cdot \text{CaO}$.

IV

Essais

D'après ce que nous venons d'écrire, la fabrication des briques en silico-calcaire consiste donc à cuire dans la vapeur d'eau sous pression un mélange de sable et de chaux comprimé sous forme de briques.

Dans les essais qui font l'objet de cette étude nous nous sommes attaché à étudier les différents facteurs entrant dans cette fabrication.

Nos essais ont porté sur :

Influence du sable

Sable siliceux.
Sable argileux.
Sable calcaire.

Influence de la chaux

Chaux grasse.
Chaux hydraulique.
Proportion de chaux ajoutée.
Finesse de la chaux.
Chaux carbonatée.

Influences diverses

Compression initiale du mélange.
Pression de vapeur.
Durée de la pression de vapeur.
Malaxage.
Dessiccation du mélange avant cuisson.
Mouillage du mélange.
Influence du temps (après cuisson) sur le durcissement.

Influence de diverses matières ajoutées au mélange

Sable fin.
Pouzzolane.
Verre pilé.

Description des essais

Pour tous les essais nous nous sommes servis du sable de Fontainebleau.

Nous aurions désiré entreprendre l'étude de sables de différentes grosseurs, et vérifier si les lois relatives à la compacité des mortiers de ciment peuvent s'appliquer à ces produits, qui sont de véritables mortiers comprimés ; malheureusement les gros grains de sable détérioraient à un tel point l'appareil employé pour la fabrication des éprouvettes que nous avons dû abandonner cette partie de nos recherches.

Les mélanges étaient gâchés sur un marbre à l'aide d'une truelle et moulés sous forme de cylindres de diamètre égal à la hauteur et présentant une section de 20 cm.

Le moule que nous avons employé (fig. 3), se compose d'une couronne C dans laquelle entrent à force les 4 segments E d'un cylindre légèrement tronconique à l'extérieur de façon à pouvoir se démouler facilement.

Une fois le moule proprement dit entré dans la couronne C, on place au-dessus un gros cylindre creux B dans lequel on verse la quantité nécessaire de matière pour donner un cylindre parfait.

Pour obtenir un cylindre dont la hauteur soit exactement égale au diamètre, il faut avoir soin de déterminer le poids nécessaire pour chaque mélange, en opérant par quelques essais préalables. Ce poids étant déterminé, on prend ensuite exactement la même quantité pour chaque cylindre. Il est bien évident que suivant les conditions de chaque expérience le poids diffère à chaque essai.

On fait ensuite entrer le piston compresseur A dans la partie B et le tout est placé sur le piston de compression de la machine Amsler-Laffon avec laquelle on donne exactement la pression voulue. Pour démouler le cylindre obtenu, on enlève le piston A et la partie B, la couronne C est retournée et on la fait reposer sur les petites vis D. On place alors sur la couronne renversée la pièce G qui vient par pression forcer les 4 segments E. On démoule ainsi le plus aisément du monde le cylindre et les segments d'acier qui viennent tomber sur une rondelle en caoutchouc qu'on a eu soin d'interposer entre la couronne et une plaque de fer ou de bois placée elle-même sur la table de compression de la presse. On retire la couronne et on enlève le cylindre obtenu en séparant les 4 segments d'acier.

Pour éviter la dessiccation, les cylindres étaient placés au fur et à mesure de leur fabrication dans des conserves en verre. Le lendemain les cylindres étaient placés dans un autoclave timbré à 18 kg. chauffé au gaz.

Les cylindres étaient enlevés le jour même ou le lendemain matin suivant le temps exigé par la cuisson, et leur résistance à la compression était aussitôt déterminée à l'aide de la machine Amsler-Laffon.

On peut juger par cette simple description du temps et des précautions exigés pour la fabrication d'une seule série d'essais.

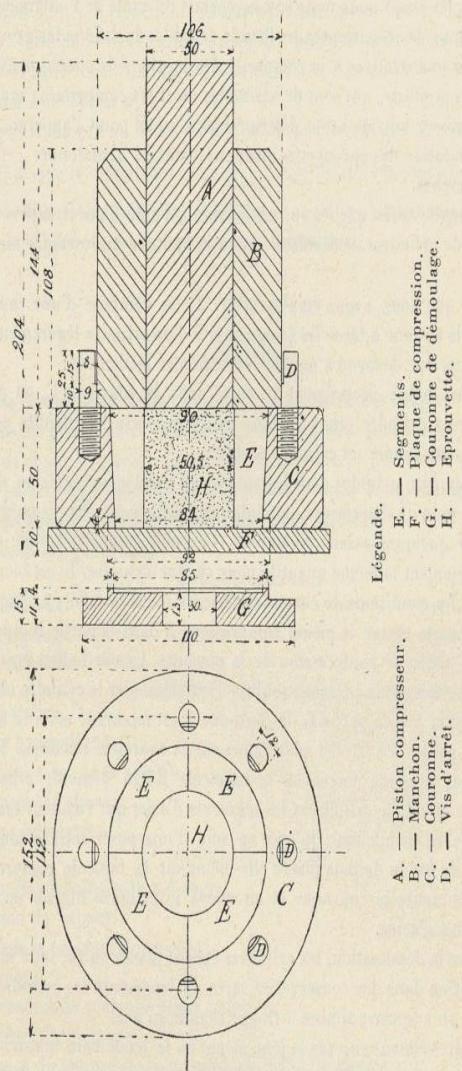


Fig. 3

Influence de la nature du sable

Au point de vue chimique on distingue trois sortes de sable : sable siliceux, sable argileux et sable calcaire. D'après la définition même du silico-calcaire, et sa constitution chimique d'agrégat de silicate de chaux et de sable, on doit rechercher l'emploi de sable exclusivement siliceux ; c'est ce que nous avons mis en évidence par les essais qui suivent.

Sable argileux. — On a polémiqué longtemps en Allemagne sur l'utilité qu'il peut y avoir à ajouter de l'argile au sable employé, c'est-à-dire à employer un sable argileux (1).

Il est certain que dans les conditions de fabrication des briques en silico-calcaire, la chaux attaque l'argile ; il est facile de constater ce fait en soumettant à l'action d'un acide fort un mélange comprimé de chaux et d'argile cuit dans la vapeur d'eau sous pression. Il se produit sous l'action de l'acide une proportion assez élevée de silice gélantineuse.

Cette réaction a du reste été signalée par M. Girard.

Par conséquent on pourrait croire qu'il y a intérêt soit à ajouter artificiellement de l'argile au mortier de sable et de chaux destiné à être comprimé, soit à employer un sable argileux.

Pour éclaircir cette question, nous avons exécuté quelques mélanges de chaux et d'argile dont les résultats forment le tableau VII.

Tableau VII. — Action de l'argile.

Poids de chaux grasse en gr.	Poids d'argile tamisée au tamis 4,900 en gr.	Poids de sable en gr.	Compression initiale en kg.	Pression de vapeur en kg.	Durée de la pression de vapeur en heures	Résistance à la compression des éprouvettes après cuisson en kgs par cm ²					Moyennes
						122,5	107,5	115	125	117,5	
100	»	900	250	40	6	122,5	107,5	115	125	117,5	
100	400	800	id.	id.	id.	120	125	122,5	120	121,8	
100	200	700	id.	id.	id.	150	152,5	152,5	147,5	150,6	
Autre série d'essais.											
100		900	250	8	6	122,5	117,5	140	135	128,7	
100		900	500	id.	id.	157,5	152,5	151,5	155	154	
100	90	810	250	id.	id.	115	125	120	130	122,5	
100	90	810	500	id.	id.	155	150	155	155	153,7	
100	180	720	250	id.	id.	175	175	175	180	176,2	
100	180	720	500	id.	id.	185	205	190	210	197,5	

(1) Lire notamment les articles de M. Olschewsky parus dans la Revue « Die Kalksandfabrikation ».

Ces essais montrent qu'il n'y a aucun avantage à ajouter 10 % d'argile, c'est-à-dire, dans les essais que nous avons exécuté, un poids égal ou sensiblement égal pour la seconde série d'essais à celui de la chaux. On a obtenu 121 k. 8 contre 117 d'une part, 122,5 contre 128,7, et 153,7 contre 154.

Une addition plus élevée, 20 %, a donné une augmentation de résistance, 150 k. 6 contre 117,5, mais une telle proportion est en dehors des conditions pratiques, l'augmentation de prix étant trop élevée.

Il était intéressant de voir s'il n'était pas préférable de remplacer l'argile par du sable fin, plus facilement attaqué par la chaux.

Pour cette détermination nous avons ajouté un même poids d'argile et de sable de Fontainebleau broyé et réduit à la même finesse que l'argile, c'est-à-dire passant à travers les mailles du tamis n° 200 (4.900 mailles par cm²).

Tableau VIII. — Action d'une addition d'argile et de sable broyé (Planche 1).

Poids de chaux grasse en gr.	Poids de sable en grammes	Poids de sable broyé en gr.	Poids d'argile en gr.	Compression initiale en kgr.	Pression de vapeur en kgr.	Durée de la pression de vapeur en heures	Résistance à la compression des éprouvettes après cuisson en kgs par cm ²				Moyennes
							235	250	235	230	
100	810	90	id.	250	8	6	235	250	235	230	227,5
100	720	180	id.	250	id.	id.	295	300	290	285	292,5
100	810	90	id.	500	id.	id.	245	260	250	245	250
100	720	180	id.	500	id.	id.	340	360	330	325	338,7
100	810	id.	90	250	id.	id.	415	425	420	430	422,5
100	720	id.	180	250	id.	id.	475	475	475	480	476,2
100	810	id.	90	500	id.	id.	455	450	455	455	453,7
100	720	id.	180	500	id.	id.	485	205	190	210	197,5
100	900	id.	id.	250	id.	id.	422,5	417,5	440	435	428,7
100	900	id.	id.	500	id.	id.	457,5	452,5	452,5	455	454

Les essais montrent de la manière la plus nette, qu'une addition de sable est préférable à une addition d'argile, les résistances avec le sable fin étant de beaucoup supérieures à celles données par les produits argileux.

L'addition de sable fin a du reste fait l'objet d'un brevet en Allemagne, mais nous ne pensons pas que son application se soit étendue quoique les résultats au point de vue de l'augmentation de la résistance soient très nets, puisque les essais n'ont donné sans addition de sable broyé que 128 et 154 kg. contre 227, 292, 250 et 338 avec addition de sable broyé.

De ce qu'une addition de 20 % d'argile donne des résultats supérieurs, on pourrait croire que l'emploi d'un sable argileux est préférable ; il n'en est rien,

comme les essais exécutés le montrent (tableau IX), car on se trouve alors en présence d'une difficulté de malaxage.

Si dans nos expériences, il était facile d'obtenir un mélange parfait, puisque nous opérions en mélangeant des matières sèches, il n'en est plus de même quand on opère sur un sable argileux qui d'abord n'est pas homogène, et ensuite est humide; l'argile enrobant les grains de silice empêche la silicatisation du sable et de la chaux de se produire. C'est ce qui explique la raison pour laquelle l'emploi d'un sable argileux n'est pas à recommander.

Pour vérifier ce que nous supposions n'être qu'une hypothèse, (difficulté de mélange) nous avons opéré avec 5 sables argileux de différentes provenances, dans lesquels nous avons dosé approximativement l'argile par l'évaporation. Pour arriver à obtenir la proportion de 20 % d'argile, nous avons ajouté l'apport nécessaire, en ajoutant de l'argile délayée, puis en formant une bouillie du tout, et en desséchant la masse de façon à obtenir en fin de compte un sable contenant environ 8 à 10 % d'eau et 20 % d'argile. Les mélanges avec la chaux ont été effectués comme d'habitude de façon à obtenir 900 grammes de sable argileux à l'état sec, 100 grammes de chaux éteinte et 10 % d'eau.

Les résultats ont été les suivants (tableau IX):

Tableau IX. — Influence d'une addition d'argile (Planche 4).

Numéros d'ordre	Poids de chaux grasse en gr.	Poids de sable en grammes	Poids de sable argileux à 20 % d'argile en gr.	Compression initiale en kgr.	Pression de vapeur en kg.	Durée de la pression de vapeur en heures	Résistance à la compression en kgs par cm ²					Moyennes
							122,5	117,5	140	135	128,7	
A . .	100	900	250	8	6	122,5	117,5	140	135	128,7	128,7	
	100	900	500	id.	id.	157,5	152,5	152,5	155	154	154	
B . .	100	id.	900	250	id.	id.	112,5	110	98	101	105,4	105,4
				500	id.	id.	132,5	132,5	118,5	115	124,6	124,6
C . .	100	id.	900	250	id.	id.	92,5	88	102	96	94,6	94,6
				500	id.	id.	144	146,5	106	122,5	114,7	114,7
D . .	100	id.	900	250	id.	id.	88,5	78,5	82	92	85,5	85,5
				500	id.	id.	106	114,5	102	104,5	106,7	106,7
E . .	100	id.	900	250	id.	id.	112	102	100	98	103	103
				500	id.	id.	144	126	112	110	115	115
							88	96,5	84	82	87	87
							102	104,5	102	112,5	105,2	105,2

Sable calcaire. — Pour étudier l'action d'un sable calcaire nous avons exécuté les mêmes essais que pour l'argile, mais en remplaçant l'argile par du marbre broyé tamisé au tamis de 4.900 mailles.

Le premier mélange contenait en grammes :

Chaux	100
Sable.	900
Marbre	100

et le second mélange 200 gr. de marbre au lieu de 100 et 800 gr. de sable au lieu de 900,

Les cylindres ont été comprimés à 250 kg. par cm^2 puis cuits pendant 6 heures à 10 kg. Les éprouvettes contenant 20 % de marbre se sont désagrégés dans l'autoclave, et celles en contenant 10 % se sont fissurées.

On peut donc conclure de ces essais que l'emploi de sable fortement calcaire est à rejeter à moins de forcer la dose en chaux, comme l'indiquent les essais ci-dessous (tableau X) qui ne peuvent être que des essais de laboratoire, le prix de revient de briques en silico-calcaire contenant une proportion aussi élevée de chaux étant beaucoup trop élevé.

Tableau X. — Influence d'une addition de marbre.

Poids de chaux grasse en gr.	Poids de sable en gr.	Poids de marbre en gr.	Pression initiale en kgr.	Pression de vapeur en kgr.	Durée de la pression de vapeur en heures	Résistance à la compression en kgs par cm^2				Moyennes
						257,5	260	272,5	263	
200	700	100	300	40	6	257,5	260	272,5	263	264
200	600	200	id.	id.	id.	250	257,5	285	262,5	263
200	500	300	id.	id.	id.	252,5	245	230	280	252
200	400	400	id.	id.	id.	263	230	270	246	231

La conclusion de tous ces essais est très nette : en pratique il faut employer des sables aussi siliceux que possible.

Influence de la nature de la chaux

Influence de la proportion de chaux grasse. — Dans les essais réunis dans le tableau XI nous avons étudié l'influence d'une proportion croissante de chaux. Les essais montrent qu'à partir d'une certaine proportion de chaux (400 gr. de chaux pour 600 gr. de sable) qui doit évidemment varier suivant les produits (sable et chaux employés), il y a une décroissance dans la résistance.

Dans les essais réunis dans le tableau XII, nous avons étudié l'influence d'une augmentation croissante de chaux, en faisant varier la proportion de 10 % seulement au lieu de 10, comme dans les essais résumés dans le tableau précédent, et en ne dépassant pas 15 %, de manière à rester dans les conditions industrielles réalisables en ce qui concerne la fabrication des briques, quoique en général on ne dépasse pas 10 %.

Tableau XI. — Influence de la proportion de chaux (Planche 2).

Poids de chaux grasse en gr.	Poids de sable en grammes	Compression initiale en kgr.	Pression de vapeur en kg.	Durée de la pression de vapeur en heures	Résistance à la compression en kgs par cm^2				Moyennes
					6	136	139	124	
100	900	250	10	6	136	139	124	»	133
200	800	id.	id.	id.	193	163	154	»	170
300	700	id.	id.	id.	170	175, 5	182, 5	»	180
400	600	id.	id.	id.	148	162, 5	145	»	152
500	500	id.	id.	id.	97, 5	121	139, 5	»	120
600	400	id.	id.	id.	113, 5	123, 5	115	»	117
100	900	id.	8	6	142, 5	117, 5	140	135	128, 7
300	700	id.	id.	id.	155	155	150	155	153, 7

Les essais montrent que, jusqu'à 15 %, la résistance est en relation directe avec la proportion de chaux employée. Comme corollaire de ces essais, on peut également dire qu'une augmentation de pression initiale permet d'employer une proportion moindre de chaux, puisque l'essai n° 1080 avec 6 % de chaux seulement a donné une résistance identique à l'essai 1092 contenant 8 % de chaux. Dans le premier cas la pression a été de 500 kg. par cm^2 au lieu de 250 kg. seulement dans le second. Il en est de même pour les autres essais du même tableau. Par exemple l'essai n° 1081 avec seulement 7 % de chaux donne des résistances identiques à l'essai n° 1096 contenant 12 % de chaux. Dans le premier cas la compression initiale a été de 500 kg. et dans le second elle a seulement été de 250 kg.

Une augmentation de résistance a également une influence très nette sur la résistance à la gelée. Alors que l'essai n° 1094 contenant 10 % de chaux n'a pas résisté à l'action de la gelée, l'essai n° 1080 ne contenant que 6 % de chaux, mais comprimé à 500 kg. par cm^2 , s'est parfaitement comporté.

Influence de la proportion de chaux hydraulique. — Il y a parfois un intérêt économique à employer de la chaux hydraulique au lieu de chaux grasse qui est souvent d'un prix plus élevé que la première.

Les essais montrent (tableau XIII) que la résistance est en relation directe avec la proportion de chaux hydraulique ajoutée, alors que les essais exécutés avec la chaux grasse (tableau XI) ont montré une chute de résistance très nette avec (120 kg. au lieu de 152) 400 gr. de chaux pour 600 gr. de sable. On conçoit qu'il doit en être ainsi puisque les produits silico-calcaires dans lesquels la chaux grasse est remplacée par la chaux hydraulique constituent de véritables mortiers de chaux hydraulique, lesquels, comme on le sait, donnent des résistances d'autant plus élevées que la proportion de liant est plus grande.

Tableau XII. — Influence de la proportion de chaux sur la résistance
(Planche 2).

N°	Poids de chaux grasse en gram.	Poids de sable en gram.	Compression initiale en kgr.	Pression de vapeur en kgr.	Durée de la pression de vapeur en heures	Résistance à la compression en kgs par cm ²					Moyennes
						107,5	92,5	97,5	100	99,2	
1090	60	940	230	8	6	107,5	92,5	97,5	100	99,2	
1091	70	930	id.	id.	97,5	105	102,5	110	103,7		
1092	80	920	id.	id.	117,5	115	112,5	112,5	114,3		
1093	90	910	id.	id.	120	115	115	id.	116,6		
1094	100	900	id.	id.	120	120	id.	id.	120		
1095	110	890	id.	id.	115	125	125	125	122,5		
1096	120	880	id.	id.	123	130	125	120	125		
1097	130	870	id.	id.	125	130	127,5	132,5	128,7		
1098	140	860	id.	id.	135	140	132,5	140	136,8		
1099	150	850	id.	id.	142,5	137,5	137,5	132,5	137,5		
1080	60	940	500	id.	id.	115	112,5	115	117,5	115	
1081	70	930	id.	id.	122,5	125	130	125,5	125		
1082	80	920	id.	id.	140	135	137,5	145	137		
1083	90	910	id.	id.	145	142,5	147,5	145	145		
1084	100	900	id.	id.	157,5	152,5	152,5	155	154		
1085	110	890	id.	id.	160	160	id.	id.	160		
1086	120	880	id.	id.	162,5	160	162,5	165	162		
1087	130	870	id.	id.	170	167,5	177,5	167,5	169		
1088	140	860	id.	id.	170	172,5	172,5	167,5	170,6		
1089	150	850	id.	id.	170	170	172,5	172,5	175		

Tableau XII bis. — Action de la gelée

N°	Action de la gelée
1090	Se désagrège à partir du 12 ^e dégel et complètement au 15 ^e .
1091	En partie désagrégé.
1092	Commencement de désagrégation au 3 ^e dégel.
1093	Arête supérieure légèrement arrondie.
1094	Légères fentes au 12 ^e dégel
1095	Arête très légèrement arrondie.
1096	Arête supérieure en partie entamée.
1097	Néant.
1098	Néant.
1099	Néant.
1080	Arête supérieure légèrement entamée et légèrement arrondie.
1081	Néant (arête supérieure très légèrement arrondie).
1082	id. id.
1083	id. id.
1084	id. id.
1085	id. id.
1086	id. id.
1087	id. id.
1088	id. id.
1089	id. id.

Tableau XIII. — Influence de la proportion de chaux hydraulique (Planche 2).

Nature de la chaux	Poids de chaux en gram.	Poids de sable en gram.	Com- pres- sion ini- tiale en kgr.	Pression de vapeur en kgr.	Durée de la pression de vapeur en heures	Résistance à la compression en kgs par cm ²			Moyennes
						50	52,5	50	
Hydraul.	100	900	250	40	6	50	52,5	50	50,6
	200	800	id.	id.	id.	84	130	77,5	92,8
	300	700	id.	id.	id.	200	202,5	200	192,5
	400	600	id.	id.	id.	235	215	232,5	228,7
	500	500	id.	id.	id.	324	324	345	342,5
	600	400	id.	id.	id.	330	394	345	357,2

Les chaux hydrauliques étant très différentes dans leur composition chimique et leurs propriétés, nous avons examiné dans les essais ci-après (tableau XIV), comparativement à de la chaux grasse, deux échantillons de chaux hydrauliques de provenances différentes ainsi qu'un échantillon de ciment portland.

Tableau XIV. — Influence de la nature et de la proportion de liant (Planche 2).

Nature du liant	Poids de chaux en gram.	Poids de sable en gram.	Com- pres- sion ini- tiale en kgr.	Pression de vapeur en kgr.	Durée de la pression de vapeur en heures	Résistance à la compression en kgs par cm ²			Moyennes
						6	187,5	178	
Grasse...	100	900	500	8	6	187,5	178	187,5	182,8
	200	800	id.	id.	id.	220	220	157,5	188,3
	300	700	id.	id.	id.	237,5	237,5	240	234,7
Hydraul. A.	100	900	id.	id.	id.	413,6	418,7	423	412,5
	200	800	id.	id.	id.	200	240	200	210
	300	700	id.	id.	id.	287,5	287,5	274,8	279,6
Hydraul. B.	100	900	id.	id.	id.	84,3	84,3	73,5	84,3
	200	800	id.	id.	id.	131,2	132,5	125	143,7
	300	700	id.	id.	id.	143,7	137,5	150	145
Portland.	100	900	id.	id.	id.	434	446,8	437,5	437
	200	800	id.	id.	id.	271,8	262,7	259,2	240
	300	700	id.	id.	id.	356	370	350	353

On voit, en examinant les résultats de ces essais, que la chaux grasse l'emporte sur la chaux hydraulique et le ciment portland tant qu'on opère sur de faibles proportions, ce qui a lieu dans l'industrie du silico-calcaire. Au contraire, si on augmente les proportions du liant, les résistances données par les produits silico-calcaires fabriqués avec de la chaux hydraulique ou avec du ciment portland sont supérieures aux résistances données par le silico-calcaire fabriqué avec de la chaux grasse, ce qui s'explique parfaitement. Dans le cas du portland, le mélange n'est autre qu'un véritable mortier hydraulique, qui suit alors les lois

auxquels les mortiers sont soumis, et on sait que le dosage en liant a une influence directe sur la résistance.

Il peut sembler anormal qu'un produit contenant du ciment portland de bonne qualité, comme était celui avec lequel nous avons opéré, donne un produit de résistance moindre que le silico-calcaire similaire contenant de la chaux grasse. Il n'en peut être autrement si l'on réfléchit que pour qu'il y ait silicatisation, il faut qu'il y ait contact entre les grains de sable et la chaux. Là où 100 grammes de chaux grasse extrêmement légère de densité apparente = 0 k. 400 (poids du litre non tassé) suffisent pour enrober les grains de sable contenus dans 900 grammes, il en est tout autrement en ce qui concerne le même poids de ciment d'une densité apparente = 1 k. 200 (poids du litre non tassé). Dans ce dernier cas les particules de ciment ne seront pas assez nombreuses pour enrober tous les grains de sable. Si on augmente les proportions de liant, il est évident, comme le montrent les essais ci-dessus (tableau XIV), que le silico-calcaire à base de chaux hydraulique, ou de ciment portland donnera des résistances très supérieures à celles données par le silico-calcaire à base de chaux grasse. C'est ainsi que l'essai exécuté avec le mélange contenant 30 % de ciment portland donne 353 kgs. contre 234 k. 7 résistance donnée par le silico-calcaire contenant la même proportion de chaux grasse.

Par contre, une proportion même élevée (30 %) d'une bonne chaux hydraulique A a donné des résistances inférieures.

Pour élucider complètement cette question de supériorité du produit à employer question très intéressante pour cette industrie, nous avons fait une seconde série d'essais en employant comparativement à la chaux grasse, 5 chaux hydrauliques de différentes provenances. Nous avons exécuté avec chaque échantillon 3 mélanges contenant des proportions différentes de chaux, 8,10 et 12 % et sur chaque mélange il a été fait deux séries d'essais en faisant varier la compression initiale. Dans la première série la compression initiale a été de 250 kgs par cm^2 , et de 500 kgs dans la seconde série d'essais.

Les chaux employées avaient la composition chimique ci-après :

	2587	2588	2602	4597	2378
Silice	24,42	16,80	14,97	12,55	24,05
Alumine	7,07	5,33	2,65	2,37	1,41
Sesquioxyde de fer . . .	2,37	1,79	0,96	1,49	0,81
Chaux.	52,83	59,88	61,61	63,79	64,77
Magnésie.	0,43	0,76	0,14	0,28	0,30
Acide sulfurique	0,80	0,91	0,50	0,75	0,34
Perte au feu.	11,26	13,94	19,10	16,34	8,55
Non dosés et pertes . .	0,82	0,59	0,07	0,43	
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,23

La chaux grasse employée provenait de calcaire à 98-99 % de carbonate de chaux.

Les résultats concernant la densité de ces produits ainsi que leur finesse sont donnés dans le tableau XVI.

Tableau XV. — Influence de la nature et de la proportion de chaux (Planche 2).

N°s	Nature de la chaux	Poids de la chaux	Poids du sable	Com- pression initiale	Pression de vapeur	Durée de la pression de vapeur	Résistance à la compression en kgs par cm ²			Moyenne	
		en gram.	en gram.	en kgr.	en kgr.	en heures	8	125,5	115	130	127,5
1117	Grasse	80	920	250	8	8	125,5	115	130	127,5	123,7
1118	2587	id.	id.	id.	id.	id.	37,5	37,5	40	37,5	38,4
1119	2588	id.	id.	id.	id.	id.	40	42,5	40	40	40,6
1120	2602	id.	id.	id.	id.	id.	80	85	87,5	87,5	85
1121	2597	id.	id.	id.	id.	id.	55	55	57,5	52,5	55
1122	2378	id.	id.	id.	id.	id.	107,5	107,5	110	107,5	108,4
1123	Grasse	100	900	id.	id.	id.	160	160	160	162,5	160,6
1124	2587	id.	id.	id.	id.	id.	57,5	57,5	50	57,5	55,6
1125	2588	id.	id.	id.	id.	id.	60	60	62,5	70	63,4
1126	2602	id.	id.	id.	id.	id.	122,5	122,5	127,5	130	125,6
1127	2597	id.	id.	id.	id.	id.	72,5	72,5	70	70	71,2
1128	2378	id.	id.	id.	id.	id.	145	145	140	142,5	143,4
1129	Grasse	120	880	id.	id.	id.	165	175	177,5	162,5	170
1130	2587	id.	id.	id.	id.	id.	65	65	62,5	62,5	64,3
1131	2588	id.	id.	id.	id.	id.	70	72,5	72,5	80	73,7
1132	2602	id.	id.	id.	id.	id.	160	157,5	160	165	160,6
1133	2597	id.	id.	id.	id.	id.	67,5	65	70	65	66,8
1134	2378	id.	id.	id.	id.	id.	190	200	192,5	197,5	195

Tableau XV bis. — Action de la gelée

N°s	Nature de la chaux	Action de la gelée									
1117	Grasse	Commencement de désagrég., au 16 ^e dégel. Arête supér. très entamée au 25 ^e .									
1118	2587	Arête supérieure attaquée : se laisse entamer par l'ongle.									
1119	2588	Arête supérieure arrondie.									
1120	2602	Se désagrège au 20 ^e dégel.									
1121	2597	Commencement de désagrégation au 17 ^e ; se désagrège complètement au 23 ^e .									
1122	2378	Arête arrondie.									
1123	Grasse	Néant.									
1124	2587	Néant.									
1125	2588	Arête arrondie, se désagrège sous l'ongle.									
1126	2602	En désagrégation.									
1127	2597	En complète désagrégation au 15 ^e dégel.									
1128	2378	Une partie de l'arête supér. est entamée, mais la masse n'est pas atteinte.									
1129	Grasse	Néant.									
1130	2587	Les arêtes sont arrondies en partie.									
1131	2588	Se désagrège en partie au 17 ^e dégel.									
1132	2602	Arête supérieure arrondie.									
1133	2597	En désagrégation.									
1134	2378	Néant.									

Tableau XV (Suite). — Influence de la nature et de la proportion de chaux

N°s	Nature de la chaux	Poids de la chaux	Poids du sable	Com- pression initiale	Pression de la vapeur	Durée de la pression	Résistance à la compression en kgs par cm ²			Moyenne
		en gram.	en gram.	en kgr.	en kgr.	en heures	185	180	185	
1135	Grasse	80	920	500	8	8	152,5	185	180	175,6
1136	2587	id.	id.	id.	id.	id.	50	50	47,5	49,3
1137	2588	id.	id.	id.	id.	id.	57,5	57,5	57,5	57,5
1138	2602	id.	id.	id.	id.	id.	105	102,5	105	107,5
1139	2597	id.	id.	id.	id.	id.	62,5	65	65	64,3
1140	2378	id.	id.	id.	id.	id.	125	127,5	125	127,5
1141	Grasse	100	900	id.	id.	id.	230	215	217,5	210
1142	2587	id.	id.	id.	id.	id.	57,5	60	65	60,6
1143	2588	id.	id.	id.	id.	id.	65	65	67,5	67,5
1144	2692	id.	id.	id.	id.	id.	142,5	137,5	137,5	137,5
1145	2597	id.	id.	id.	id.	id.	80	82,5	82,5	82,5
1146	2378	id.	id.	id.	id.	id.	190	165	165	171,2
1147	Grasse	120	880	id.	id.	id.	185	190	220	205
1148	2587	id.	id.	id.	id.	id.	70	72,5	70	72,5
1149	2588	id.	id.	id.	id.	id.	72,5	72,5	72,5	71,8
1150	2602	id.	id.	id.	id.	id.	167,5	167,5	170	170
1151	2597	id.	id.	id.	id.	id.	77,5	80	77,5	77,5
1152	2378	id.	id.	id.	id.	id.	195	192,5	192,5	194,3

Tableau XV bis (Suite). — Action de la gelée

N°s	Nature de la chaux	Action de la gelée
1135	Grasse	Néant.
1136	2587	Arêtes arrondies.
1137	2588	Léger commencement de désagr. au 12 ^e dégel. En complète désagr. au 17 ^e .
1138	2602	L'arête supérieure est entamée en partie.
1139	2597	id. id.
1140	2378	Néant.
1141	Grasse	Néant.
1142	2587	Arête supérieure entamée.
1143	2588	id. id.
1144	2602	id. id.
1145	2597	Légères fentes au 6 ^e dégel.
1146	2378	Néant.
1147	Grasse	Néant.
1148	2587	Arête supérieure arrondie.
1149	2588	Arête supérieure en partie entamée.
1150	2602	Néant.
1151	2597	Légère fonte au 3 ^e dégel.
1152	2378	Néant.

Tableau XVI. — Essais physiques exécutés sur les chaux.

N ^o s d'ordre	Densité	Finesse de mouture				Fine poussiére	
		Résidu 0/0 sur le tamis de					
		324	900	2.025	Total		
Grasse	0,406	0,4	0,5	4,4	2,3	97,7	
2.587	0,792	0,3	5,7	12,4	18,4	81,6	
2.588	0,652	0,2	2,1	7,3	9,6	90,4	
2.602	0,643	0,0	4,4	3,8	4,2	95,8	
2.597	0,540	3,2	3,3	2,3	8,8	94,2	
2.378	0,858	0,0	0,4	4,3	1,7	98,3	

Essayées à la traction en mortier plastique 1 : 3, les chaux ont donné après une semaine d'immersion dans l'eau douce les résistances faisant l'objet du tableau XVII.

Tableau XVII. — Résistance à la traction en mortier plastique 1 : 3

N ^o s d'ordre	Après 1 semaine	moy.	Après 2 semaines		moy.
			7 — 6 — 6 — 8 — 7 — 9	8 — 5 — 7 — 6 — 6 — 6	
2587	4 — 3 — 4 — 3 — 4 — 3	3,5	7 — 6 — 6 — 8 — 7 — 9	8 — 5 — 7 — 6 — 6 — 6	7,2
2588	4 — 4 — 3 — 3 — 4 — 3	3,5	10 — 9 — 7 — 5 — 3 — 7	10 — 9 — 7 — 5 — 3 — 7	6,3
2602	5 — 5 — 5 — 4 — 4 — 5	4,7			7,2
2597	0,01 — 0,4 — 0,3 — 0,2 — 0,3 — 0,3	0,3			(1)
2378	6 — 5 — 5 — 6 — 5 — 6	5,5	14 — 13 — 11 — 12 — 13 — 12	14 — 13 — 11 — 12 — 13 — 12	12,5

Comme les essais l'indiquent, ces chaux sont assez dissemblables comme composition chimique et qualité. L'une (n^o 2602) est une chaux de qualité dite administrative employée dans les travaux de premier ordre ; la chaux n^o 2.587 a été choisie parmi les chaux employées dans les chantiers de la ville de Paris, les autres sont des produits de qualités différentes comme on peut en juger par les résultats qu'elles ont donnés.

Comparée à la chaux grasse la densité (poids du litre) de ces produits est de beaucoup supérieure notamment la chaux n^o 2378.

On voit déjà par cette seule indication qu'une petite quantité de chaux lourde et à plus forte raison de ciment ne suffit pas pour enrober les grains de sable et produire leur liaison par silicatisation, alors qu'il en sera tout autrement avec de la chaux grasse très légère. On voit en effet que malgré les bonnes résistances données par les mortiers fabriqués avec certaines de ces chaux, les essais des produits en silico-calcaire (tableau XV) exécutés avec les mélanges à base de chaux grasse ont tous donné des résistances plus élevées sauf en ce qui concerne un essai exécuté avec la chaux n^o 2378 ; les mélanges contenant

(1) Briquettes en trop mauvais état pour pouvoir être essayées.

12 o/o de cette chaux ont en effet donné des résistances sensiblement égales 195 kgs contre 170 et 194 k. 3 contre 200.

On peut donc conclure de ces essais qu'il y a un intérêt évident à employer une chaux aussi grasse que possible.

Influence d'une chaux insuffisamment silotée. — La première des conditions d'une chaux destinée à être employée dans la fabrication du silico-calcaire est d'être suffisamment éteinte, c'est-à-dire de ne plus contenir de chaux expansive.

On sait que la chaux anhydre, en crottes, telle qu'elle sort des fours, mise au contact de l'eau, s'hydrate pour se transformer en hydrate de chaux. Cette hydratation est accompagnée d'une augmentation de volume considérable. Cette augmentation est telle qu'une brique d'argile — expérience bien connue — contenant un fragment de chaux, est brisée par l'expansion de la chaux, si cette brique est plongée dans l'eau.

Si on opère avec de la chaux non suffisamment éteinte, les briques crues ne montrent rien de particulier à l'œil ; mais, quand après cuisson on les retire de l'autoclave, on constate que les briques sont champignonées, fissurées, et qu'elles ont augmenté considérablement de volume. Cette transformation provient tout simplement, de ce que, au contact de la vapeur d'eau, et de la haute température à laquelle le mélange est porté, la chaux s'est hydratée brusquement, en produisant de graves lésions dans la masse de la brique par son augmentation de volume.

Le remède à apporter à une telle fabrication est d'employer une chaux suffisamment éteinte, ne contenant plus de chaux expansive.

L'extinction de la chaux est une opération longue et difficile, aussi a-t-on imaginé de nombreux appareils destinés à activer l'extinction et à produire de la chaux en poudre et bien éteinte, ces appareils sont plus ou moins utilisés et donnent des résultats plus ou moins parfaits.

Pour activer l'extinction de la chaux on peut employer une solution de chlorure de calcium à faible teneur.

Ce procédé a été indiqué dans un brevet pris par M. Seigle pour la fabrication d'un silico-calcaire particulier, dans lequel entre une certaine proportion de calamine. Ce brevet n'a eu à notre connaissance aucune application.

Influence d'une chaux éventée. — S'il est absolument nécessaire d'employer une chaux suffisamment éteinte, il est non moins nécessaire d'employer une chaux non carbonatée, par suite d'un silotage défectueux au contact de l'air.

Il est évident qu'une chaux contenant 33 o/o de carbonate de chaux comme certaines chaux que nous avons essayées, est impropre à la fabrication du silico-calcaire puisque le durcissement est justement basé sur la formation de silicate de chaux par la réaction de la chaux sur le sable. Le carbonate de chaux contenu dans la chaux joue le rôle d'un corps inerte, venant amaigrir le mélange et empêcher la réaction de se produire. De plus il diminue la proportion de chaux réelle, à tel point que dans l'exemple indiqué on ne mettait en

réalité que 6,66 o/o de chaux au lieu de 10 o/o, ce qui change tout à fait les conditions d'une fabrication.

Cette seule constatation peut expliquer bien des échecs dans la fabrication des briques en silico-calcaire.

Fidèle à la méthode expérimentale que nous nous sommes imposée, nous avons cherché à déterminer l'influence d'une chaux éventée. Pour cette détermination, nous avons fait deux séries d'essais : la première a été faite avec une chaux grasse bien éteinte, et la seconde avec la même chaux ayant été exposée quatre jours à l'air du laboratoire.

Les résultats sont inscrits dans le tableau XVIII ci-dessous.

Tableau XVIII. — Influence d'une chaux éventée (Planche 7)

Nature de la chaux	Poids de chaux en grammes	Poids de sable en grammes	Compression initiale en kg.	Pression de vapeur en kg.	Durée de la pression de vapeur en heures	Résistance à la compression en kgs par cm ²					Moyennes
						110	112,5	110	115	111,8	
Non éventée....	80	920	250	8	6	110	112,5	110	115	111,8	
	100	900	id.	id.	id.	140	135	130	135	135	
	120	880	id.	id.	id.	132,5	140	132,5	130	133,7	
	80	920	500	id.	id.	142,5	140	140	150	143,1	
	100	900	id.	id.	id.	162,5	167,5	150	175	163,7	
	120	880	id.	id.	id.	172,5	175	180	170	174,3	
Eventée	80	920	250	id.	id.	55	85	85	85	72,5	
	100	900	id.	id.	id.	100	105	102,5	92,5	101,1	
	120	880	id.	id.	id.	112,5	112,5	100	95	105	
	80	920	500	id.	id.	105	100	105	102,5	103,4	
	100	900	id.	id.	id.	122,5	117,5	117,5	115	118,1	
	120	920	id.	id.	id.	132,5	130	127,5	140	132,5	

On voit que tous les essais exécutés avec la chaux non éventée, ont donné des résultats nettement supérieurs à ceux donnés avec la même chaux éventée.

Influence de la finesse de la chaux. — Par suite du procédé d'extinction, par immersion, dans l'eau froide ou dans l'eau chaude, par l'action de la vapeur, etc., la chaux produite est plus ou moins fine. Il est par conséquent de toute évidence que suivant la finesse de la chaux employée, à proportion égale bien entendu, les briques seront d'autant plus résistantes que la chaux employée sera plus fine.

Pour démontrer ce que nous venons d'écrire, nous avons exécuté deux séries d'essais : la première série a été faite avec une chaux grasse tamisée au tamis de 4.900 mailles, la seconde série avec la même chaux non tamisée.

Tableau XIX. — Influence de la finesse (Planche 7).

Nature de la chaux	Poids de chaux en grammes	Poids de sable en grammes	Compression initiale en kg.	Pression de vapeur en kg.	Durée de la pression de vapeur en heures	Résistance à la compression en kgs, par cm ²				Moyennes
						110	112,5	110	115	
Chaux tamisée.	80	920	250	8	6	110	112,5	110	115	111,8
	100	900	id.	id.	id.	140	135	130	135	133
	120	880	id.	id.	id.	132,5	140	132,4	130	133,7
	80	920	500	id.	id.	142,5	140	140	150	143,1
	100	900	id.	id.	id.	162,5	167,5	150	175	163,7
	120	880	id.	id.	id.	172,5	175	180	170	174,3
	80	920	250	id.	id.	87,5	90	92,5	87,5	89,3
	100	900	id.	id.	id.	100	102,5	100	105	101,8
	120	880	id.	id.	id.	117,5	170	130	125	123,1
Chaux non tamis.	80	920	500	id.	id.	120	115	115	115	116,4
	100	900	id.	id.	id.	120	115	130	120	121,2
	120	880	id.	id.	id.	130	137,5	142,5	145	138,7

Les résultats donnés avec la chaux fine sont tous plus élevés.

Détermination de la chaux à employer. — Un des problèmes qui se pose pour l'industriel qui veut installer une usine à briques en silico-calcaire, c'est celui de la meilleure chaux à employer.

Quelques essais exécutés avec le sable et avec les différentes chaux placées dans un rayon abordable au point de vue du transport fixeront immédiatement l'intéressé.

C'est ainsi que supposant l'installation d'une usine dans un endroit donné, nous avons demandé des échantillons de chaux dans sept usines susceptibles d'en fournir.

Les échantillons reçus portaient les indications suivantes :

- A. — Chaux grasse broyée.
- B. — Chaux faiblement hydraulique broyée.
- C. — Chaux grasse en roches.
- D. — Chaux faiblement hydraulique blutée.
- E. — Chaux grasse en roches.
- F. — Chaux.
- G. — Chaux grasse.

Les différentes chaux soumises à l'analyse chimique ont montré la composition ci-après :

Tableau XIX bis

	A	B	D	E
Silice	3,07	6,73	4,96	0,78
Alumine	1,78	2,07	1,96	0,84
Sesquioxyde de fer	0,62	1,01	0,79	0,16
Chaux	68,53	68,34	65,74	69,50
Magnésie	1,16	1,54	1,42	0,42
Acide sulfurique	"	"	"	"
Perte au feu	24,84	20,18	25,25	28,52
Total	100,40	100,27	100,31	100,22

Les chaux hydrauliques étant expansives, on a attendu suffisamment long-temps pour que l'extinction fût complète. Toutefois, comme après quatre semaines la chaux F était encore notablement expansive, elle a été mise de côté.

On a confectionné avec chaque chaux quatre mélanges contenant respectivement 8, 10, 12 et 14 % de chaux. La compression initiale a été de 300 kgr. par cm², correspondant à celle donnée par une presse donnant un effort de 75 tonnes. La pression de vapeur a été de 8 kgr. et la durée de cette pression a été de 8 heures.

Le lendemain on a déterminé la résistance des cylindres obtenus (tableau XIX ter) :

Tableau XIX ter. — Influence de la chaux.

Désignation des chaux	Eau de gâchage 0/0	Poids de chaux en gr.	Poids de sable en gr.	Résistance à la compression en kgs par cm ²				Moyennes
				Désagrégation				
A Grasse	41	80	920					
	41	100	900	90	410	405	90	98,7
	43	120	880	427,5	430	432,5	425	428,7
	43	140	860	422,5	435	435	435	431,8
B Hydraulique	6	80	920	80	77,5	75	77,5	77,5
	6	100	900	85	82,5	85	80	83,1
	6	120	880	90	90	90	90	90
	6	140	860	120	142,5	140	140	143,4
C Grasse	41	80	920	455	450	447,5	447,5	450
	42	100	900	462,5	472,5	467,5	470	468
	43	120	880	465	480	475	477,5	474,3
	43	140	860	480	470	467,5	470	471,8
D Hydraulique	6	80	920	62,5	67,5	65	65	64,8
	6	100	900	85	82,5	82,5	82,5	83,4
	6	120	880	97,5	95	95	97,5	96,2
	6	140	860	110	142,5	140	140	140,6
E Grasse	41	80	920	422,5	430	460	425	434,3
	42	100	900	—	—	—	—	—
	43	120	880	462,5	460	467,5	462,5	463,4
	43	140	860	477,5	480	475	477,5	477,5
G Grasse	41	80	920	442,5	432,5	430	430	433,7
	42	100	900	437,5	447,5	435	440	440
	43	120	880	447,5	435	437,5	442,5	440,6
	43	140	860	422,5	442,5	442,5	445	438,4

En admettant que l'on puisse employer 10 % de chaux, il est facile par l'inspection du tableau contenant les résultats obtenus de déterminer la chaux ayant donné les résultats les plus élevés. A conditions égales de prix, la chaux C est évidemment celle à employer.

Influences diverses

Influence du malaxage. — Il arrive parfois qu'on constate soit à la surface des briques, soit dans l'intérieur, la présence de grumeaux blancs. Ces grumeaux de chaux proviennent d'un malaxage défectueux.

Un mauvais malaxage offre plusieurs inconvénients :

1^o En ne mettant pas la chaux en contact uniforme avec les grains de sable, la silicatisation ne peut se produire ni les grains se souder entre eux. Il est évident que si, comme nous l'avons constaté plusieurs fois, on peut dans un mélange prêt à être pressé retirer sous forme de grumeaux, 30 % et même 50 % de la chaux ajoutée, le mélange contient non plus 10 % de chaux, mais seulement dans le second cas 5 %, ce qui est tout différent au point de vue de la qualité des produits à obtenir. Il tombe sous le sens qu'un mélange contenant une proportion aussi faible de chaux que celle ajoutée normalement (10 %) ne peut donner de bons résultat à la cuisson que si le malaxage est absolument parfait. L'exemple que nous venons de citer permet de dire, que si certaines usines travaillant dans des conditions aussi déplorables ont dû cesser leur fabrication, la faute n'en revient pas au procédé.

2^o D'autre part, si la chaux employée n'est pas parfaitement éteinte, l'influence des grains expansifs pourra être nulle si ces grains sont répandus dans toute la masse, alors qu'au contraire, si la chaux se présente sous forme de grumeaux, les grains expansifs joueront le rôle d'agents de désagrégation.

Un mauvais malaxage donne un produit creux, poreux, gélif et de résistance inférieure.

Pour démontrer l'influence du malaxage sur la résistance, nous avons exécuté deux séries d'essais : la première série a été malaxée convenablement à la truelle comme nous l'avons fait pour tous les essais, tandis que la seconde série a été malaxée plus sommairement. Les résultats obtenus sont condensés dans le tableau ci-après :

Tableau XX. - Influence du malaxage (Planche 7)

Nature du mélange	Poids de chaux en grammes	Poids de sable en grammes	Compression initiale en kg.	Pression de vapeur en kg.	Durée de la pression de vapeur en heures	Résistance à la compression en kgs par cm ²				Moyennes
						410	412,5	410	415	
Malaxage	80	920	250	8	6	410	412,5	410	415	411,8
	100	900	id.	id.	id.	440	435	430	435	435
	120	880	id.	id.	id.	432,5	440	432,5	430	433,7
normal	80	920	500	id.	id.	442,5	440	440	450	443,4
	100	900	id.	id.	id.	462,5	467,5	450	475	463,7
	120	880	id.	id.	id.	472,5	475	480	470	474,3
Malaxage	80	920	250	id.	id.	85	400	87,5	85	79,3
	100	900	id.	id.	id.	402,5	90	400	100	98,1
	120	880	id.	id.	id.	87,5	100	97,5	105	98,7
défectueux	80	920	500	id.	id.	442,5	135	417,5	102,5	416,8
	100	900	id.	id.	id.	490	147,4	100	110	124,3
	120	880	id.	id.	id.	415	150	150	152,5	141,8

Ces essais mettent nettement en valeur l'influence d'un bon malaxage, qui en pratique ne doit jamais être négligé.

Influence de la proportion d'eau. — On s'est souvent demandé s'il y avait intérêt à travailler un mélange sec ou un mélange plastique.

Il était intéressant de déterminer les meilleures conditions à apporter dans l'opération du mouillage.

Pour cette détermination nous avons exécuté plusieurs séries d'essais en faisant varier les sables employés, la proportion de chaux, la compression initiale et celle de la vapeur. Par contre pour tous les essais la chaux employée a été la chaux grasse.

Tous les essais sont résumés dans le tableau XXI :

Tableau XXI. — Influence du mouillage et de la forme des grains de sable
(Planche 6)

Nature du sable	Poids de chaux en grammes	Poids de sable en grammes	Compression initiale en kg.	Pression de vapeur en grammes	Durée de la pression de vapeur en heures	Eau 0/0 du mélange sec	Résistance à la compression en kgs par cm ²				Moyennes
							300	300	295	301, 2	
Fontainebleau . .	200	800	750	40	6	5	310	300	300	295	301, 2
—	id.	id.	id.	id.	id.	7	275	305	327, 5	300	301, 9
—	id.	id.	id.	id.	id.	9	255	260	260	270	261, 2
—	id.	id.	id.	id.	id.	11	275	262, 5	250	230	253, 4
—	id.	id.	id.	id.	id.	13	255	247, 5	265	255	255, 6
—	id.	id.	id.	id.	id.	15	250	240	255	240	246, 2
Leucate broyé et tamisé au tamis de 324 mailles.	id.	id.	id.	id.	id.	5	525	506, 2	521, 8	559, 3	528, 1
—	id.	id.	id.	id.	id.	7	553, 5	584, 3	559, 3	563, 5	563, 4
—	id.	id.	id.	id.	id.	9	553, 5	558, 5	496, 8	496, 8	526, 4
—	id.	id.	id.	id.	id.	11	521, 5	537, 5	506, 2	512, 5	519, 5
—	id.	id.	id.	id.	id.	13	475	475	537, 5	541, 7	507, 3
—	id.	id.	id.	id.	id.	15	475	484, 3	503	475	484, 3
Graviers broyés et tamisés au tamis de 324 mailles.	id.	id.	id.	id.	id.	5	635	605	770	747, 5	689, 4
—	id.	id.	id.	id.	id.	7	690	685	735	725	708, 7
—	id.	id.	id.	id.	id.	9	730	745	762, 5	665	723, 6
—	id.	id.	id.	id.	id.	11	695	745	800	670	727, 5
—	id.	id.	id.	id.	id.	13	745	612, 5	750	775	720, 6
—	id.	id.	id.	id.	id.	15	670	655	670	715	677, 5
Fontainebleau . .	80	920	250	8	8	5	427, 5	432, 5	435	430	434, 2
—	id.	id.	id.	id.	id.	7	445	457, 5	460	465	456, 12
—	(b')	id.	id.	id.	id.	9	Tous les cylindres ont gonflé				»
—	(c')	id.	id.	id.	id.	13	id.	id.	id.	id.	»
—	420	880	id.	id.	id.	5	437, 5	450	440	437, 5	441, 2
—	(a)	id.	id.	id.	id.	7	457, 5	450	2 cylind. ont gonflé	453, 6	453, 6
—	(b)	id.	id.	id.	id.	9	Tous les cylindres ont gonflé				»
—	(c)	id.	id.	id.	id.	13	id.	id.	id.	id.	»

Ces essais montrent qu'avec les faibles proportions de chaux employées industriellement, la proportion d'eau à ajouter au mélange est très limitée, puisque déjà avec une augmentation de 20/o, deux cylindres sur quatre se sont désagrégés dans l'autoclave (essai a). Cette augmentation est en effet très limitée, comme les essais b, c et b', c' permettent de conclure. Cette constatation est intéressante et permet d'expliquer bien des mécomptes industriels.

La désagrégation pendant la cuisson se produit fréquemment en pratique, et en hiver principalement, lorsque le sable est trop mouillé. Dans les essais exécutés avec 20/o de chaux on voit que la proportion d'eau peut être variable sans causer aucun préjudice à la masse, et sans apporter des différences sensibles dans les résultats obtenus ; mais des mélanges contenant 20/o de chaux ne peuvent être employés pour la fabrication des briques par suite du prix de revient qui serait trop élevé.

Il n'est pas inutile de faire remarquer que les éprouvettes confectionnées avec

du sable broyé à grains anguleux, ont donné des résistances très nettement supérieures à celles données par le sable de Fontainebleau à grains ronds, ce qui tiendrait à prouver une fois de plus que les lois qui régissent les mortiers hydrauliques plastiques peuvent en grande partie s'appliquer au mortier très sec, base de la fabrication des briques en silico-calcaire.

Influence de la dessiccation avant cuiss. — Il arrive souvent, soit par suite d'une installation mécanique défectueuse soit par suite de toutes autres dispositions, que les wagons contenant les briques pressées stationnent toute une journée ou toute une nuit devant les autoclaves avant d'être enfournées. Nous avons voulu par les expériences qui suivent voir si la dessiccation avait une influence sur la résistance des briques après cuisson.

Il importait aussi de vérifier si les briques placées dans le fond des grands autoclaves de 15 à 20 mètres de longueur exigeant toute une journée avant d'être remplis, possédaient la même résistance que les briques enfournées en dernier lieu dans le même autoclave.

Pour élucider cette question, nous avons fabriqué 3 séries d'éprouvettes en mortier de chaux grasse et 3 autres séries en mortier de chaux hydraulique. Ces éprouvettes ont été placées aussitôt leur fabrication :

La première série dans une conserve en verre hermétiquement close pendant les premières 24 heures. Les 24 heures écoulées le couvercle était légèrement soulevé, pour que ces éprouvettes devant séjournier dans le même cristallisoir 48 heures et une semaine subissent une très faible dessiccation. Il n'y avait donc aucune dessiccation pendant les 24 premières heures.

La deuxième série a été conservée dans l'air du laboratoire.

La troisième série a été placée dans une étuve dont la température était maintenue à 40-50°.

Puis, chacune de ces séries a été fractionnée en trois lots. Le premier lot a été cuit après 24 heures, le second après 48 heures, et le troisième lot après une semaine d'exposition dans les trois milieux indiqués.

Si on considère les résultats formant le tableau XXII ci-après, et les graphiques construits avec les résultats obtenus, on voit qu'en ce qui concerne les éprouvettes à base de chaux grasse, les résistances montrent une chute après 48 heures de conservation dans un cristallisoir, dont 24 n'ayant donné lieu à aucune dessiccation. En effet, la résistance des éprouvettes n'ayant subi aucune dessiccation qui était de 129 après 24 heures, s'est abaissée à 106. Cette chute s'accentue légèrement à 1 semaine, où l'on ne constate plus que 101 k. 6 au lieu de 106.

Les éprouvettes ayant séjourné 24 heures dans l'air du laboratoire ont donné des résultats identiques à celles placées dans le cristallisoir, à l'abri de toute évaporation.

Il est également intéressant de constater qu'après une semaine, les éprouvettes confectionnées avec la chaux hydraulique montrent une chute considérable dans leur résistance, ce qui s'explique parfaitement par l'hydratation partielle des produits actifs de la chaux.

Tableau XXII. — Influence de la dessiccation (Planche 7).

Poids de chaux en gram.	Poids de sable en gram.	Nature de la chaux	Milieu du séjour	Température du milieu	Durée de séjour dans milieu	Pression de vapeur en kgr.	Durée de la pression de vapeur en heures	Pression de l'humidité à compression	Résistance à la compression en kgs par cm ²	Moyennes
100	900	Grasse. id. id.	Cristallisoir Laboratoire Etuve . . .	45 ^o 45 ^o 40—50	24 heures id. id.	8 id. id.	6 id. id.	420 132,5 110	427,5 130 110	429,3 134,8 108,7
id.	id.	id. id. id.	Cristallisoir Laboratoire Etuve . . .	45 ^o 45 ^o 40—50	48 heures id. id.	id. id. id.	95 107,5 100	95 102,5 105	445 442,5 405	406,2 440,6 104,3
id.	id.	id. id. id.	Cristallisoir Laboratoire Etuve . . .	45 ^o 45 ^o 40—50	1 semaine id. id.	id. id. id.	105 87,5 95	98 90 90	402 82,5 85	404,6 91,2 90
id.	id.	id. id. id.	Cristallisoir Laboratoire Etuve . . .	45 ^o 45 ^o 40—50	24 heures id. id.	id. id. id.	75 75 65	70 70 57,5	75 70 60	73,7 74,2 60,6
id.	id.	id. id. id.	Cristallisoir Laboratoire Etuve . . .	45 ^o 45 ^o 40—50	48 heures id. id.	id. id. id.	75 80 72,5	70 77,5 60	72,5 75 65	71,8 65,8 n
id.	id.	id. id. id.	Cristallisoir Laboratoire Etuve . . .	45 ^o 45 ^o 40—50	1 semaine id. id.	id. id. id.	35 35 45	32,5 32,5 47,5	42,5 32,5 47,5	38,4 34,3 47,5

Ce qui ressort d'abord de ce tableau, c'est que dans tous les essais les chaux grasses ont donné des résistances plus élevées que celles données par les chaux hydrauliques. On peut dire aussi qu'il n'y a aucun inconvénient au point de la résistance à laisser les wagonnets pleins de briques quelques heures à l'air avant de les enfourner comme cela a lieu en pratique, puisque même après 24 heures la résistance ne varie pas (131 k. 8 contre 129 k. 5).

Les essais à 40-50° montrent qu'il faut se garder de placer les wagonnets pleins de briques dans les autoclaves encore chauds, si l'opération de durcissement ne commence pas immédiatement. Après 24 heures de séjour dans une atmosphère à 40-50° on a obtenu une chute notable, 108 k. 7 au lieu de 129 k. 3 ; mais ce n'est peut-être pas tant en pratique la chute de résistance à la compression qu'est le plus à craindre. Il faut en effet considérer que si on place les wagonnets pendant plusieurs heures dans les autoclaves chauds à une température qui peut être supérieure à 50°, les angles et les arêtes des briques du dessus des wagonnets sécheront rapidement, ce qui amènera un arrondissement des angles et l'effritement des arêtes.

Il faut donc, si l'autoclave est encore chaud, enfourner tous les wagonnets en une seule fois et le fermer immédiatement.

L'influence de la dessiccation est plus à craindre si les briques sont fabriquées avec de la chaux hydraulique comme le montre la seconde partie du tableau.

Avec la chaux hydraulique, les éprouvettes conservées dans le cristallisoir ont montré après 1 semaine une chute notable dans leur résistance 38 k. 1 contre 73 k. 7. Après 48 heures, la résistance est restée la même 71 k. 8 contre 73 k. 7.

La seule chute de résistance après 24 et 48 heures a été constatée sur les éprouvettes placées dans l'étuve à 40-50°.

On peut conclure de ces essais qu'on peut sans crainte pour la qualité des produits les laisser à l'air, quelques heures avant de les placer dans l'autoclave puisque même après 24 heures de séjour dans l'air, à l'abri des courants d'air, il est vrai, les résistances ne sont pas influencées.

Influence de la compression initiale. — Industriellement, pour confectionner les briques, on soumet le mélange parfaitement malaxé à une pression énergique dans des presses de systèmes différents.

Pour déterminer exactement la part due à l'influence de cette compression, et voir s'il y a une différence appréciable entre les produits fabriqués avec une presse de faible puissance et ceux produits avec une presse donnant une compression élevée, nous avons établi un grand nombre d'expériences résumées dans le tableau XXIV.

Dans ces expériences, toutes les séries ont été soumises à des pressions différentes de 250, 500, 750 et 1000 kg. par cmq., ce qui correspond en pratique, pour une brique de format français 22 cm. \times 11 à des presses donnant un effort réel sur la brique de 60.500 k., 121.000 k., 181.500 k. et 242.000 k.

Tableau XXIV. — Influence de la compression initiale, de la pression (1) de vapeur et de la durée de cette pression sur la résistance (Planche 3).

Numéros d'ordre	Compression initiale du mélange en kg. par cm ²	Pression de vapeur en kgr.	Durée de la pression de vapeur en heures	Résistance à la compression des éprouvettes après cuissage en kgs par cm ²	Moyennes
516	250	4	4	52,5	45
517	500	4	4	70	65
518	750	4	4	72,5	80
519	1.000	4	4	92,5	92,5
520	250	4	6	92,5	95
521	500	4	6	112,5	115
522	750	4	6	130	165
523	1.000	4	6	170	152,5
524	250	4	8	110	115
525	500	4	8	142,5	130
526	750	4	8	140	170
527	1.000	4	8	192,5	177,5
528	250	4	10	112,5	102,5
529	500	4	10	132,5	135
530	750	4	10	172,5	152,5
531	1.000	4	10	215	200
532	250	6	4	67,5	67,5
533	500	6	4	95	95
534	750	6	4	110	110
535	1.000	6	4	135	137,5
536	250	6	6	155	152,5
537	500	6	6	190	192,5
538	750	6	6	210	225
539	1.000	6	6	250	240
540	250	6	8	170	180
541	500	6	8	187,5	202,5
542	750	6	8	235	210
543	1.000	6	8	255	247,5
544	250	6	10	180	180
545	500	6	10	215	210
546	750	6	10	250	247,5
547	1.000	6	10	270	277,5
548	250	8	4	192,5	165
549	500	8	4	212,5	212,5
550	750	8	4	232,5	235
551	1.000	8	4	277,5	265
552	250	8	6	207,5	202,5
553	500	8	6	252,5	252,5
554	750	8	6	287,5	295
555	1.000	8	6	280	312,5
556	250	8	8	225	235
557	500	8	8	265	262,5
558	750	8	8	275	270
559	1.000	8	8	297,5	295
560	250	8	10	230	275
561	500	8	10	317,5	317,5
562	750	8	10	350	330,5
563	1.000	8	10	367,5	362,5
564	250	10	4	232,5	240
565	500	10	4	287,5	262,5
566	750	10	4	292,5	275
567	1.000	10	4	315	292,5
568	250	10	6	”	245
569	500	10	6	302,5	330
570	750	10	6	355	347,5
571	1.000	10	6	362,5	395
572	250	10	8	305	295
573	500	10	8	307,5	275
574	750	10	8	342,5	362,5
575	1.000	10	8	405	380
576	250	10	10	280,5	327,5
577	500	10	10	298,5	330
578	750	10	10	361	399
579	1.000	10	10	438	380,5

(1) (Voir « Nota » page 43).

42

Sans nous arrêter à ce qui concerne la construction de la presse, question d'ordre industriel, il est de toute évidence que pour permettre aux réactions chimiques de se produire, et donner le maximum de cohésion, les particules d'un aggloméré gâché sec doivent être aussi rapprochées que possible. Ce qui prouve bien ce que nous disons, c'est que comme nous l'avons montré (page 15) la proportion de silice soluble c'est-à-dire de silicate de chaux formé, est également d'autant plus élevée que le rapprochement des particules de chaux et de sable a été plus énergique. Il était donc intéressant de faire les essais condensés dans le tableau XXIV.

Les résistances constatées montrent qu'elles sont fonction de la compression initiale. Il suffit de jeter un coup d'œil sur le graphique pour constater combien cette loi est nette.

A résistance finale égale, on peut donc avec une presse de puissance élevée, diminuer soit la pression de vapeur, soit la durée de cette pression, soit même en se reportant aux essais des tableaux X et XIII la proportion de chaux du mélange.

Si nous consultons le tableau XXV dans lequel nous avons groupé tous les résultats suivant la pression initiale, nous voyons que les résultats moyens sont respectivement de :

179 k. 6	pour une compression initiale de	250 k.
209 k. 9	»	500
239 k. 9	»	750
266 k. 8	»	1000

ou en représentant par 100 le résultat moyen donné par la pression la plus faible :

100 k.	»	250 k.
116 k. 8	»	500
133 k. 5	»	750
148 k. 6	»	1000

Soit une augmentation de résistance de près de 50 % donnée par la compression initiale la plus élevée :

NOTA. — Il est évident que quelques-uns des résultats du tableau XXIV sont anormaux, comme il est facile de s'en rendre compte par l'examen des graphiques construits d'après les résultats obtenus. Ces différences entre les résultats *vrais* et ceux observés, proviennent des expériences elles-mêmes très délicates à réaliser, quand des facteurs aussi nombreux interviennent dans leur réalisation.

Comme ces résultats n'influent en rien sur les lois générales déduites de ces expériences, nous avons pensé qu'il était tout à fait inutile de recommencer ces quelques essais.

Le tableau XXIV ayant absorbé le tableau XIII, ce dernier a été supprimé.

Tableau XXV. — Influence de la compression initiale du mélange sur la résistance finale

Compression initiale du mélange en kgr. par cm ²			
250	500	750	1000
Résistance à la compression en kgs par cm ²			
46	68,7	73	94,5
93,7	113	172,5	195
»	138,7	152	183
105	140,6	157,5	208,7
112,5	80	109,4	133
67,8	188	217	242
150	190	222	244
172,5	212	251	268,7
177	214	239	269
170,6	250	282	306
205	266	275	295
235	320	332	358
260	256	269	298
233	317	356	378
244	282	355	389
298	322	375	409
304	»	»	»
179,6	209,9	239,9	266,8
100	116,8	133,5	148,6

Cette influence de la compression initiale saute aux yeux.

M. Cramer bien connu par ses nombreux et intéressants travaux, ayant fait observer à l'un de nous qu'il serait intéressant de faire les mêmes essais en partant d'une compression initiale plus basse, nous avons répété une partie de ces essais.

Dans cette seconde série d'essais nous nous sommes bornés à déterminer l'influence d'une compression initiale de 50, 100, 150 et 200 k. par cm², et à cuire les éprouvettes obtenues, à une pression de 8 k. pendant 8 heures (tableau XXVI).

Si nous représentons la résistance la plus basse par 100, nous avons :

Avec une compression initiale de 50 k. on a 100 k.,

»	100	»	115 k. 9
»	250	»	135 k. 6
»	200	»	150 k. 6

Tableau XXVI

Compression initiale du mélange par cm ²	Pression de vapeur en kilog.	Durée de la pression de vapeur en heures	Résistance en kg. par cm ² à la compression des éprouvettes après cuisson					Moyennes	
			125	—	107,5	—	128,5	—	
50 kg.	8	8	125	—	107,5	—	128,5	—	114,4
100	id.	id.	128,5	—	113,5	—	151,5	—	132,7
150	id.	id.	168	—	147	—	149,5	—	155,2
200	id.	id.	169	—	159	—	179	—	172,3

On voit par ces résultats, que la loi est toujours aussi nette, et que la résistance finale du produit cuit est bien fonction de la compression donnée au produit cru.

Comme conclusion de cette série d'essais qui n'a pas exigé la confection de moins de 256 éprouvettes, on peut dire qu'il y a intérêt à se servir d'une presse donnant une résistance aussi élevée que possible. Le prix d'établissement de la presse sera plus considérable que celui d'une presse à faible pression, l'usure du matériel et surtout celle des contre-plaques par suite du frottement du sable contre les parois d'acier du moule seront certainement plus notables, mais les produits fabriqués donneront une résistance élevée et seront ingélifs par suite de leur compacité, ce qui est de toute importance.

Il est évident que si par suite du défaut de pression, ce qui a lieu dans la grande majorité des usines quelles que soient les presses employées, on obtient des briques peu denses et poreuses, la gelée aura beau jeu pour les désagréger. Il est très facile de remédier à ce défaut en employant une compression initiale aussi élevée que possible, tout en restant industriellement employable. C'est à ce prix qu'on fabriquera des matériaux présentables car il ne faut pas oublier comme nous l'avons dit au début de cette étude que la situation en France n'est pas identique à celle qui se présente en Allemagne ; ici au contraire les beaux matériaux sont à la portée de tous. Aussi pour que la brique silico-calcaire réussisse dans notre pays, il faut qu'elle se présente sous l'aspect d'un produit irréprochable, résistant, compact et ingélif, conditions qui ne peuvent être obtenues qu'avec des presses à haute puissance.

Influence de la pression de vapeur. — La pression de vapeur augmentant l'énergie des réactions chimiques on pouvait prévoir une augmentation de résistance parallèlement à une augmentation de pression. C'est en effet ce qui se dégage des essais du tableau XXIV et des graphiques construits avec ces résultats.

Nous avons classé comme pour les essais précédents dans un tableau spécial (tableau XXVII) tous les résultats en les groupant suivant la pression de vapeur reçue.

On voit que toutes choses égales on obtient :

128 k. 5	pour une pression de vapeur de	4 k.
182 k. 7	"	6 k.
267 k. 2	"	8 k.
317 k. 8	"	10 k.

Ou en représentant par 100 la résistance la moins élevée.

100 k.	pour une pression de vapeur de	4 k.
142 k.	"	6 k.
207 k.	"	8 h.
255 k.	"	10 k.

Ces résultats montrent nettement l'influence de la pression de vapeur.

Influence de la durée de la pression de vapeur. — Les essais du tableau XXIV mettent aussi en évidence, qu'à pression de vapeur égale, les résistances seront d'autant plus élevées que la durée de cette pression sera plus grande.

Cette loi est mise plus nettement en évidence par le tableau XXVIII dans lequel nous avons classé tous les résultats suivant le temps de pression de vapeur.

On voit d'après ce tableau qu'on a obtenu une résistance de :

163,9	avec une durée de pression de vapeur de	4 heures
231,8	"	6 "
237,5	"	8 "
263,0	"	10 "

Ou représentant par 100 la résistance des produits après 4 heures :

100	après	4 heures
141	"	6 "
144	"	8 "
160	"	10 "

Nous avons obtenu :

Tableau XXVII. — Influence de la pression de vapeur sur la résistance finale

Pression de vapeur en kgr.			
4	6	8	10
Résistance à la compression en kg. par cm ²			
46	67,8	170,6	233
68,7	80	214	256
75	109,4	239	269
94,5	133	269	298
93,7	150	205	244
113	188	250	317
172,5	217	282	356
195	242	306	378
105	172,5	235	298
138,7	190	266	282
152	222	275	355
183	244	295	389
112,5	177	260	304
140,6	212	320	322
157,5	251	332	375
208,7	268,7	358	409
128,5	182,7	267,2	317,8
100	142	207	255

Tableau XXVIII. — Influence de la durée de la pression de vapeur sur la résistance finale

Durée de la pression de vapeur en heures			
4	6	8	10
Résistance à la compression en kg. par cm ²			
46	93,7	105	112,5
68,7	113	138,8	140,6
75	172,5	152	157,5
94,5	195	183	208,7
67,8	150	172,7	177
80	188	190	212
109,4	217	222	251
133	242	244	268,7
170,6	205	235	260
214	250	266	320
239	282	275	332
269	306	295	358
233	244	298	304
256	317	282	322
269	356	355	375
298	378	389	409
163,9	234,8	237,5	263,0
100	144	144	160

Il serait certainement intéressant de déterminer ce qui au point de vue industriel est le moins onéreux : cuire peu de temps à haute pression, longtemps à basse pression, ou comprimer fortement le mélange initial. Le problème est fort complexe, car pour arriver à un résultat pratique, il serait nécessaire de faire intervenir les frais d'établissement et d'amortissement des appareils.

Influence d'une addition de verre. — On a vu que l'augmentation de finesse de la silice employée (sable fin), augmentait la résistance du silico-calcaire (tableau VIII) par suite de la plus grande facilité de combinaison entre la silice et la chaux (tableau I).

Il est donc facile d'augmenter la résistance des produits en silico-calcaire, si on facilite la formation des réactions entre la chaux et la silice par l'introduction soit de silice extrêmement fine, par conséquent facilement attaquable, soit de silicates facilement décomposables.

Si au mélange de sable et de chaux on ajoute du silicate de soude soluble, on forme presque immédiatement du silicate de chaux solide, par suite de la vitesse de la réaction bien connue entre la chaux et le silicate alcalin.

Aussi cette addition est-elle d'un emploi impossible industriellement par suite des difficultés de malaxage.

On peut remédier à cet inconvénient en introduisant non plus du silicate de soude ou de potasse mais, comme l'un de nous, M. Ch. de la Roche avait eu l'occasion de l'expérimenter quelques années auparavant, du verre broyé finement.

Comme on le sait, l'action de la vapeur d'eau sous pression produit une transformation profonde dans la nature du verre.

Si on soumet à la vapeur d'eau un mélange comprimé de chaux et de verre broyé, ce mélange acquiert une dureté telle qu'il peut rayer le verre lui-même, produisant un aggloméré d'une pâte superbe, et d'une résistance extrêmement élevée.

De plus, et pour en finir avec les agglomérés au verre, il est possible par ce moyen d'agglomérer des débris de pierre calcaire et produire des pierres faciles imitant les plus belles pierres naturelles, tendres ou dures.

Les essais ci-après mettent en évidence la résistance des mélanges de verre et de chaux (tableau XXIX), ou de verre, chaux et sable (tableau XXX) (silico-calcaire additionné de verre). On voit qu'il suffit d'une proportion relativement peu élevée de verre pour augmenter très sensiblement la résistance du produit.

Si nous prenons le mélange correspondant à verre 800 et chaux 200 qui a donné la résistance la plus élevée, (642 k. 5) à la pression initiale de 750 kg. et que nous en formions un mélange à progression croissante on obtient des mortiers dont le mélange initial (verre 800 et chaux 200) joue le rôle de liant.

Tableau XXIX. — Influence d'une addition de verre pulvérisé sur des mélanges de chaux et de sable (Planche 6).

Poids du mélange en gram. (1)	Poids du sable en gram.	Compression initiale en kgr.	Pression de vapeur en kg.	Durée de la pression de vapeur en heures	Résistance à la compression en kgs par cm ²			Moyennes
					50	55	57,5	
100	900	750	10	6	50	55	57,5	54,2
200	800	id.	id.	id.	150	157,5	147,5	151,7
300	700	i.l.	id.	id.	235	255	265	258,3
400	600	id.	id.	id.	310	327,5	395	344,2
500	500	id.	id.	id.	442,5	457,5	495	465,0
800	400	id.	id.	id.	502,5	517,5	520	513,3
700	300	id.	id.	id.	565	575	605	581,7
800	200	id.	id.	id.	612,5	612,5	625	616,7
900	100	id.	id.	id.	620	645	645	636,7

(1) Mélange composé de verre 800, chaux 200.

Tableau XXX. — Influence de la chaux sur le verre pulvérisé (Planche 6).

Poids de chaux grasse en grammes	Poids de verre en grammes	Poids de sable en grammes	Compression initiale en kgs	Pression de vapeur en kgs	Durée de la pression de vapeur en heures	Résistance à la compression en kgs par cm ²			Moyennes
						1	2	3	
100	900	»	500	40	6	560	567,5	»	563,7
200	800	»	id.	id.	617,5	605	»	»	611,2
300	700	»	id.	id.	592,5	572,5	»	»	582,5
400	600	»	id.	id.	567,5	550	»	»	558,7
500	500	»	id.	id.	535	547,5	»	»	541,2
600	400	»	id.	id.	482,5	422,5	»	»	452,5
700	300	»	id.	id.	447,5	417,5	»	»	432,5
800	200	»	id.	id.	330	352,5	»	»	341,2
900	100	»	id.	id.	235	220	»	»	237,5
100	900	»	750	40	6	585	560	517,5	582,5
200	800	»	id.	id.	640	650	637,5	»	642,5
300	700	»	id.	id.	460	590	610	»	553,3
400	600	»	id.	id.	540	595	575	»	570
500	500	»	id.	id.	552,5	565	552,5	»	556,6
600	400	»	id.	id.	475	467,5	500	»	480,8
700	300	»	id.	id.	385	380	407,5	»	390,8
800	200	»	id.	id.	352,5	382,5	412,5	»	382,5
900	100	»	id.	id.	282,5	287,5	270	»	280
100	900	»	1000	40	6	735	645	735	605
200	800	»	id.	id.	635	675	645	620	643,7
300	700	»	id.	id.	635	650	645	»	643,3
400	600	»	id.	id.	625	610	615	»	616,7
500	500	»	id.	id.	500	680	665	»	615
600	400	»	id.	id.	540	585	555	519	549,7
100	100	900	250	40	6	240	255	240	246
200	id.	800	id.	id.	445	»	»	»	445
300	id.	700	id.	id.	600	606	612	»	606
400	id.	600	id.	id.	600	585	586	586	589,2
500	id.	500	id.	id.	552	510	480	570	528
600	id.	400	id.	id.	420	420	399	435	418,5
100	150	900	250	40	6	279	276	270	236
200	id.	800	id.	id.	474	483	474	498	482,2
300	id.	700	id.	id.	595	635	630	600	615
400	id.	600	id.	id.	624	624	687	645	645
500	id.	500	id.	id.	675	726	720	680	700,2
600	id.	400	id.	id.	550	525	546	555	544

Influence d'une addition de pouzzolane. — Nous pensions qu'une addition relativement faible de pouzzolane augmenterait notablement la résistance des silico-calcaires par suite de la présence de silice libre. Les essais que nous avons exécutés avec de la gaize préalablement torréfiée à 600-700° ont montré qu'il fallait une quantité relativement élevée de ce produit pour produire une amélioration appréciable (tableau XXXI).

Tableau XXXI. — Influence d'une addition de Gaize (Planche 1).

Poids de chaux en gr.	Poids de sable en gr.	Poids de gaize en gr.	Compression initiale en kg.	Pression de vapeur en kg.	Durée de la pression de vapeur en heures	Résistance à la compression en kgs par cm ²				Moyennes
						220	227,5	230	238	
200	800	0	500	10	6	195	250	195	220	215
id.	700	100	id.	id.	id.	227,5	397,5	287,5	240	288,1
id.	600	200	id.	id.	id.	245	250	375	238	276,2
id.	500	300	id.	id.	id.	300	300	295	287,5	295,6
id.	400	400	id.	id.	id.	345	360	377,5	310	348,1
id.	300	300	id.	id.	id.	350	300	335	322,5	326,9
id.	200	600	id.	id.	id.	335	232,5	212,5	290	267,5
id.	400	700	id.	id.	id.	260	287,5	257,5	265	267,5
id.	0	800	id.	id.	id.	225	200	200	220	211,2

Action de l'eau de mer. — Il était intéressant de vérifier la façon dont les produits en silico-calcaire considérés comme des silicates acides se comportaient sous l'influence d'une solution de sulfate de magnésie.

Ces essais sont d'autant plus intéressants que les ciments sont décomposés à la mer soit par suite de leur teneur plus ou moins élevée en alumine, soit par suite de la décomposition du silicate basique de chaux.

Le silico-calcaire ne contenant pas trace d'alumine en combinaison calcique, on n'a pas à redouter la formation de sulfo-aluminate de chaux considéré comme étant la cause principale de la désagrégation des ciments à la mer.

Le silicate de chaux formé dans le silico-calcaire étant un silicate acide il se décompose moins facilement que le silicate basique composant la majeure partie des ciments. On se trouve donc en présence d'un produit qui au contact du sulfate de magnésie de l'eau de mer restera beaucoup plus stable que le mortier de ciment.

Il restait à vérifier expérimentalement la valeur de cette théorie.

De nombreux blocs à arêtes vives taillés dans des éprouvettes cylindriques de silico-calcaire, immersés depuis maintenant près de trois années dans une solution de sulfate de magnésie à 6 gr. par litre ne montrent aucune trace de décomposition.

M. Féret a lui aussi constaté que des briques en silico-calcaire immergées dans l'eau de mer depuis cinq années étaient encore intactes.

Si ces expériences continuées plus en grand démontrent la bonne tenue à la mer de ce produit, il y aurait de ce fait un vaste champ ouvert à l'exploitation du silico-calcaire soit comme dalles, briques, ou même comme gros blocs d'enrochement puisque, comme on le verra plus loin, on fabrique actuellement des blocs en silico-calcaire pesant 15 tonnes.

Influence du temps après cuisson sur la résistance. — On lit couramment dans les notices commerciales traitant de la question du silico-calcaire, que ces produits durcissent avec le temps comme le mortier de chaux ou de ciment.

Pour vérifier cette assertion nous avons exécuté une série d'essais dont les résultats sont condensés dans le tableau XXXII.

Les éprouvettes essayées ont été fabriquées comme il est indiqué ci-après :

Chaux grasse	100 gr.
Sable	900 gr.
Compression initiale	250 kg.
Pression de vapeur	8 kg.
Durée de la pression de vapeur	6 kg.
Milieu de conservation après cuisson : air saturé d'humidité.	

Tableau XXXII. — Influence du temps.

Essais ayant eu lieu	Résistance à la compression en kgs par cm ²				Moyennes
	117,5	120	122,5	122,5	
Immédiatement .	110	105	110	120	111,2
Après 1 semaine	127,5	130	122,5	122,5	125,6
4 —	122,5	120	125	130	124,3
12 —	105	122,5	110	107,5	111,2
19 —	102,5	102,5	122,5	125	113,1
26 —					

Les résultats obtenus montrent que même après 6 mois, les résistances n'ont pas changé. Toutefois, comme cette conclusion va à l'encontre de ce qui est admis, il y aurait lieu d'exécuter de nouveaux essais en faisant varier le milieu de conservation et la chaux employée.

Influence de la gelée. — Une des propriétés des matériaux de construction est de résister à la gelée. Si un produit gélif présente aux efforts de compression une résistance normale, son emploi sera forcément restreint. Les essais méthodiques manquant sur la gélivité des briques silico-calcaires, nous nous sommes efforcés d'éclairer cette question, et de déterminer si le choix de la chaux, sa proportion, et la compression initiale du mélange, n'avaient pas une influence plus ou moins prépondérante sur la gélivité (tableaux XI bis, XIV bis et XV bis).

De ce que certaines briques en silico-calcaire ont donné aux essais de gélivité, des résultats peu favorables, il serait injuste de conclure du particulier au général, et de croire que toutes les briques en silico-calcaires sont gélives. Il en est de cette fabrication comme de celles des briques d'argile qui mal conduite donne aussi des produits gélifs.

Ces essais ont eu lieu sur des cylindres identiques à ceux ayant servi à déterminer la résistance à la compression. Après avoir été immergées 48 heures, les éprouvettes ont été soumises pendant 4 heures à une température de -15° à -18° , dégélées 4 heures dans de l'eau à $+15^{\circ}$, puis placées ensuite dans des conserves en verre soigneusement closes, pour éviter l'évaporation de l'eau d'imbibition. Ces opérations ont été renouvelées vingt-cinq fois consécutivement.

Il y a lieu de remarquer que l'arête supérieure du cylindre, c'est-à-dire celle de la face placée en haut du moule pendant l'opération de compression de l'éprouvette, se désagrège plus facilement que celle de la partie inférieure ce qui provient évidemment de l'inégale répartition de la compression dans la masse.

Il y aurait de ce fait un enseignement pratique à tirer de cette remarque concernant la compression industrielle des briques ; peut-être serait-il utile d'opérer la compression suivant les deux faces de la brique. C'est du reste une des caractéristiques de certaines presses qui compriment suivant les deux grands côtés latéraux.

Si dans les essais de gélivité nous considérons les résultats obtenus, on voit que la chaux grasse donne de meilleurs résultats que la chaux hydraulique, suivant en cela la loi générale observée à propos de la résistance à la compression.

L'influence de la proportion de chaux est aussi très nette. Une proportion trop faible de chaux est nuisible, notamment en ce qui concerne les essais exécutés avec les chaux hydrauliques.

Quant à l'influence de la pression initiale, elle est accusée de la manière la plus nette par les essais ayant reçu une compression initiale de 500 kg. par cm^2 .

En définitive, on peut conclure de ces essais que pour éviter l'action de la gelée, il faut :

- 1^o Employer de la chaux grasse ;
- 2^o Ajouter d'autant plus de chaux que la pression initiale est plus faible.

Conclusions

De nos essais nous pouvons conclure que les conditions nécessaires pour fabriquer un bon produit peuvent être énumérées comme suit :

Comprimer à une pression aussi élevée que possible un mélange très bien malaxé de sable siliceux et de chaux grasse parfaitement éteinte ; cuire ce mélange aussi longtemps que possible à la pression la plus élevée.

V

Essais de briques en silico-calcaire.

Nous avons résumé les résultats donnés par les briques en silico-calcaire, dans les tableaux qui suivent. Pour tous ces essais nous avons suivi les prescriptions indiquées par la Commission des Méthodes d'essais.

Résistance à la rupture par écrasement (Compression).

L'essai de résistance à la rupture par écrasement sera fait sur des morceaux de forme à peu près cubique, obtenus pour les briques ordinaires, par exemple, en superposant deux demi-briques par une mince couche de mortier de ciment portland pur.

Les surfaces de compression seront rendues rigoureusement parallèles par un enduit fait avec une couche de matière semblable.

Les éprouvettes devront être placées entre les plaques de compression recouvertes d'une feuille de carton mince ; il est utile qu'un des deux plateaux de compression soit mobile dans tous les sens.

La résistance a été déterminée à l'aide de la machine Amsler-Laffon.

Les résultats sont consignés dans le tableau ci-après. On voit que suivant les soins apportés dans la fabrication et dans le choix des matières premières, les résistances sont très variables, ce qui a lieu dans toute fabrication quel que soit le produit.

Tableau XXXIII. — Résistance des briques à la compression en kg. par cm².

N ^o s	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	Moyenne	Observations
1	145, 4	159	136						164, 7	
1bis	218	287	307						297	
2	124	142							133	
3	214, 2	211, 4	187, 6	234, 2	193, 2	137, 4	160		191, 4	
4	56, 4	90, 4	83, 8	60	65, 7	57, 4			68, 8	
5	108	81	127	138					114	
6	168, 1	147, 2	166, 3	150, 9					158, 1	
7	135	164	222, 2	137					164, 5	
8	111, 8								111, 8	
9	136, 3								136, 3	jaune rouge
10	111	112	114	105	108	115			111	
11	131, 5	158	184	204	162	150	179		166, 9	
12	80	95, 4	127	127	119	98	118	106	108, 8	bleu
13	111, 9	169	142	150	132	116			136, 6	d°
14	140	164, 3	143, 4	145	161	132	142, 6	108, 7	142, 1	d°
15	149, 5	77, 4	71, 4	114, 2	134, 2	99	98	123, 8	108, 4	d°
16	107, 6	147, 6							127, 6	d°
17	99	113	102	129	82	120			107, 5	d°
18	162, 8								162, 8	
19	95	110	101	94	129				106	
20	183, 8	186, 3	163, 6	193, 6	184, 8	186, 8	172, 7		181, 2	
20	151	129	130	121	130	140			133, 5	après imbibition
22	134, 5	94, 5	120, 9						116, 6	d°
23	84	145							114, 5	
24	155, 4	145, 4	136, 3	157, 2	133, 6	145, 4			145, 6	
25	212								212	
26	284								284	
27	171								171	
28	152								152	
29	123								123	
30	128, 6								128, 6	
31	117, 7								117, 7	
32	177, 7								177, 7	
33	242								242	
34	181								181	
35	124	122	126	144					129	après dessiccation
35	85	85	95	89					88, 5	après imbibition
37	210	172							191	
38	157	177	138						157	
39	201, 8	180, 9	186, 3	180	190, 9				187, 9	
40	130, 9	120	120	131, 8	131, 8	127, 2	107, 2		124, 1	
41	108, 4								108, 4	rouge
42	111, 8	146	167						141, 6	
42	130	141							136	après gélivité
44	218	215, 7	238	162, 8	241	212, 4	202, 4		212, 9	
45	186, 3	230, 9							208, 4	
45	217	300	273						263	après dessiccation
45	195	195	197						196	après imbibition
48	96, 3								96, 3	
48	129	121	130						124	après dessiccation
48	80	88	84						84	après imbibition
51	49								49	
52	61								61	

Tableau XXXIII. — Résistance des briques à la Compression en kg. par cm² (suite).

N ^o s	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	Moyenne	Observations
53	127, 2	149	98	74					112	
54	174	147	120						147	brique grise
55	109	120	143						124	
56	130, 9	128, 1							129, 5	
57	139, 1	189, 1	152, 7	162, 7	170, 9				162, 9	brique bleue
58	58	113	88						86	
58	148	126	103						126	après dessiccation
58	87	94	105						95	après imbibition
61	102	89	93						95	
62	120	143	113						125	
63	212, 7	200, 9	178, 1	164	158	156			178, 3	
64	156, 3	174, 5	76, 3	171, 8	144, 5	177, 2			150, 1	
65	225, 4								225, 4	
65	94								94	sable fin
65	69								69	sable moyen
68	146, 3	133, 3	130, 4	102, 9	138, 4	131, 1	130, 4	151	133	sable gros
69	86	105, 4	102, 7	121, 5	109	104, 8	110, 4	106, 2	108	
70	168, 8	126, 3	200	195, 6	149, 2	192, 7			138, 7	
71	237, 5	244, 7							241, 1	
72	134								134	
73	134, 7	104, 4							119, 4	
74	165, 2	161, 4	181, 8	175, 2					170, 8	
75	271, 9								271, 9	grise
76	147, 8								147, 8	
77	111, 5								111, 5	noire
78	214, 8								214, 8	
79	205, 7								205, 7	
80	188, 4								188, 4	
81	419	420	586						475	
81	321	257, 2	283, 4						287, 2	

Résistance à la rupture par flexion.

Les essais de résistance à la rupture par flexion se feront, pour les briques ordinaires, sur des produits entiers puis sur deux couteaux placés à la distance de 0 m. 20, et chargés en leur milieu d'une façon continue jusque rupture.

On indiquera le poids brut qui déterminera la rupture de chaque éprouvette.

Pour ces essais on s'est servi de la machine Amsler-Laffon.



Tableau XXXIV. — Essais de Flexion

Résistance totale de la rupture en kg.

N ^o s	Etat de briques	I	II	III	IV	V	VI	Moyennes
24		344	344	342	344	324	342	340
35	après dessiccation	628	632	524	590			593
35	après imbibition	641	389	482	294			451
38		520	470	440				477
42		450	420					435
42	après gélivation	300	290					295
43	après dessiccation	430	440	670				513
45	après imbibition	340	410	360				370
53		180	290	220				233
53	après dessiccation	400	350	330				360
53	après imbibition	300	250	240				263
61		750	860	750				783
62		320	400	450				390
91	après dessiccation	480	290	370				280
91	après dessiccation	300	190	220				233

Perméabilité.

Pour cet essai, nous avons appliqué les règles adoptées pour l'essai des tuiles.
 « L'essai se fera sur au moins trois tuiles préalablement immergées pendant 48 heures comme il a été dit. On fixera au moyen de ciment pur, vers le milieu de la face supérieure de chaque tuile, placée horizontalement,

Tableau XXXV. — Essais de perméabilité.

N ^o s d'ordre	Eau recueillie ayant traversé la brique	
	après 24 heures	après 48 heures (volume total)
4	16 cm ³	30 cm ³
3	2	3
4	0	0
6	8	16
14	114	233
15	121 après 4 heures	
20	2	5
22	115 après 3 heures	
39	6	42
44	2	6
40	3	7
68	112	217
69	86	166
70	128	238
73	120	240
74	82	187
81	4	9
78	0	0

un tube en verre de 0 m. 35 de diamètre intérieur sur 0 m. 11 de hauteur. Le tube, fermé à sa partie supérieure par un bouchon en caoutchouc, sera mis en communication avec un réservoir donnant une charge d'eau de 0 m. 10.

On recueille au moyen d'un réservoir placé sous la face inférieure, l'eau qui peut traverser chaque tuile.

Ces essais montrent que si certaines briques sont de véritables tamis, d'autres sont au contraire très peu perméables.

Détermination du temps d'imbibition.

Dans cet essai, nous avons voulu déterminer le temps nécessaire pour permettre à l'eau d'imbiber la surface supérieure de la brique. Pour cette détermination, la brique était posée à plat dans une cuvette de manière à tremper dans l'eau sur une hauteur de 1 cm. La brique en expérience étant laissée en état, on notait le temps exigé par l'eau pour se montrer en un point quelconque de la face supérieure.

On voit que pour certaines briques (tableau XXXVI), peu comprimées très probablement, l'ascension de l'eau par capillarité est presque immédiate, puisque certains produits n'ont demandé que 3 minutes, alors que d'autres exigent 48 heures.

Par contre, il ne semble pas y avoir une relation bien nette entre le temps demandé et la proportion d'eau absorbée, mais les briques les plus perméables sont également celles qui s'imbibent le plus rapidement.

Tableau XXXVI. — Essais d'imbibition

N ^o d'ordre	Poids en grammes		Eau absorbée 0/0	Première apparition de l'eau sur la face supérieure
	avant immersion	après 24 h. d'immersion		
1	2.605	2.833	8,75	4 h. 5
3	2.478	2.693	8,66	9 h.
4	2.476	2.752	11,14	7 h. 30
6	2.412	2.657	10,45	4 h.
14	2.165	2.424	11,91	0 h. 6
15	2.287	2.612	14,21	0 h. 5
20	2.112	2.408	14,01	1 h. 45
22	1.193	2.319	16,35	0 h. 3
39	2.495	2.722	9,41	1 h.
40	2.117	2.469	13,41	1 h. 45
44	3.303	3.658	7,81	8 h.
68	3.268	3.644	11,50	3 h.
69	3.593	4.000	11,32	0 h. 30
70	3.278	3.632	10,79	0 h. 14
73	3.350	3.985	12,25	0 h. 4
74	3.260	3.551	8,92	1 h. 45
78	2.597	3.017	16,47	3 h.
81	1.904	2.121	0,9	48 h.

Résistance à la gelée.

Pour cet essai les briques ont été au préalable immergées 48 heures dans l'eau. Les briques ont d'abord été immergées sur une hauteur d'environ 1 mètre, et l'immersion n'a été complète que lorsque par capillarité l'eau avait atteint les arêtes supérieures.

Après le gel (4 heures à -15°) les briques étaient dégélées dans des conserves en verre soigneusement closes pour éviter toute déperdition. Comme on ne faisait qu'un seul gel par jour, les briques étaient retirées le lendemain des conserves pour être replacées dans la glacière. Les briques perdant un peu d'eau à chaque opération par évaporation, on avait soin de les tremper quelques secondes dans l'eau avant de les replacer dans la glacière.

Parallèlement à ces essais nous avons effectué des essais de gélivité en dégelant les briques 4 heures dans l'eau au lieu de les dégeler dans l'air, et en les immergeant 48 heures avant l'essai du gel proprement dit, au lieu de 24 heures.

Les essais font l'objet des tableaux XXXVII et XXXVIII.

Tableau XXXVII. — Essais de Gélivité sur briques après 24 heures d'immersion « dégel dans l'air ».

N ^o s d'ordre	Eau 0/0 imbibée après 24 heures	Observations
1	8,75	Néant au 25 ^e dégel.
3	8,66	id.
4	11,44	Légère désagrégation sur un angle au 15 ^e dégel.
6	10,15	Néant au 25 ^e dégel.
14	11,91	id.
15	14,21	id.
20	16,47	Désagrégation sur les angles au 25 ^e dégel.
22	9,41	Néant au 25 ^e dégel.
39	13,41	Légère désagrégation au 15 ^e dégel sur les angles sans profondeur, provenant d'un défaut de remplissage.
40	14,01	id. id.
44	7,81	Néant au 25 ^e dégel.
68	11,50	Se désagrège au 18 ^e dégel.
69	11,32	id. complètement au 15 ^e dégel.
70	10,79	Néant au 25 ^e dégel.
73	8,92	id.
74	0,9	id.
78	12,25	Légère fonte au 13 ^e dégel.
81	16,35	Désagrégation nette aux angles au 25 ^e dégel.

Tableau XXXVIII. — Essais de Gélivité sur briques après 48 heures d'immersion. « dégel dans l'eau »

N ^o d'ordre	Eau 0/0 imbibée après 48 heures	Observations
1	10,79	Léger commencement de désagrégation sur les angles au 2 ⁵ ° dégel.
3	8,87	Désagrégation au 17 ^o dégel.
4	11,19	id. 6 ^o
6	7,49	id. 10 ^o
14	10,41	Commencement au 14 ^o désagrégation au 16 ^o .
15	15,61	id. id.
20	18,72	id. 10 ^o id. 16 ^o .
22	22,21	id. 10 ^o id. 17 ^o .
25	16,08	id. 7 ^o .
26	10,46	id. 17 ^o .
27	42,01	Néant.
28	10,95	Commencement au 17 ^o .
29	11,33	Néant.
30	11,85	Commencement au 17 ^o .
31	17,48	id. 17 ^o .
32	10,82	id. 7 ^o .
39	10,84	Néant.
40	13,21	Commencement au 3 ^o désagrégation au 5 ^o .
44	13,77	id. 13 ^o id. 16 ^o .
68	14,76	id. 4 ^o id. 16 ^o .
69	8,49	id. 14 ^o id. 16 ^o .
70	13,77	Léger id. 20 ^o .
73	11,84	id. 3 ^o fontes au 8 ^o désagrégation au 17 ^o .
74	7,88	id. 3 ^o désagrégation au 16 ^o .
78	18,40	id. 8 ^o id. 11 ^o .

Il est difficile de conclure des essais de gélivité, car actuellement on n'est pas fixé sur la relation existant entre l'essai lui-même et sa valeur au point de vue de l'emploi du produit essayé.

VI

NOTES DE VOYAGE (1)

Avant de décrire les usines que nous avons visitées, il est bon de fixer les idées sur la technique de la fabrication.

Technique générale de la fabrication. — On peut diviser la fabrication des briques en silico-calcaire en trois phases :

(1) Voulant nous rendre compte par nous mêmes de la technique de cette industrie, nous nous sommes rendus en Allemagne, en Angleterre et en Hollande visiter les usines qui nous avaient été signalées comme particulièrement intéressantes.

Nous nous sommes contentés dans cette dernière partie de notre travail de décrire seulement quelques unes des usines que nous avons visités.

Il est bien entendu que nous ne saurons prendre la responsabilité des chiffres que nous donnons concernant le rendement de certains appareils ; ces nombres nous ont été indiqués par les industriels, sans aucun contrôle de notre part.

1^o Mélange des matières premières, sable et chaux ;

2^o Briquetage ;

3^o Cuisson.

1^o *Mélange.* — Pour arriver à obtenir un mélange parfait de sable et de chaux, il se présente à l'esprit trois procédés :

a) « Procédé par mélange », qui consiste à ajouter au sable de la chaux éteinte ;

b) « Procédé par silotage », dans lequel on mélange le sable avec la quantité nécessaire de chaux vive en poudre, on humecte, puis le tout est laissé en digestion pendant un ou deux jours ;

c) « Procédé par extinction. » Ce procédé consiste à mélanger dans des appareils spéciaux la chaux vive en poudre avec soit la totalité, soit une partie du sable.

1^{er} *procédé.* — Dans l'application du premier procédé on emploie de la chaux éteinte à l'avance, soit qu'on l'achète aux fabricants de chaux, soit que l'usine la produise elle-même.

Le mélange a ensuite lieu avec des appareils mélangeurs.

2^o *procédé.* — Dans le procédé dit « du silotage » qui présente certains avantages mais qui exige un matériel peut-être un peu plus compliqué, on utilise non pas de la chaux éteinte comme dans le premier procédé, mais de la chaux vive en poudre.

Dans la fabrication précédente, on mélange le sable avec la chaux éteinte, chaux qui a absorbé une certaine proportion d'eau pour s'hydrater.

On a pensé, non sans raison, qu'il serait logique de faire servir l'eau d'humidité du sable à hydrater la chaux, ce qui offre l'avantage de sécher le sable, avantage précieux en hiver, où il est parfois impossible de malaxer un sable gorgé d'eau.

Dans ce procédé, il est nécessaire de produire de la chaux vive broyée en poudre fine. Cette chaux est produite par les appareils de broyage habituels, tels que concasseur à mâchoires, broyeur à boulets, tube finisseur, etc. La poudre de chaux obtenue est ensuite mélangée au sable dans des auges mélangeuses de modèles variés. Ensuite le mélange obtenu est déversé dans de grands silos dans lesquels pour permettre à l'humidité du sable d'agir complètement sur la chaux, le mortier séjourne vingt-quatre heures, quarante-huit heures ou même plus, si l'on veut obtenir un travail parfait. Il est en effet de toute évidence que, si le silotage est écourté, il restera dans le mélange de la chaux non éteinte qui au contact de la vapeur d'eau dans l'autoclave amènera la désagrégation des briques.

Il est donc de toute nécessité de laisser le mélange suffisamment longtemps pour permettre à la chaux de s'hydrater.

3^o *procédé.* — Enfin le troisième procédé consiste à mélanger le sable avec la chaux vive pulvérisée et à l'éteindre dans des appareils spéciaux à l'aide de vapeur d'eau sous pression.

Le type de l'appareil consiste en un vaste cylindre muni d'ailettes mélangeu-

ses. L'appareil est à doubles parois entre lesquelles on fait arriver de la vapeur d'eau pour éviter que la chaleur dégagée pendant l'hydratation de la chaux soit employée à échauffer la masse de fonte.

2^o *Briquetage.* — Pour la transformation du mortier en briques, il existe un grand nombre de presses qu'on peut classer en deux types distincts : Presses hydrauliques, presses mécaniques.

Les presses hydrauliques sont peu employées pour cette fabrication.

Les presses mécaniques existent en types multiples : verticaux, horizontaux et à table tournante, à action progressive ou à choc. Elles se disputent toutes la première place, et ont toutes leurs qualités et leurs défauts.

3^o *Cuisson.* — Les briques placées sur des wagonnets sont enfournées dans des autoclaves, où elles subissent l'action de la vapeur d'eau à 7 ou 8 kgs.

Usine A (Angleterre).

Cette usine est construite au centre même d'une sablière déjà en exploitation depuis longtemps et dont la profondeur exploitable est d'environ 60 pieds.

La couche supérieure de terre argileuse est de deux mètres environ. En dessous, on ne trouve que du sable pur, d'une très grande finesse. Sous le sable, d'après le propriétaire de l'usine on trouve une couche de calcaire propre à la fabrication de la chaux.

Le rendement de cette usine est de 12.000 briques par journée de travail de 10 heures, ce qui donne une production de 1.200 briques à l'heure.

Comme nous le disions plus haut, l'usine est construite sur le fond même de la sablière et se compose de deux étages. L'étage supérieur est à peu près au niveau du sol.

La chaux destinée à être mélangée au sable et contenant environ 95 % de CaO est amenée directement par voitures en roches de l'extérieur à l'étage supérieur (second étage du bâtiment) qui est exclusivement réservé à l'emma-gasinage de la chaux et à son broyage.

Broyeur. — Le broyeur employé pour le traitement de la chaux est un broyeur à boulets. Ce broyeur pourvu d'une cheminée d'aération est garni intérieurement d'une toile métallique de tamisage (1.600 trous par pouce carré). La chaux ainsi broyée tombe par une trémie dans la chambre de l'étage inférieur (premier étage) dans laquelle le sable extrait de la sablière est amené et mis en tas à part. Un pont sur lequel circule un petit Decauville permet d'amener directement le sable au pied de l'auge de mélange.

Mélange. — Le mélange de chaux et de sable est effectué à la pelle sur le sol dans la proportion d'environ 920 parties de sable pour 80 parties de chaux.

Le mélange de chaux et de sable ainsi préparé grossièrement est amené dans un malaxeur horizontal comportant deux arbres à palettes tournant à vitesses différentes (la vitesse d'un des arbres étant le double de la vitesse de l'autre),

Cet appareil sert à mélanger l'eau le sable et la chaux, ainsi qu'à éteindre cette dernière.

Le mélange de chaux et de sable tombe du mélangeur horizontal par une trémie traversant le plancher du premier étage dans un malaxeur à meules verticales situé au rez-de-chaussée du bâtiment, mais à une certaine hauteur au-dessus du sol.

De là le mélange est amené par un canal à l'auge d'alimentation de la presse à briques.

Presse. — La presse employée est la presse Hercule décrite p. 75.

La rupture des briques au démolage n'a pas lieu plus d'une fois sur 1.000 briques.

D'après le propriétaire de l'usine le démolage s'opère dans de très bonnes conditions. Les briques que nous avons vues dans la cour montrent des arêtes nettes.

D'après M. Clak, à qui nous devons tous ces détails, l'usure totale des appareils serait de 1 fr. 25 par 1.000 briques et cette usure est moins considérable que dans certaines usines par suite de l'homogénéité parfaite du sable qui ne contient aucun grain de gravier.

Main-d'œuvre. — Pour son service, la presse demande deux gamins et un surveillant.

Cuisson. — La cuisson a lieu dans un autoclave ayant les caractéristiques suivantes :

Longueur	40 pieds
Diamètre	6 pieds, 6 pouces.
Pression	130 livres par pouce carré
Capacité	6.000 à 7.000 briques

La durée de la cuisson est de 10 heures.

On fait deux fournées par 24 heures.

Le système de fermeture imaginé par M. J. Clack est simple et d'une manœuvre facile.

Il se compose d'un chemin de roulement prenant ses points d'appuis d'un côté sur l'autoclave même et de l'autre côté sur une petite colonne en fonte laissant suffisamment de passage pour la manœuvre du wagonnet. Sur ce chemin de roulement circule un petit train roulant sur galets, auquel est accroché le couvercle de l'autoclave par l'intermédiaire d'un arbre fileté pouvant descendre ou monter à l'aide d'une manivelle.

La machine motrice, d'environ 50 chevaux, est beaucoup trop puissante.

La chaudière Galloway a une pression normale de 150 livres par pouce carré.

Usine B (Angleterre)

Cette petite usine est plutôt une usine d'essai que M. Colliers grand fabricant de produits céramiques, a installée pour pouvoir juger cet aggloméré, ne voulant pas montrer la belle indifférence de certains céramistes qui veulent ignorer le silico-calcaire.

La chaux est amenée en morceaux assez gros d'un lieu distant de l'usine d'environ quarante milles. Elle est placée telle qu'elle dans des wagonnets qu'elle remplit environ jusqu'aux trois quarts, après quoi on ajoute 8 à 10 seaux d'eau. Le wagonnet ainsi chargé est introduit dans l'autoclave en vue de l'extinction de la chaux. Le wagonnet reste dans l'autoclave huit heures environ, c'est-à-dire autant que dure l'extinction.

Au sortir de l'autoclave, la chaux éteinte est amenée dans un désintégrateur Carr dans lequel on la colore éventuellement.

Cette chaux n'est pas blutée et présente parfois de gros grains plus ou moins éteints qui plus tard peuvent amener, par leur expansion, la dislocation des briques, si on ne prend pas la précaution de les séparer.

La chaux ainsi broyée est ensuite mélangée au sable dans un mélangeur à meules verticales moitié en bois et moitié en métal.

Le sable employé est un sable excessivement fin qui ressemble beaucoup au sable de dune. La chaux est ajoutée au sable dans la proportion de 7 % environ.

Le mortier obtenu est amené dans l'auge d'alimentation d'une presse « Emperor » à table rotative, Sutcliffe Speakman, comportant 10 alvéoles et nécessitant pour sa commande une force motrice de douze à quinze chevaux.

Le plateau mobile *a* de cette presse est fixé à un arbre creux *b* supporté par le pivot *c* qui fait corps avec la plaque d'assise de la presse.

L'arbre principal *f* commande tous les mécanismes. Les deux arbres *f* et *f'* sont supportés par le châssis *e*.

Le mouvement intermittent de rotation du plateau de la presse est donné par la bielle *g*.

Un cadre constitué par les deux arbres *I* et le sommier *h* reçoit l'effort de compression. Ce cadre repose sur le bâti par l'intermédiaire de puissants ressorts.

Le mécanisme de compression particulier à cette presse est assez intéressant pour mériter une description plus complète. Cette description nous a été oblitérément donnée par le constructeur.

Le mécanisme de compression, qui opère à l'intérieur du cadre, est actionné par une bielle *j* que terminent, du côté opposé à l'arbre *f*, deux rotules superposées.

Celle du dessus sert d'articulation à un bras vertical *j'* qui s'assemble à l'autre extrémité d'une manière analogue au sommier *h*; celle du bas soutient une sorte de console *j''* dont les autres sommets agissent directement sur les organes *k l* de compression de la matière.

Fig. 5 — Vue de côté

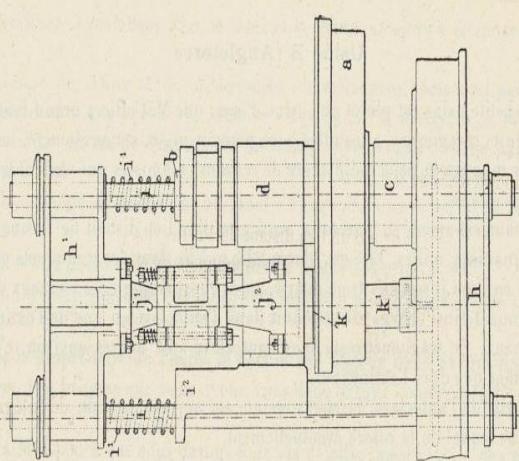
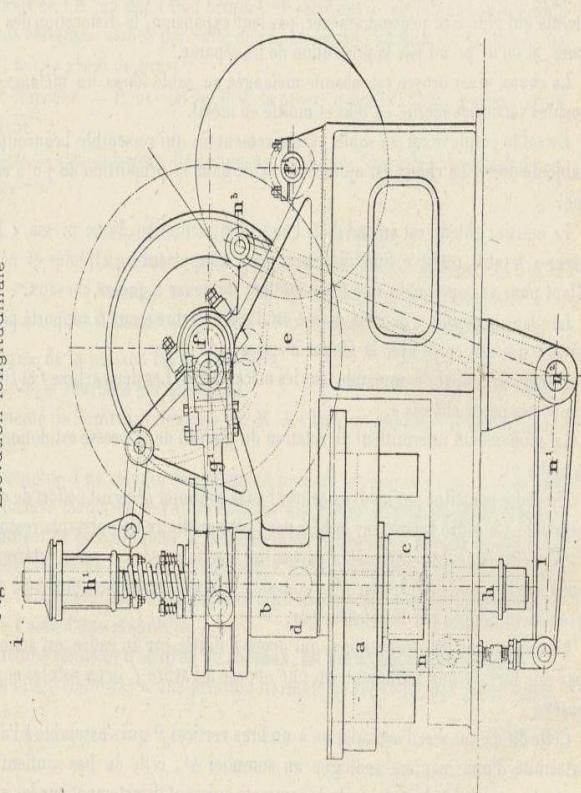


Fig. 4 — Élevation longitudinale



Presse Emperor

64

Fig. 7 — Mécanisme compresseur

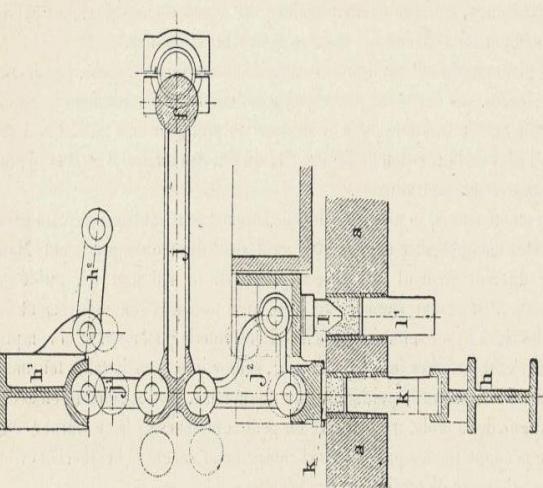
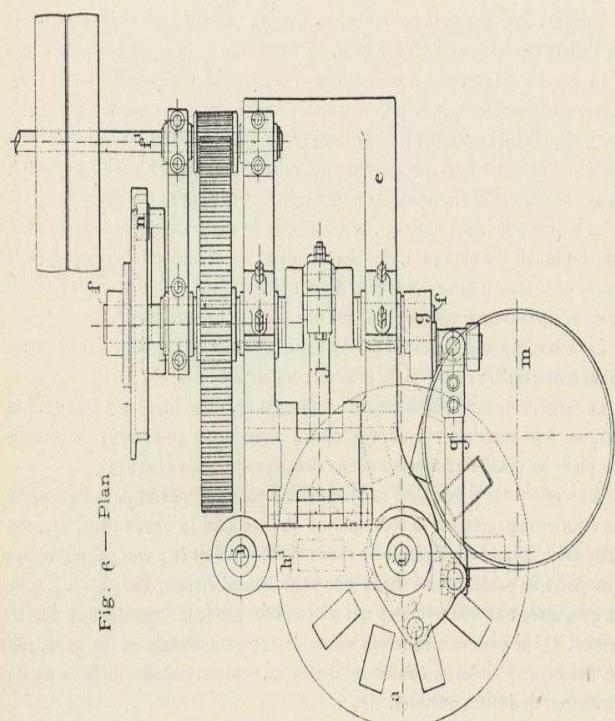


Fig. 6 — Plan



Le mélange, convenablement malaxé est déversé successivement par le distributeur *m* dans chacun des moules de la table circulaire.

Le piston mobile *l*¹ qui limite la capacité de son moule repose, par des oreilles supérieures, sur des bossages prévus à cet effet. Un déplacement angulaire de la table amène le moule plein au dessous du plongeur en V, *l*. Celui-ci descend sous l'effet de la rotation de l'arbre *f* et du jeu des bielles *j*¹ et *j*² et opère alors la compression préliminaire.

En même temps, la plaque *k* dont le support peut coulisser sur des glissières latérales est appliquée sur la table au-dessus du moule précédent. Mais, par suite du redressement des pièces *j*¹ et *j*², le sommier *h*¹, guidé par la menotte *h*² se trouve soulevé, de sorte qu'il transmet son mouvement vertical par les tiges *i* au sommier *h*; celui-ci entraîne le piston *k*¹, et la compression finale s'effectue entre les pièces *k* et *k*¹, sans y intéresser la table tournante qui supporte seulement le poids mort du mécanisme. Non seulement on évite ainsi la fatigue de la table, mais encore on peut commencer à faire tourner cette dernière pendant que les pièces *k* et *k*¹ compriment encore la brique. On évite ainsi toute adhérence de matière contre le plateau de presse *k*.

Lorsque, dans la continuation du mouvement, la bielle *j* libère le sommier *h*¹ de l'effort qui le pousse vers le haut, les ressorts *i*¹ s'opposent à la production d'un choc. La brique, une fois façonnée et dégagée des mécanismes compresseurs, est démoulée par le piston que soulève le plateau *n* mû par une bielle verticale. Celle-ci est articulée à un bras *n*¹ qui oscille autour de l'arbre *n*² sous l'action d'un autre bras que termine un galet *n*³. Ce dernier roule, à cet effet, dans une rainure de forme spéciale ménagée sur un plateau de l'arbre *f*.

La brique crue reste soulevée, pendant que le mouvement de rotation éloigne son moule du plateau *n*, de façon à laisser au surveillant de la machine le temps nécessaire à son enlèvement. A cet effet, pendant la confection des quatre briques suivantes, le piston glisse sur une plateforme surélevée.

Le coin compresseur qui est particulier à cette machine a pour but de tasser le mortier dans les coins, et de renforcer les arêtes.

La capacité de production de cette presse est de 1.000 briques à l'heure. Les briques sont empilées sur un wagonnet à plate-forme au-dessous de laquelle on place les petits wagonnets à chaux dont nous parlions plus haut.

A première vue il semble d'une bonne logique de récupérer dans l'autoclave les calories dégagées par la combinaison de l'eau avec la chaux pour, par son extinction, former de l'hydrate de chaux. Cela pourrait être vrai s'il n'était pas nécessaire de produire une chaux fine parfaitement éteinte. En réalité, il reste de gros morceaux non hydratés qui s'éteindront pendant l'opération du durcissement des briques et amèneront soit la désagrégation totale ou partielle, soit de nombreuses fissures, éclatement des coins, soulèvement des surfaces par la formation de petites pustules, etc.

De plus, cette opération demande une manutention plus considérable que celle exigée par les procédés d'extinction ordinaires ou perfectionnés.

D'autre part, avec ce procédé la chaux est souvent mouillée, il se forme des

marrons dans les parties ayant reçu quelques gouttes d'eau de condensation, ce qui fait qu'en somme ce procédé, et c'était aussi l'avis du fabricant, n'est pas à recommander. Cette idée de récupération excellente au point de vue théorique, n'a aucune valeur au point de vue pratique.

Il semble du reste ressortir des visites que nous avons faites que ce procédé n'est plus employé, à tel point que dans différentes usines françaises, nous avons vu de ces petits wagons, dans lesquels le réservoir était employé pour empiler des briques.

Autoclave. — L'autoclave est complètement enchâssé dans un massif de maçonnerie.

Longueur.	35 pieds
Capacité	10.000 briques
Pression	110 à 115 livres par pouce carré. (8 atmosphères).

Consommation de charbon : 1 tonnes, 13 quintaux pour 10.000 briques.

Usine C (Angleterre)

Cette usine est placée à quelques centaines de mètres de la mer d'Irlande, dans les dunes. Le bâtiment, couvert en tôle ondulée mesure 150 pieds sur 50.

Chaux. — La chaux arrive cuite en roche des environs de l'usine et est livrée au prix de 20 francs la tonne. Pour l'éteindre on se sert d'un appareil spécial. Il se compose (fig. 8) d'une série de boîtes rectangulaires en tôle reliées entre elles et circulant sur un chemin de roulement composé de deux rails : aux deux extrémités deux tambours assurent le mouvement du système.

La chaux en crottes est versée dans la première boîte libre qui se présente à l'extrémité du système. On verse ensuite la proportion d'eau nécessaire, la machine avance d'un rang et on remplit la seconde boîte qui se présente devant l'opérateur, etc. La première boîte arrive à l'extrémité du bâti en une demi-heure.

La chaux tombe alors sur un sasseeur actionné d'un mouvement de va-et-vient ; la poudre tombe dans une trémie d'alimentation, et les rejets sont enlevée au dehors.

La chaux est enlevée mécaniquement de la trémie pour être transportée dans une boîte mesureuse, d'où par une petite manœuvre exécutée à la main on fait tomber la quantité de poudre mesurée dans un canal mélangeur ayant une très faible inclinaison, dans lequel on jette à la pelle la quantité de sable nécessaire. Cette quantité est également mesurée comme la chaux à l'aide d'une boîte mesureuse spéciale. Un premier mélange s'opère déjà à l'aide de l'hélice placée dans ce canal. Le mélange est déversé dans une boîte d'attente. Pour ajouter le sable, l'ouvrier chargé de ce service le jette en même temps que tombe la chaux, de manière que le mélange soit aussi homogène que possible. Une hélice monte

le mélange dans une boîte d'attente, d'où il est repris par une monteuse à godets qui le déverse dans l'auge d'alimentation du malaxeur.

Le sable provient de la dune voisine, et son prix rendu à l'usine est évalué à 0 fr. 80 la tonne.

Le mélange se compose de :

Chaux éteinte, 49 livres 1/2 ; sable sec ou humide, 616 livres.

Le malaxeur comprend deux meules verticales fixées sur un arbre horizontal, tournant sur elles-mêmes, tandis que l'auge du malaxeur, actionnée par en-dessous est animée d'un mouvement de rotation.

Les caractéristiques de cet appareil sont les suivantes :

Poids d'une meule	1 500 kilogrammes
Plateau	25 tours à la minute
Diamètre du plateau	3 mètres
Durée du malaxage	4 minutes.

L'eau est ajoutée dans le malaxeur à l'aide d'un tube percée de trous.

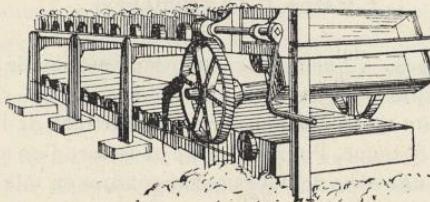


Fig. 8. — Extincteur à chaux.

Lorsque le malaxage est terminé, l'ouvrier ouvre la trappe d'évacuation à l'aide d'un levier et la matière tombe dans une trémie d'attente d'où une monteuse l'élève dans la boîte d'alimentation de la presse.

Presse. — La presse « Président » à l'encontre de celles que nous avons vues en Angleterre, est verticale. Cette presse possède deux moules ; elle paraît être extrêmement robuste et est actionnée pas des leviers à genouillères.

Cette machine est munie d'une boîte chargeuse dans laquelle le mélange est mesuré. La boîte est poussée en avant et vient remplir les deux alvéoles de la presse où la matière est comprimée par les deux pistons de compression.

Pour éviter le collage de la matière contre les parois des pistons, ces derniers sont placés dans une boîte où arrive un courant de vapeur qui maintient le piston à une température suffisamment élevée pour qu'il soit impossible de laisser le doigt en contact avec les parties chauffées.

Les briques sont prises à la main par deux ouvriers. Il faut en effet éviter que le chargeur automatique ne pousse ces briques, comme il est chargé de le faire.

Cette disposition, qui est bonne pour les briques d'argile, est défective pour les briques en silico-calcaire dont la manœuvre avant cuisson demande des précautions. L'opération consistant à enlever les briques est assez délicate, car l'ouvrier est obligé de les enlever au moment où le piston supérieur de compression est levé.

Pression totale, 100 tonnes.

Nombre de briques, 20 à la minute.

Service de la presse, 2 hommes.

Les presses ont produit 900.000 briques sans aucun accident ou arrêt appréciable.

Les briques sont pratiquement de même poids et pèsent 7 livres 1/2.

Cuisson. — Les briques sont placées sur des wagonnets à raison de 700 par wagonnet et la cuisson a lieu dans deux autoclaves à la pression de 111 livres pendant 10 heures.

Les briques ont une très belle apparence et on ne compte guère plus de 20 briques manquées par 1.000 briques.

Ces briques sont colorées en rouge par une addition de 5 % d'ocre rouge,

»	jaune	»	5 % d'ocre jaune,
»	vert	»	d'azotate de chrome,
»	gris	»	d'azotate de manganèse,

Elles se vendent prises à l'usine, les blanches, 35 shillings le 1.000,

»	les colorées, 42	»
---	------------------	---

Sur les blanches on remarque de légères efflorescences blanches, dues au sel contenu dans le sable.

Usine D (Angleterre)

Dans cette briqueterie, exploitée par la municipalité de Woolwich, près de Londres, on utilise pour la fabrication des briques et des dalles les cendres ou scories (clinkers) provenant de l'incinération des ordures ménagères et déchets de toutes natures. On compte que la population d'une ville de 100.000 habitants, donne en moyenne 40 tonnes de clinkers à traiter par jour.

Avant de décrire la fabrication des briques, nous croyons intéressant de dire quelques mots de l'usine d'incinération.

Le projet de construction d'une usine pour l'incinération des gadoues avait été souvent discuté. Après diverses études et recherches, il fut décidé d'installer une usine pour l'incinération des gadoues et pour l'éclairage électrique.

Les travaux commencés en juin 1901 furent à peine terminés vers la fin de 1902.

Les murs reposent sur un béton composé de 6 parties de ballast de la Tamise pour 1 partie de ciment Portland.

On peut accéder à cette usine (fig. 9) par deux voies différentes. Celle du nord conduit à l'administration, la seconde, côté sud qui possède à l'entrée une bascule capable de supporter des charges de 10 tonnes conduit dans l'usine.

Une route inclinée large de 3 m. 50 avec une pente de 1/13 conduit de la bascule à la plate forme de décharge des gadoues. D'autres chemins partant du même endroit vont aux différents bâtiments. La plate-forme de décharge a 34 m. 80 de long sur 9 mètres de large.

Le bâtiment d'incinération a 40 mètres de long, 25 de large et 10 de hauteur.

Le type de fours installé est le « Simplex » de Meldrum. Le bâtiment est installé pour quatre fours, et trois d'entre eux ont été montés.

Chacun est muni d'une chaudière Babcock et Wilcox à vapeur surchauffée ; chaque chaudière ayant 81 tubes d'un diamètre extérieur de 35 centimètres et longs de 5 m. 40. Ces tubes sont accouplés en 9 sections. Chaque four a quatre grilles, le four a 6 m. 70 de long sur 1 m. 80 de large.

Dans chacun des murs du fond des fours se trouvent quatre ouvertures de 0 m. 76 de long et 0 m. 52 de haut à travers lesquels les gaz chauds passent de la chambre de combustion.

Le cendrier de chaque four est divisé en quatre compartiments munis d'injecteurs de vapeurs.

De la chambre de combustion les gaz passent dans les chambres contenant les tubes des chaudières. Chaque four est également muni de deux grilles supplémentaires à l'arrière des chambres de combustion. Ces grilles sont destinées uniquement à brûler du charbon dans le cas où pour une raison quelconque les gadoues seraient insuffisantes.

A l'arrière des chambres de combustion se trouvent les réchauffeurs d'air consistant pour chacun d'eux en 195 tubes de 1 m. 50 de long sur 0,076 de diamètre extérieur. Autour de ces appareils circule l'air nécessaire à la combustion. Ces tubes sont chauffés par les gaz chauds.

Des réchauffeurs les gaz chauds passent dans l'un ou l'autre des carnaux principaux hauts de 1 m. 97 et larges de 1 m. 63. Le passage des gaz est contrôlé par un registre vertical. Ces carnaux convergent dans un autre ayant des dimensions plus grandes 3 m. 05 de haut et de 2 m. 43 de large conduisant à la cheminée. Toutes les parties du four et des carnaux auxquels l'accès est nécessaire sont munis de trous d'homme.

Les compartiments à gadoue sont au nombre de quatre ayant chacun 7 m. 62 de long, 2 m. 43 de large et de 4 m. 11 de haut. Les murs de côté sont en béton armé.

Le plancher des trémies est à 45 centimètres au-dessus du plancher du bâtiment d'incinération. Les fours sont placés à 2 mètres des compartiments ce qui permet une circulation facile. L'alimentation journalière de gadoues est d'environ 61 tonnes par four.

Nous donnons ci-après les résultats d'un essai ayant duré 25 heures. Ces chiffres nous ont été obligamment donnés par la direction de l'usine. On emploie seulement trois grilles d'une surface totale de 7 m². La quantité de gadoues

reçues fut de 68 tonnes 83, le poids de gadoues brûlées fut de 67 tonnes 8 et le poids de gadoues brûlées par heure et par mètre carré de grille fut de 379 kgr. Le poids de clinkers recueillis fut de 19.575 kgr., et celui des cendres de 1.890 kgr.

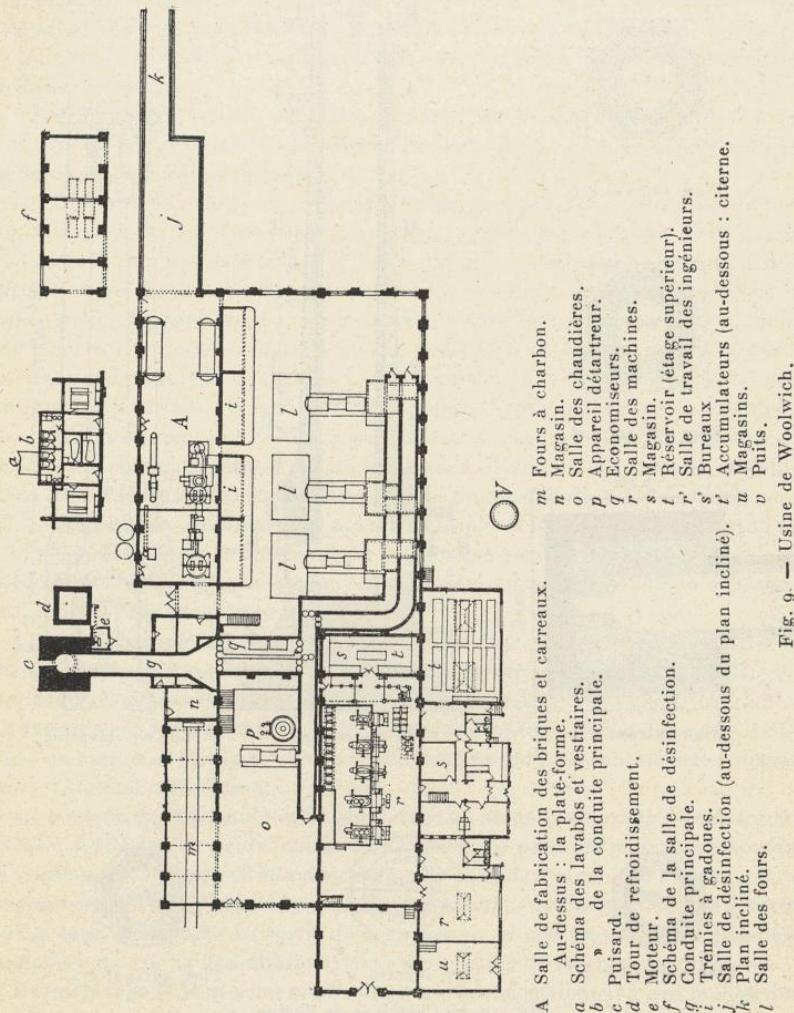


Fig. 9. — Usine de Woolwich.

Le fer blanc enlevé à la main par les trieurs avant cuisson fut de 888 kgr. On peut compter qu'un kgr. de gadoues brûlées évapore 1.900 gr. d'eau.

Pour tous les édifices et spécialement pour la cheminée on a dû tenir compte de la nature du terrain.

Le constructeur garantissait une bonne marche sans inconvenient de fumée ni d'odeur avec une cheminée de 24 mètres (fig. 10) de haut c'est-à-dire moitié moins haute que celles employées ordinairement.

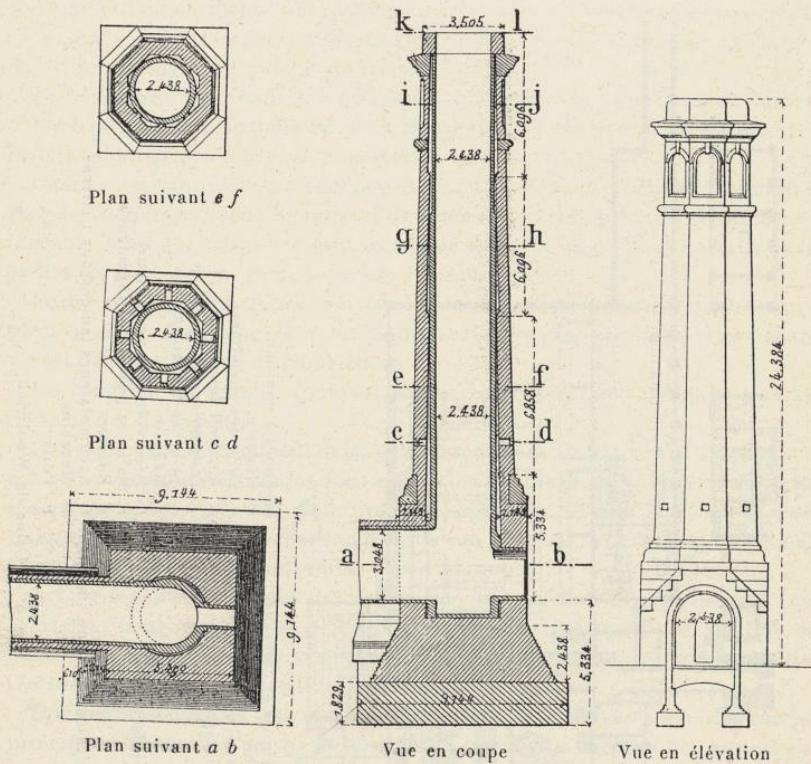
Plan suivant *g k*Plan suivant *k l*Plan suivant *i j*

Fig. 10. — Cheminée de l'usine.

Un lit de béton de $2 \text{ m}^2 79$ et de 1 m. 82 d'épaisseur renforcée par des rails supporte la cheminée dont la base est de $1 \text{ m}^2 67$. Cette base est elle-même supportée par une assise en pierre.

Au dessus de cette assise la cheminée est octogonale et va en se rétrécissant de 4 m. 41 à 3 m. 59 au sommet.

Elle a un diamètre intérieur constant de 2 m. 43. L'intérieur est recouvert de briques réfractaires.

L'usine possède en outre un groupe de générateurs, et une salle de machines contenant l'appareillage électrique destiné à l'éclairage de la ville.

On estime la production des clinkers à environ 30 % du poids des gadoues brûlées.

Par suite de la disposition du lieu, M. Alexander l'ingénieur-constructeur qui a installé la briqueterie annexe n'a eu à sa disposition qu'un local extrêmement resserré et d'une faible hauteur.

Le clinker (Planche 8) est tout d'abord broyé et pulvérisé dans un moulin A dont les tôles du fond sont perforées. Ce broyeur est pourvu de deux meules verticales d'un poids de 2 tonnes 1/2 chacune qui en tournant broient le clinker, jusqu'à ce qu'il soit assez fin pour pouvoir passer à travers les mailles de 1/8 de pouce de la tôle perforée. La poudre grenue tombe dans une trémie d'où elle est entraînée par un transporteur élévateur à godets B à un doseur qui reçoit soit de la chaux éteinte soit du ciment. Le liant est amené par l'élévateur C. Si, comme on le verra plus loin, on veut utiliser le matériel pour la fabrication des dalles de trottoirs on remplace la chaux par du ciment. Le tout est déversé dans le doseur mélangeur constitué par un tambour à alvéoles E de capacité réglable, dans lequel les matières sont dosées dans la proportion de 7 % de chaux pour 93 % de clinker. Au-dessus du doseur se trouvent les deux trémies à chaux et à clinker. Du doseur proprement dit les poudres tombent dans une petite boîte mélangeuse. Des cônes de vitesse règlent l'admission de la chaux ou du ciment et du clinker dans le doseur mélangeur.

Les matières mélangées une première fois dans le doseur mélangeur à vis sont montées par une monteuse à godets F et déversées dans un mélangeur horizontal G comportant deux arbres à palettes marchant à des vitesses variables. Le mélange est légèrement humecté. Le produit obtenu tombe dans une trémie que l'on emplit et que l'on vide d'un seul coup en manœuvrant un levier disposé sur le côté de l'installation.

Le contenu de la trémie tombe alors dans un second malaxeur circulaire H à meules verticales de poids moindre que celles du premier malaxeur. Lorsque la consistance voulue est atteinte, on arrête le mouvement des meules, et on déplace une partie de la paroi circulaire ce qui force toute la matière à se déverser en un tour de meule. Au sortir de ce malaxeur la matière est assez grossière, composée de grains fins alternant avec des grains de la grosseur d'un pois.

Du malaxeur H le mortier tombe dans un second malaxeur I qui le distribue par l'élévateur J dans la cuve L d'alimentation de la presse dans laquelle on ajoute encore une certaine quantité d'eau au moyen d'un conduit perforé. Les matières sont maintenues en mouvement par un agitateur à bras actionné par des engrenages coniques.

Les bras renvoient constamment le mortier qui est extrêmement plastique (1) contre les parois de la cuve et du côté où se présente l'alvéole libre de la plaque tournante de la presse (fig. 11).

Cette table reste suffisamment de temps immobile pour permettre à l'alvéole de se remplir complètement.

L'alvéole étant plein, un mouvement d'un dixième de tour (il y a 10 alvéoles) vient placer l'alvéole sous la plaque de compression en même temps que le piston compresseur vient agir sur le plateau inférieur du plot et comprimer lentement mais complètement d'un seul coup de piston toute la masse.

La puissance de cette presse nous a été donnée comme étant de 100 tonnes.

Les colonnes sont en acier forgé et travaillent à la traction.

Il y a 5 alvéoles visibles et 5 alvéoles cachés sous le sommier de compression et sous la cuve du mélangeur.

La brique étant pressée, un second mouvement de la table l'amène en dehors de la plaque de compression où elle est démolée en même temps qu'une autre brique est pressée.

Un homme prend alors la brique et la place sur le wagonnet pendant qu'un autre nettoie la plaque du plot de compression. Par un dernier mouvement de rotation l'alvéole disparaît sous l'auge. On peut dit-on fabriquer avec cette machine 1.000 briques à l'heure.

Pour éviter la rupture de la presse ou des colonnes par suite de l'incompressibilité du corps introduit dans le mélange on a placé comme le montre la figure une rondelle épaisse de caoutchouc sur une plaque de plomb.

Pour la manœuvre de la presse, il y avait 5 ouvriers au moment de notre visite. A la vérité 3 auraient amplement suffi, mais le directeur de l'usine et le constructeur nous ont expliqué que cette usine appartenant à l'administration communale, on ne marchandait pas la main-d'œuvre.

Les briques sont empilées à raison de 1.000 briques par wagonnet. Ces wagonnets sont constitués par une simple plateforme en tôle placée sur un cadre.

Lorsque le wagonnet est plein, il est poussé en avant et enfourné dans l'autoclave P (durcisseur). L'autoclave contient 5.000 briques.

Autoclave. — Longueur : 30 pieds.

Diamètre : 6 pieds 6.

Pression : 1.000 livres par pouce carré.

Durée de cuisson : 2 heures pour mettre l'autoclave en pression,

8 heures de pression et 2 heures de refroidissement.

Les autoclaves sont recouverts de calorifuge.

La fermeture des autoclaves ne présente rien de particulier.

La quantité de charbon consommée n'a pu nous être indiquée, cette industrie

(1) C'est ainsi qu'ayant détruit à la main une brique pressée sortant du moule, il nous a été facile d'en faire une boulette ayant assez de cohésion pour qu'en la faisant sauter en l'air à 1 mètre de hauteur, on puisse la recevoir dans la main sans qu'elle soit complètement détruite.

n'étant qu'une annexe de l'usine d'incinération ; il en a été de même pour la quantité de charbon total.

Pour défourner les wagonnets on retire d'abord la porte de fermeture de l'autoclave, puis on les attache à une corde qu'on enroule autour d'un cabestan manœuvré à bras d'homme.

Les briques sont noires, rugueuses et de poids constant, dit-on, mais les arêtes sont plus ou moins arrondies, ce qui provient de la grosseur des grains de clinkers.

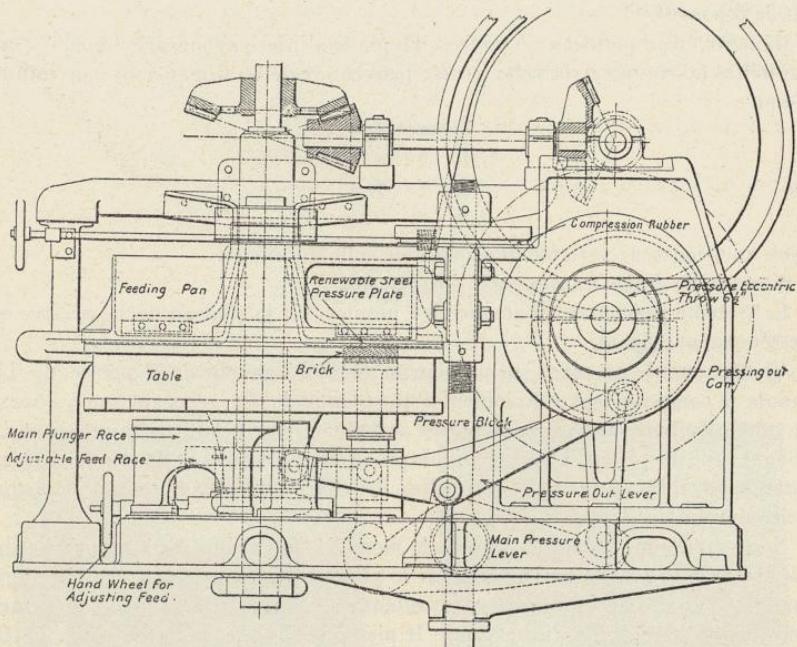


Fig. 11. — Presse Hercule.

La puissance nécessaire pour actionner toute cette installation est de 50 chevaux dont 8 sont absorbés par la presse. La manœuvre des différents appareils a lieu à l'aide d'une dynamo recevant le courant de l'usine d'électricité.

Fabrication des dalles. — Une partie de l'usine est affectée à la fabrication de dalles de trottoirs. Pour cette fabrication on remplace la chaux par du ciment, suivant le temps dont on dispose et le prix de vente, ces dalles sont durcies à l'air ou dans la vapeur d'eau. La disposition employée pour cette fabrication est particulièrement ingénieuse et mérite de retenir l'attention.

En plus du matériel de broyage et de moulage que nous venons de décrire,

on emploie pour la fabrication des dalles une presse hydraulique. Le mélange composé de ciment et de clinkers étant fabriqué avec le même outillage que celui servant à la confection du mortier silico-calcaire, on doit évidemment suspendre cette dernière fabrication.

Le mortier est déversé par l'élévateur K dans un petit wagonnet, qui est chargé de le distribuer à la presse hydraulique.

Presse. — La presse M est une presse hydraulique du même genre que les presses Morane à 1 piston.

La pression maximum de la presse est de 1.000 tonnes. La course de piston est de 5 pouces.

Hauteur entre plateaux : 5 pouces. Le plateau inférieur mesure 3 pieds \times 2. Les dalles fabriquées avec cette presse peuvent avoir les dimensions maximum ci-après :

3 pieds	\times	2
2,46	\times	2,40
2	\times	2
1,6	\times	2

sous une épaisseur variable dépendant de celle du moule.

Nombre de dalles fabriquées à l'heure : 30.

Le système permettant d'amener les moules sur le plateau de la presse est extrêmement élégant.

Chaque moule est placé sur un chariot visible à gauche de la presse M. Le moule se compose tout simplement d'une plaque de tôle reposant sur 4 roues, le tout circulant sur des rails placés eux-mêmes sur le bâti de la presse et de chaque côté du piston. Le système comprend deux chariots et deux plateformes interchangeables entre eux et entre elles. Le chariot est plus large que le piston de compression.

Nous supposons le moule rempli de mortier. On l'avance en manœuvrant la corde de manœuvre et on l'amène sur le plateau de compression. On fait alors marcher l'un des accumulateurs O pendant qu'à l'aide de la pompe N on remet en pression le second accumulateur ; le piston se soulève, entraîne avec lui la plaque sur laquelle repose le moule, et le tout est soulevé. La compression terminée, le piston redescend en ramenant le moule et replaçant les roues sur les rails. Pour démouler on tire le chariot en avant à l'aide de la corde de manœuvre et le second moule qui a été rempli de mortier pendant l'opération de compression vient se placer sur le plateau de la presse. On fabrique alors une nouvelle dalle. Pendant cette opération, la première dalle est démoulée ce qui a lieu en déclavetant d'abord les deux bouts du moule d'acier ; puis on enlève la dalle en soulevant la contre-plaque mince posée sur la tôle dont nous avons parlé plus haut et sur laquelle on a versé le mortier.

Cette plaque mince qui peut présenter des stries ne sert qu'à faciliter le démoulage et à enlever la dalle ; on peut aussi placer sur cette feuille mince une feuille de papier. La dalle étant démoulée, on réunit de nouveau les deux bouts du moule à l'aide d'une clavette et on ramène le tout en arrière pour occuper

la première position. On remplit le moule de mortier, on démoule la dalle qui a été pressée et on procède à une troisième opération.

Le procédé consiste donc à donner un mouvement de va-et-vient aux deux chariots. Ce mouvement a lieu comme le montre la planche à l'aide d'un câble sans fin circulant sur 2 poulies à gorge placées chacune à une certaine distance et de chaque côté de la presse. Chaque chariot est fixé à demeure au câble. Quand on éprouve le besoin de changer les dimensions des dalles, on place un moule différent et on fixe sur le sommier supérieur de la presse une plaque de compression épousant les dimensions de la dalle.

Les dalles devant résister à l'usure on les fabrique en deux mortiers. On verse d'abord dans le moule une certaine épaisseur de mortier riche composé de ciment et de clinkers broyés, ou de débris de granit, puis comme remplissage, on verse l'épaisseur voulue de mortier ordinaire.

La presse est actionnée par 2 accumulateurs donnant sur chaque dalle une pression de 2 tonnes 1/2 par pouce carré.

Toute l'usine est actionnée par la dynamo Q qui reçoit le courant de l'usine électrique annexe.

Usine E (Angleterre)

L'usine que M. Ford a installée à Llanfynydd à quelque vingt kilomètres de Liverpool était plutôt à l'époque de notre visite une usine de

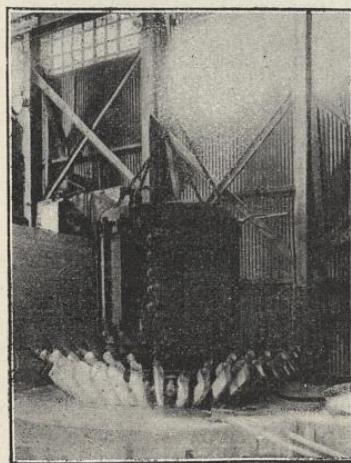


Fig. 12.

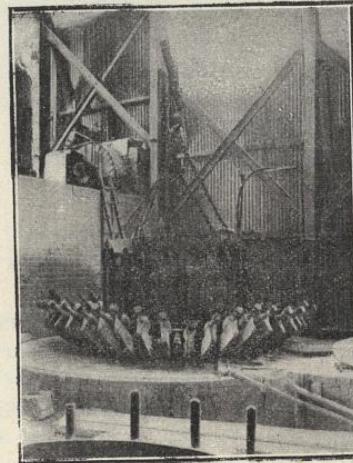


Fig. 13.

démonstration qu'une usine de vente, quoique déjà assez importante. Cette usine ne produit pas de briques silico-calcaires, mais de la pierre artifi-

cielle sous la forme de gros blocs, ce qui est tout particulièrement intéressant.

Chaux. — La chaux arrive à l'usine en crottes dans des boîtes en tôle ; elle est concassée, puis broyée par un broyeur à boulets et blutée par un séparateur à vent Askam, de façon à traverser les mailles d'une toile contenant 200 mailles par pouce carré.

Sable. — Le sable est un sable artificiel obtenu par la pulvérisation de grès.

Les morceaux, de la grosseur du poing, sont concassés par un concasseur à boulets. Les fragments broyés par un broyeur à meule verticale, sont blutés par un appareil à plan incliné à 45° dont la toile est remplacé par des cordes à piano placées dans la longueur du plan. Le broyage est conduit de telle façon que la poudre puisse traverser une toile contenant 200 mailles par pouce carré.

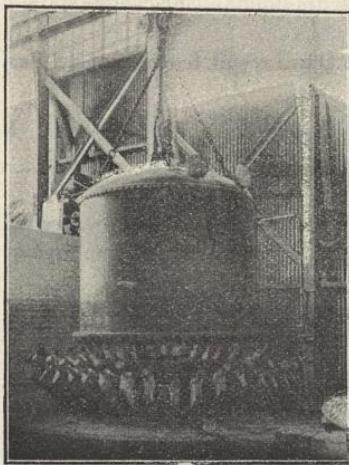


Fig. 14.

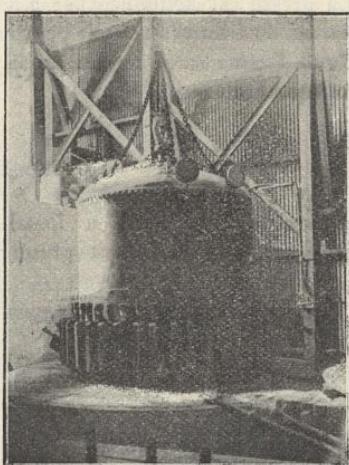


Fig. 15.

Les cordes assez grosses sont placées à raison de 20 au pouce. Le sable est séché dans un séchoir horizontal.

Le sable et la chaux sont déversés dans une trémie d'attente séparée en deux parties, alimentant un doseur automatique. Du doseur, les deux produits déjà mélangés tombent dans une boîte d'où ils sont versés par une petite vis dans une monteuse alimentant une seconde placée au-dessous du moule.

Moulage. — Le mélange grenu contenant 8 % de chaux vive du poids du sable est déversé dans un moule vertical. Ce moule se compose de deux demi-cylindres en tôle très résistante et assemblés entre eux à l'aide de solides boulons. Le fond et la paroi circulaire sont percés de trous de 8 à 10 millimètres de diamètre.

Pour le remplissage du moule, on emploie un système tout particulier qui empêche les couches de se superposer sans se lier, ce qui se présente fréquemment avec les procédés de remplissage habituels. Pour empêcher le litage, le mélange tombe automatiquement sur une plaque reliée à un arbre vertical en tôle perforée de trous de 20 millimètres de diamètre ; au-dessous de cette table circulent des raclettes et une roulette dont une partie est légèrement inclinée. Cet appareil répartit uniformément la matière sous une charge toujours uniforme. Le poids du disque est de 700 kilogrammes et celui de l'arbre de 900. Au début de l'opération, le disque est placé dans le fond du moule, puis le tout monte automatiquement à mesure que le moule se remplit. Un bloc de 10 tonnes peut être rempli en 20 minutes.

Le mélange est tassé assez énergiquement pour qu'un crayon de faible diamètre ne puisse être enfoncé dans la masse que sous un effort de la main assez énergique.

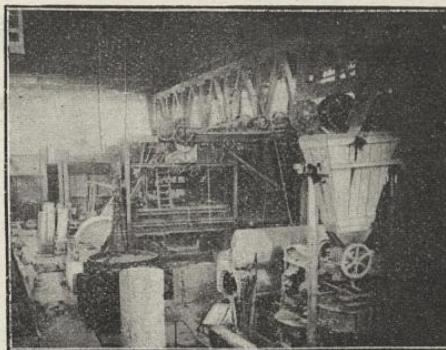


Fig. 16.

Lorsque le moule est rempli aux 3/4 le chariot sur lequel il est posé se déplace et un pont roulant prend le moule et le plonge dans un autoclave enterré dans le sol. Le pont roulant va ensuite saisir la calotte de l'appareil et la place sur l'autoclave sur lequel on la boulonne.

Lorsque le montage est terminé, une pompe Westinghouse fait un vide de 25 à 28 pouces pendant 1 heure ; on fait ensuite arriver de l'eau chaude puis on la porte à une pression de 120 livres par pouce carré. Cette pression est laissée pendant 8 heures, l'appareil étant relié aux générateurs de l'usine.

On laisse refroidir l'autoclave, on enlève la calotte ainsi que le moule par les moyens employés pour les mettre en place et on laisse refroidir. On déboulonne ensuite les deux parties du moule et on enlève le bloc de pierre qui peut peser jusqu'à 15 tonnes. Lors de notre visite on moulait un cylindre ayant 3 pieds 1/2 de hauteur.

Le cylindre obtenu est ensuite débité en tranches à l'aide d'une scie de mar-

brier et les fragments sont taillés avec les appareils employés habituellement dans les tailleries de pierres naturelles.

Une scie de marbrier à 7 lames fonctionnait lors de notre visite.

La pierre est d'un bel aspect, d'un beau grain grenu, se laissant tailler au ciseau.

D'après M. Ford, 6 tonnes de pierre n'exigent que 1/5 de tonne de charbon.

Comme on le voit cette fabrication diffère complètement de celle de la brique silico-calcaire ordinaire, et c'est certainement le plus grand progrès accompli dans cette industrie, depuis sa naissance.

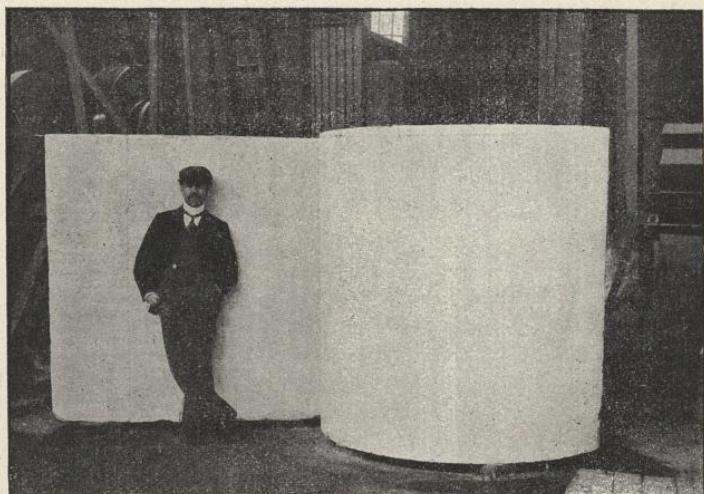


Fig. 17. — Bloc de pierre.

Il est très facile de concevoir le processus de la transformation de ce mélange de chaux et sable en une pierre dure et compacte.

En faisant le vide dans l'appareil on enlève l'air remplissant les vides du mélange ; aussi lorsque l'eau chaude est introduite elle se précipite dans les nombreux vides. Au contact de l'eau chaude, la chaux anhydre du mélange s'hydrate en augmentant de volume et comme toute la masse de chaux et sable est retenue par les parois résistantes du moule cylindrique, cette augmentation de volume de la chaux se produit inévitablement aux dépens des vides du mélange. Par l'effet même de l'expansion de la chaux le mélange est soumis à une compression qui doit être considérable. Ensuite, sous l'influence de la vapeur la chaux et la silice réagissent et l'agglomération se produit comme dans la fabrication ordinaire du silico-calcaire.

On voit immédiatement comment ce mélange qui n'est comprimé par aucune

presse mécanique ou hydraulique peut néanmoins durcir et donner de la pierre.

Ce procédé est extrêmement intéressant, non seulement au point de vue théorique, mais aussi par les applications qui en découlent au point de vue de la fabrication de pierre d'ornement, de pierre à bâtir et surtout au point de vue des applications à la mer.

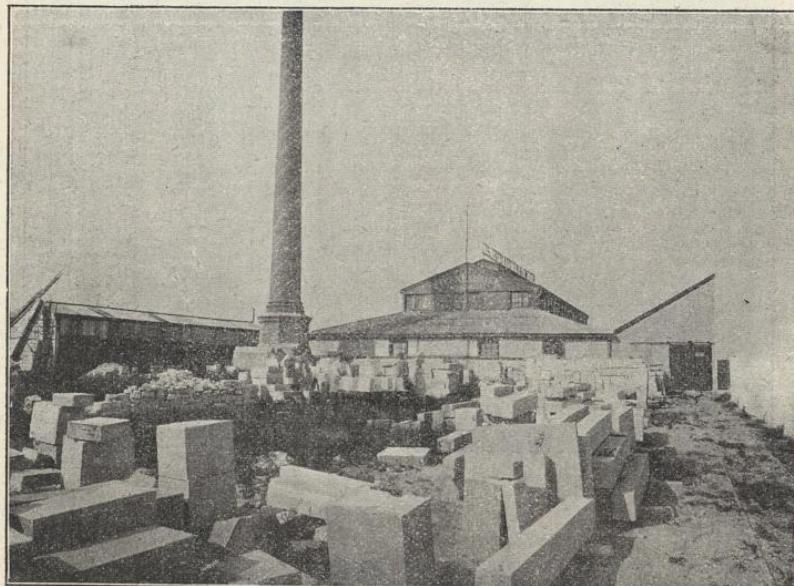


Fig. 18. — Usine de Kranenburg (Hollande).

Comme nous l'avons écrit à propos de l'action de l'eau de mer sur le silico-calcaire les expériences de M. Féret et les nôtres tendent à démontrer que ce produit est indécomposable par l'eau de mer.

On peut donc produire par ce procédé des blocs d'enrochement ou de remplissage du poids de 15 tonnes et même plus, puisqu'aucune presse n'entre dans cette fabrication.

Il serait certainement intéressant d'effectuer quelques essais dans ce sens, en immergeant des blocs en pleine mer.

Usine F (Hollande)

Dans cette usine située à Kranenburg près La Haye on fabrique des briques et de la pierre silico-calcaires avec le sable provenant directement des dunes

situées dans le voisinage de l'usine. Ce sable est mélangé avec de la chaux en partie éteinte et en partie non éteinte dans le but d'économiser le séchage artificiel du sable.



Fig. 19. — Dalle en pierre silico-calcaire.

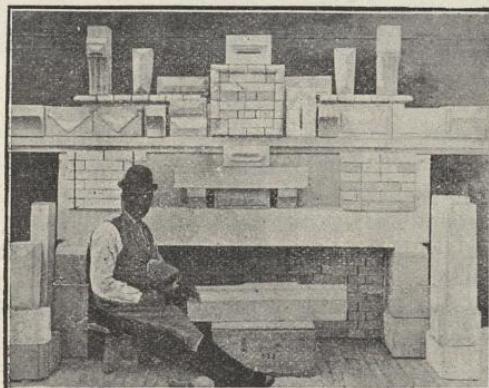


Fig. 20. — Taille de la pierre.

Mélange. — Le mélange se compose d'environ 1.500 kilogrammes de sable pour 140 kilogrammes de chaux dont 1/3 est non éteinte, ce qui donne une

proportion de 10 o/o environ. La chaux non éteinte que l'on emploie pour le mélange est broyée à l'usine dans un broyeur à boulets. Le mélange effectué à la pelle est jeté dans un mélangeur horizontal dans lequel tournent 2 arbres à ailettes à des vitesses variables. Pour permettre de remplacer les parties usant le plus rapidement les ailettes des arbres sont munies de bouts interchangeables en acier.

Silo. — Au sortir de ce mélangeur dans lequel il n'y a pas d'admission d'eau en raison de l'humidité naturelle du sable, le mélange tombe dans une trémie dans laquelle il est ramassé par un élévateur à godets qui le déverse dans un silo où on le laisse pendant 48 heures.

Mélangeur à meules verticales. — Du silo le mélange de sable et de chaux est jeté dans un malaxeur mesurant 2 m. 80 de diamètre et pourvu de deux meules verticales d'un poids fort élevé.

Presse. — La presse employée à Kranenburg pour la fabrication des briques silico-calcaires est une presse à plateau rotatif à deux alvéoles du type Amandus Kahl de Hambourg. Cette presse produit en moyenne 1.200 à 1.550 briques à l'heure, soit environ 50.000 briques par semaine. La puissance utilisée par cette presse est de cinq à six chevaux. Cette presse donne des briques de dimensions françaises soit $11,22 \times 5,5$; la pression totale exercée sur la brique est, nous a-t-on assuré, de 70.000 kilogrammes.

D'après le propriétaire de l'usine on peut fabriquer avec cette presse 1 million 1/2 de briques sans qu'il soit nécessaire de remplacer les contreplaques qui garnissent les parois intérieures des moules.

Le nettoyage de la table supérieure de la presse pour enlever le mélange en excès restant après le démoulage des briques se fait automatiquement. Deux hommes sont nécessaires pour le service de la presse et la recette des briques.

Autoclaves. — Les briques pressées placées sur des wagonnets circulant sur rails sont introduites dans quatre autoclaves disposés sur le même plan et communiquant entre eux de façon qu'au refroidissement la vapeur d'échappement d'un des autoclaves serve à chauffer les briques que l'on vient d'enfourner dans l'autoclave voisin.

Ces autoclaves peuvent contenir chacun 6 wagons chargés de 1.000 briques chacun, ce qui donne une capacité de 6.000 briques par autoclave. Ils mesurent 10 mètres de long et ont un diamètre de 1 m. 80. La pression est de 7 atmosphères 1/2.

La grande pression dure 5 à 6 heures. Les briques restent dans l'autoclave pendant 24 heures y compris l'échauffement et le refroidissement.

Les portes des autoclaves sont levées à la main au moyen de chaînes passant sur des poulies accrochées à une poutre en métal. Pour éviter que les portes ne tombent par suite de la rupture de la chaîne une fois en place, les portes glissent entre des fers dont les ailes sont munies d'une encoche, dans laquelle on place une clavette correspondant à une échancrure de la porte. Ce système de suspension, comme nous l'a fait remarquer le propriétaire de l'usine n'est pas à recommander.

Moteur. — La puissance du moteur est de 30 chevaux.

Ce moteur est alimenté par deux générateurs à bouilleurs timbrés à 8 kilogrammes de pression et dont la surface de chauffe est de 63 mètres carrés.

Fabrication des pierres. — Une des particularités de cette usine est la fabrication de dalles et de pierres d'ornement sculptées en silico-calcaire.

Cette fabrication est surtout intéressante dans un pays où comme en Hollande la pierre est peu commune.

Pour cette fabrication, on construit d'abord des moules en bois affectant le profil des pierres à produire dans lesquels on pilonne à l'aide d'une dame le mélange silico-calcaire employé pour la fabrication des briques. Quand la pierre est trop volumineuse et qu'on est obligé d'opérer par plusieurs couches, il faut dégrader assez profondément la première couche avant de placer la seconde pour permettre la liaison du produit.

Malgré cette précaution, on remarque sur de nombreuses dalles des espèces de décollement indiquant que les différentes couches éprouvent des difficultés à se lier entre elles.

Certaines des dalles que nous avons vues mesuraient 2 m. 50 sur 0 m. 25 et 2 m. 50 sur 0 m. 50. Il y avait également des dalles de tailles intermédiaires et des blocs d'environ 50 au carré sculptés par un sculpteur sur pierres comme le montre la photographie (fig. 20).

Prix. — Le prix des briques est de 11 à 12 florins le mille et le prix des dalles est de 30 à 40 florins le mètre cube le tout pris à l'usine.

Usine G (Allemagne)

Sable. — L'usine « Hartziegelwerk Hamburg » (Planche 11) est approvisionnée de sable provenant du dragage de l'Elbe. Le sable est amené à l'usine par petits bateaux sur le canal bordant un des côtés de l'usine. Une petite grue électrique monte le sable qui est déchargé en un vaste silo de plusieurs milliers de mètres cubes qui doit constituer avant la mauvaise saison la provision d'hiver de l'usine. Le sable est ensuite jeté ou même descend par son propre poids dans un distributeur A placé au-dessus de la trémie d'alimentation d'une monteuse à godets B. Cet appareil est constitué par une auge dans laquelle circule une palette mue par un arbre vertical placé dans l'axe vertical du distributeur. Ce mode de distribution donne lieu à quelques inconvénients lorsque le sable s'écoule trop rapidement. Il arrive alors que la palette du distributeur est coincée dans l'auge et qu'une grande quantité de sable passe brusquement par l'ouverture et vient caler la monteuse à godets. On ajoute au sable les briques manquées qui ont été au préalable broyées dans le broyeur à chaux ou même simplement concassées à la main. Le sable est fin, mélangé de petits graviers et de détritus de toutes sortes ; ces matières sont séparées par un trommel à mailles.

De la monteuse à godets le sable est déversé dans un cylindre mélangeur C d'où il tombe par une trémie en bois E dans un doseur à deux compartiments D.

Ce doseur se compose d'un simple tambour dans lequel une paroi mobile permet de rétrécir ou d'augmenter le volume des deux alvéoles.

Chaux. — La chaux arrive à l'usine en crottes, et ces crottes sont montées au premier étage puis introduites dans un broyeur à boulets. La chaux descend dans le petit côté de la trémie en bois dont nous avons parlé plus haut puis dans le doseur automatique. Le tout tombe dans un tambour à parois pleines F servant de malaxeur. Le mélange arrive à l'extrémité droite du tambour figurant la petite base du cône et descend sous l'influence du mouvement de rotation dans la trémie d'alimentation d'une monteuse à godets. Le mortier est arrosé avec de l'eau de condensation de la machine.

Silotage. — Le mélange mouillé est monté à l'étage supérieur de l'usine par une monteuse. Cet étage ouvre sur trois vastes silos G en maçonnerie de 100 m³ qui suffisent pour alimenter l'usine pendant 18 heures. temps pendant lequel la matière est silotée pour permettre à la chaux de s'éteindre.

Moulage. — Le mortier est pris à la pelle dans les silos et jeté dans la cuve d'alimentation d'une monteuse à godets qui le déverse dans une trémie alimentant les deux couloirs H aboutissant aux trémies des deux presses I, système Kahl.

Ces presses présentent certaines particularités intéressantes telles que la suppression du chemin de roulement des plots qui sont mis au point par une couronne vissée sur un pignon central placé au centre même de la presse.

Pour éviter l'usure du plateau de la presse il y a une couronne centrale ayant seulement la largeur d'une brique; de plus, pour éviter le décentrage du plateau, on a placé sous la partie massive recevant l'effort de compression un coin mobile pouvant, à l'aide de trois écrous, entrer ou sortir de la partie libre entre le plateau et le massif.

Comme mesure de sûreté et pour éviter qu'en cas de non-fonctionnement du disque en caoutchouc, la presse ne vienne à se briser, la clavette calant la poulie de commande de la presse sur l'arbre possède une section calculée pour se rompre sous un effort de 100 tonnes.

Les plots présentent dans leur plus petite partie un évidement glissant dans une rainure et servant à assurer leur calage. On redresse les plaques supérieures des plots ou on les change lorsque l'usure est trop considérable.

La table contient douze moules. La construction de cette presse qui ne comprend qu'un seul jeu d'engrenages pour actionner les plots et pas de levier à genouillière est simple et robuste. Le pivot du levier qui donne la pression aux pistons est placé sur deux colonnes contenant chacune les plaques de caoutchouc dont nous parlons plus haut.

Trois hommes assurent le service de la presse, un étant chargé de brosser la plaque et de râcler le fond des alvéoles. Nous avons chronométré une production de 1.536 briques à l'heure.

Cuisson. — La cuisson a lieu dans trois autoclaves J en communication les uns avec les autres permettant de chauffer l'un avec la vapeur d'échappement de

l'autre. Ces appareils sont reliés à un manomètre enregistreur (3 manomètres par conséquent) placé dans le bureau du directeur.

La cuisson a lieu pendant 8 à 10 heures sous une pression de 8 kilogrammes.

Les autoclaves ont 16 mètres de long sur un diamètre de 2 mètres. Ils peuvent contenir 14 wagonnets de 1.000 à 1.050 briques. Nous avons compté 1.008 briques sur un des wagonnets chargés.

Pour l'ouverture des autoclaves il existe au-dessus des autoclaves un chemin de roulement sur lequel circule un galet relié à une poulie à laquelle on accroche la porte de fermeture qui se place à droite ou à gauche des autoclaves.

Ces autoclaves sont noyés complètement dans un massif en maçonnerie et on a laissé la place nécessaire pour permettre d'ajouter trois autres autoclaves pour pouvoir doubler ainsi la puissance de l'usine qui produit actuellement 50.000 briques par 24 heures. Cette usine travaille jour et nuit. Les briques sont d'un format particulier $22 \times 6 \times 10,5$.

Usine H (Allemagne)

Avant de décrire l'usine proprement dite, nous avons pensé qu'il était intéressant de visiter le laboratoire d'essais du constructeur des appareils utilisés dans cette installation ainsi qu'une nouvelle presse rotative en construction au moment de notre visite.

L'usine d'Osnabrück de MM. Bruck-Kretschel où l'on fabrique les presses de ce nom employées pour la fabrication des briques de laitier possède une petite usine d'essais se composant d'une presse normale et de l'extincteur mélangeur préconisé par cette maison.

La fabrication telle qu'elle est conçue se subdivise en quatre parties :

1^o Broyage de la chaux vive; 2^o mélange et extinction; 3^o compression; 4^o cuisson.

L'usine d'essais possède pour le broyage de la chaux un petit broyeur à boulets;

Mélange et extinction. — Le sable étant souvent humide et nécessitant pour assurer un bon mélange une dessiccation préalable nécessairement coûteuse, on a tourné cette difficulté en utilisant l'eau d'humidité à l'extinction de la chaux sans employer la méthode de silotage.

Pour cette opération, on jette le mortier sec dans un petit cylindre extincteur de laboratoire qui sera décrit plus loin (p. 91); si le mélange est particulièrement sec on ajoute une petite quantité d'eau.

On ferme l'ouverture de l'extincteur, on fait arriver de la vapeur directe des générateurs et on fait tourner les ailettes placées à l'intérieur. Après 20 minutes de séjour dans cet appareil où la pression a monté jusqu'à 5 atmosphères, on arrête l'admission de la vapeur. La vidange a lieu très facilement, en ouvrant une petite trappe située à la partie inférieure, et en faisant manœuvrer les palettes.

Le plus grand numéro que nous avons vu à peu près achevé dans les ateliers de l'usine offre une capacité totale de 5.600 litres pouvant recevoir 2 mètres cubes 1/2 de mélange. Le poids total d'un semblable appareil est de 20.000 kilogrammes et les deux ailettes en acier forgé pèsent chacune environ 1.200 kilogrammes ; ces deux ailettes tournent en sens inverse. En charge cet appareil absorbe une puissance de 22 chevaux. Il est à double enveloppe, et la capacité intérieure de cette double enveloppe est de 284 litres. C'est dans cet espace qu'arrive la vapeur d'échappement de la machine ou celle du générateur. Comme avec les appareils beaucoup plus réduits, l'opération totale y compris le chargement et le déchargement de la matière, demande 25 minutes.

Presse. — Pour le petit essai de laboratoire dont nous parlons, la matière chaude est déversée à l'aide d'un seau dans la trémie d'alimentation de la presse qui contient un chargeur à alvéoles dosant la quantité nécessaire pour une brique. Pendant la rotation de l'engrenage de la machine, un piston plat entre dans l'intérieur de la trémie d'alimentation sous le doseur pendant qu'un second piston animé d'un mouvement contraire entre par l'extrémité opposée venant comprimer la matière contre le premier piston. La compression effectuée, le premier piston pousse le tout, et la brique vient se présenter maintenue dans le vide par les deux faces de compression. Un ouvrier la saisit alors à l'instant même où le piston s'écarte et la pose sur le wagonnet.

Cette machine d'une grande simplicité offre peu d'organes pouvant subir les atteintes du sable et, par conséquent susceptibles de s'user avec rapidité. Les engrenages sont tout à fait en dehors et assez loin des organes de compression.

A première vue, cette presse présente l'apparence d'une machine d'un maniement délicat pour l'ouvrier chargé de saisir la brique juste à l'instant où les pistons s'écartent. Il semble pourtant que les deux ou trois cents machines déjà livrées à l'industrie dont plusieurs sont utilisées dans les usines du nord et de l'est de la France soient un démenti à cette observation.

La force de compression de cette presse est de 30 tonnes, et dans le cas où pour une circonstance anormale quelconque, l'effort de compression serait supérieur, les boulons maintenant les deux pistons de compression sont calculés pour se séparer des têtes à un effort supérieur à celui indiqué.

Le débit de la machine est de 1.000 à 1.200 briques à l'heure.

Il existe une presse de plus grande puissance donnant un effort de 50.000 kilogrammes au lieu de 30.000 mais produisant le même nombre de briques.

Presse à plateau. — Ce constructeur fabrique également une presse à plateau.

Comme le montrent les figures 21, 22 et 23, la commande des deux côtés est absolument symétrique. La force est transmise de l'arbre principal au moyen de 2 paires d'engrenages calés sur un arbre coudé. Par l'intermédiaire d'un levier, cet arbre agit sur le piston compresseur placé au-dessous du moule, comprimant le mortier contre une traverse extrêmement solide. Après chaque compression la table contenant 8 moules tourne de 45 degrés, les plots compres-

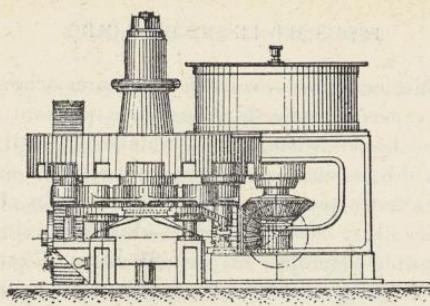


Fig. 21. — Vue de côté.

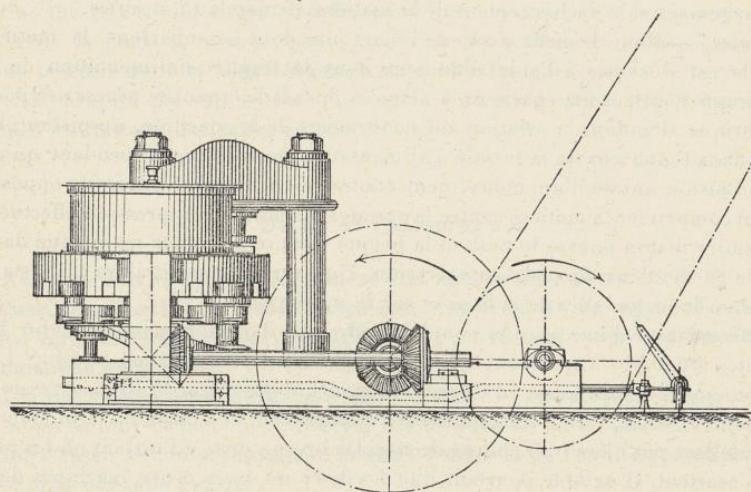


Fig. 22. — Elévation.

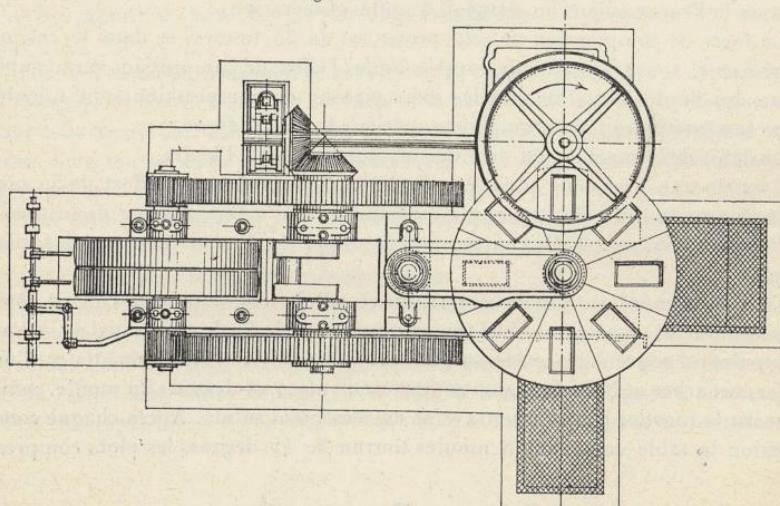


Fig. 23. — Plan.

seurs, guidés par des rouleaux, glissent d'abord selon une courbe ascendante, démolant ainsi les briques. La courbe descend ensuite et le piston s'enfonce dans le moule, ce qui permet à l'alvéole de recevoir la provision de mortier nécessaire.

La rotation de la table se fait au moyen de fentes, dans lesquelles vient attacher une came recevant son mouvement par l'engrenage conique de l'arbre principal. Cette commande sert en même temps à mouvoir les agitateurs placés dans la cuve de remplissage.

Les pistons compresseurs sont guidés en dehors dans la table même par un second guidage, évitant ainsi qu'ils se placent obliquement ou qu'ils se coincent.

Les plaques garnissant les moules sont fabriquées en acier trempé et peuvent être retournées après usure partielle pour être usées sur chaque face, ce qui réduit les frais d'entretien.

La presse est d'un poids d'environ 10.000 kgs et peut produire normalement y compris les arrêts inévitables environ 1.200 briques à l'heure. La force prise par cette presse est de 6 chevaux. Les briques reçoivent une compression très forte, ce qui leur donne une surface lisse et des arêtes vives permettant leur utilisation non seulement comme briques de remplissage, mais aussi comme briques de façade. La pression est d'environ 80.000 kgs.

Cette presse se construit aussi pour un débit de 2.000 briques à l'heure. Dans cette construction, elle produit à chaque rotation de l'arbre coudé deux briques au lieu d'une. On économise ainsi dans les exploitations de quelque importance sur les frais d'installations et de main-d'œuvre.

L'usine possède un petit laboratoire où elle essaie les briques à l'aide d'une petite machine hydraulique, fabriquée par la maison elle-même, dans laquelle comme dans les presses Amsler-Laffon l'eau est remplacée par de l'huile. Cette presse est actionnée au moteur mais peut également se manœuvrer à bras. Elle est munie d'un manomètre étalon et d'un second manomètre gradué de telle sorte qu'on peut lire directement la pression reçue par la brique par centimètre carré.

L'usine « Hartsteinfabrik Gruppenbuhren », près Brême (Planche 10), raccordée au chemin de fer, se trouve placée sur la carrière même. Le sable très fin contient néanmoins des couches de sable plus grossier et même dans certaines couches des graviers, et des gros cailloux. Certaines couches sont composées de sable blanc à grains siliceux pendant que d'autres sont composées de sable rapporté à grains beaucoup plus grossiers. Au-dessus et au-dessous de cette couche se trouvent des couches de sable de dunes.

Le sable est d'abord tamisé à la claire à trous d'environ 2 centimètres donnant par conséquent passage à des graviers assez volumineux, comme nous l'avons constaté en brisant plusieurs briques prélevées dans les tas.

Le sable est pris à la pelle et jeté dans des wagonnets contenant 1.600 kilogrammes environ. Les wagonnets sont ensuite poussés sur un monte-charge à déclenchement automatique de la maison dont nous venons de parler.

Monte-charges. — Pour le déclenchement un levier est placé à portée de la

main de l'ouvrier chargé de pousser les wagonnets sur la plate-forme du monte-charge. Ce levier actionne la poulie mettant en mouvement le treuil du monte-charge, à l'aide de pignons et d'une crémaillère. Cette crémaillère peut également être mise en mouvement par l'ouvrier placé en haut, ce qui permet à l'un ou à l'autre de faire monter ou descendre le monte-charge. Pour éviter des accidents, une porte se ferme automatiquement lorsque le wagonnet commence à monter ou à descendre.

La commande se fait par deux larges tambours fous, entre lesquels se trouve une poulie fixe. Deux courroies, une droite, l'autre croisée, s'appliquent sur chaque tambour. Entre ces poulies et la roue à vis se trouve un frein construit de telle façon qu'il ne serre la roue à vis qu'autant que les deux courroies se trouvent sur les tambours fous.

Ce frein cesse de serrer dès qu'une des courroies a été conduite sur la poulie fixe, et il recommence à serrer dès que cette courroie est ramenée sur la poulie folle. Ce jeu s'obtient par un plan incliné qui se trouve sur la tige débrayee laquelle hausse à un moment donné un étrier à rouleau, ce qui annule le serrage du frein.

La roue à vis en acier tourne jusqu'à son axe dans un bain d'huile. Le pignon est en bronze phosphoreux. Sur l'arbre de la vis se trouve le tambour à câble. Par rotation à gauche un des plateaux monte tandis que l'autre descend. La rotation à droite donne l'inverse.

La tige débrayee est en communication avec le monte-charge proprement dit. Le plateau du monte charge fait manœuvrer la tige à gauche et à droite dès qu'il est arrivé en haut ou en bas, ce qui détermine l'arrêt du treuil.

La tige débrayee verticale qui manœuvre les débrayeurs horizontaux peut être actionnée en haut et en bas, à l'aide d'un levier. Ce levier en position horizontale indique que le frein est débrayé. En le guidant vers le haut le treuil s'embraie de façon qu'un plateau monte et l'autre descend.

Ce treuil se distingue de la plupart des autres constructions en ce qu'il n'emploie pas d'autres engrenages que la commande par vis précitée, ce qui détermine une marche absolument silencieuse.

La vis est d'une construction telle qu'elle sert de frein et évite l'emploi d'un régulateur de vitesse.

Pour ces raisons le mécanisme est d'une grande simplicité et correspond à toutes les prescriptions des inspecteurs du travail en Allemagne en ce qui concerne les risques d'accidents.

La force prise par ce monte-charge est d'environ 9 HP. en montant des wagonnets de sable de 750 litres.

Les portes du monte-charge se manœuvrent dans le sens des débrayeurs. Dès qu'un plateau commence à descendre ou à monter les portes commencent à se fermer et dès que les plateaux ont parcouru environ 1 m. 50, la porte est complètement fermée. De même les portes s'ouvrent automatiquement dès que les plateaux du monte-charge arrivent à leurs points terminus.

Cet appareil exige peu d'entretien, à part le remplacement du câble qui doit se faire généralement chaque année.

Mélange. — Le broyage de la chaux qui arrive en crottes à l'usine a lieu à l'aide d'un concasseur à mâchoires *u* et d'un broyeur à boulets *x*. L'ouvrier casse les plus gros morceaux au marteau, les jette dans la trémie du concasseur d'où une monteuse à godets *v* prend les fragments pour les déverser dans la trémie d'alimentation d'un broyeur à boulets. La chaux tamisée tombe dans des sacs qui sont élevés à l'étage supérieur. Le broyeur à boulets est muni d'un ventilateur à poussières.

Le sable arrive donc par le monte-charges à l'étage supérieur de l'usine, le wagonnet est pris et roulé jusqu'à une trémie d'alimentation *g* où il est renversé. On jette ensuite la quantité de chaux suffisante (8 à 10 %) et le tout est déversé dans le mélangeur extincteur *h*.

Mélangeur extincteur. — Pour la manœuvre de cet appareil l'ouvrier est placé sur une plateforme au niveau de la porte d'alimentation de l'appareil. Cette porte se ferme à l'aide d'une manette. Lorsque la porte est ouverte, le conducteur de l'appareil ouvre celle de sortie du cône de la trémie, et toute la charge tombe dans le malaxeur extincteur. Lorsque la porte est fermée on ajoute la quantité d'eau nécessaire à l'aide d'un bac jaugeur placé en charge de l'appareil. Il est entendu que les ailettes sont mises en mouvement avant l'introduction de la charge. La porte est fermée et la vapeur introduite intérieurement, et entre les deux parois. Le malaxage dure environ 20 minutes à une pression de vapeur de 5 kilogrammes.

L'opération dure en tout 25 minutes.

Un appareil peut, nous a-t-on dit, durer deux années sans réparations. L'usure des ailettes varie de 5 à 10 centimes par 1.000 briques. Lorsque le mélange est terminé, l'ouvrier ouvre la porte supérieure, prend à l'aide d'une cuillère un échantillon et regarde à la main si le mélange est assez plastique. Dans le cas contraire, il ajoute la quantité d'eau jugée nécessaire et il remet l'appareil en marche pendant quelques instants.

L'opération terminée, le conducteur descend de la plateforme et ouvre la porte de sortie à l'aide d'un levier. Le mélange tombe à l'étage inférieur sur un plan incliné à deux pentes inverses. Cette double inclinaison permet de former deux tas à proximité des ouvertures percées dans le plancher. Ces ouvertures communiquent avec un couloir en bois aboutissant à la trémie d'alimentation de la presse K. Le mélange est jeté à la pelle dans les couloirs.

D'après M. Bruck l'extinction de la chaux en présence du sable donnerait des briques de qualités supérieures à celles fabriquées avec la chaux éteinte, cette opération étant déjà le début de la combinaison chimique qui a lieu dans l'autoclave. Peut-être est-ce tout le contraire, car il est possible que ce malaxage ait pour effet de détruire non pas le silicilate de chaux formé, mais l'adhérence du sable résultant de cette combinaison. Quoi qu'il en soit, et sans nous prononcer, ces appareils sont employés couramment en Allemagne.

Presses. — Les presses employées sont celles d'Osnabruck déjà décrites, fabriquant 10.500 briques par journée de 10 heures. Contrairement à ce qu'on peut

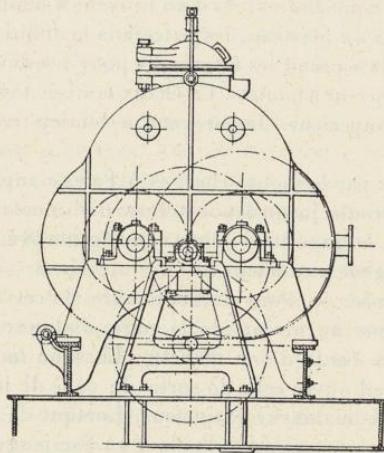


Fig. 24. — Coupe.

supposer, lorsqu'on ne voit pas la machine en marche, la prise des briques se fait avec une facilité relative comme l'un de nous l'a constaté lui-même en reti-

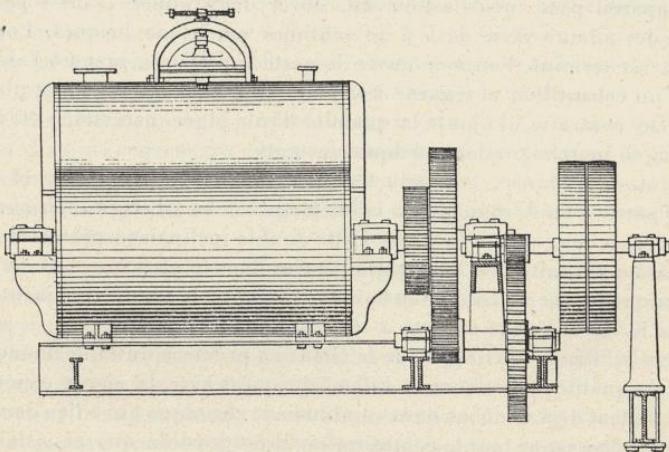


Fig. 25. — Élévation.

rant successivement plusieurs briques entre les pistons de compression, manœuvre que fait continuellement l'ouvrier démouleur.

Il est à remarquer, comme nous l'avons écrit plus haut, que ce sable contient des cailloux assez volumineux, c'est un des avantages de cette presse de pouvoir utiliser un pareil sable.

Cuisson — La cuisson a lieu dans deux autoclaves ayant 2 mètres de diamètre et une longueur de 6 mètres. La pression est de 8 à 9 atmosphères et la durée de la cuisson 9 à 10 heures.

Les deux autoclaves communiquent entre eux, et la vapeur d'échappement de l'un sert au début de la cuisson de l'autre. Les wagonnets sont de simples wagonnets ordinaires à plateformes. Pour l'ouverture des portes des autoclaves un chemin de roulement court au-dessus du massif en maçonnerie, contenant les autoclaves ; la porte de l'autoclave de droite se place devant l'autoclave de gauche et la porte de l'autoclave de gauche vient se placer entre l'autoclave de gauche et le mur.

Machine motrice. — Puissance : 120 chevaux, l'usine n'en dépensant que 70 à 80.

Un générateur à bouilleur timbré à 9 kilogrammes.

Surface de chauffe : 60 mètres carrés.

Prix du charbon : 16 marks la tonne.

Prix de la chaux : 160 marks par wagon de 10 tonnes à l'usine.

Prix des briques : 22 marks au détail prises à l'usine, 20 à 18 marks en gros prises à l'usine.

Main d'œuvre. — 3 marks pour une journée de 12 heures, de 6 heures du matin à 6 heures du soir.

L'usine possède également une petite machine à fabriquer les tuiles silico-calcaires, mais cette fabrication n'a pas été continuée.

Usine I (Allemagne)

Cette usine située dans le Schleswig-Holstein est placée sur la carrière même d'où on extrait le sable employé à la fabrication des briques.

L'examen de la couche de sable exploitée offre un très grand intérêt au point de vue géologique. Sur une épaisseur reconnue de près de 40 mètres, 16 seulement sont exploités, la couche d'eau souterraine empêchant de creuser plus profondément. Sur ces 16 mètres exploités, on peut constater qu'un grand nombre de remaniements des couches dus aux courants marins ont séparé chaque fois la couche inférieure de la couche supérieure par un lit d'argile et de matières organiques qui donnent au sable un aspect des plus colorés. Il s'ensuit que le sable en présence duquel nous nous sommes trouvés est essentiellement argilo-siliceux.

La couche exploitée se trouve à peu près à 100 mètres de l'usine et les wagonnets dans lesquels le sable est jeté à la pelle, sont amenés d'une profondeur de 15 mètres environ à l'aide d'une sorte de funiculaire à va-et-vient, jusqu'à un

monte-chargé double identique à celui installé à Gruppenbuhren décrit précédemment. En cas de besoin, le sable est déversé le long d'un plan incliné muni de rails pour être déchargé dans des hangars d'attente de 50 mètres de long sur 12 mètres de large, dont on tire la provision de sable nécessaire à l'alimentation des presses pendant la période d'hiver alors que le froid empêche l'exploitation de la carrière. Avec ce monte-chargé un wagonnet vide descend quand un wagonnet chargé monte ; celui chargé de sable est levé à l'étage supérieur de l'usine où il est basculé pour déverser son contenu dans une trémie pourvue d'une grille dont les barreaux sont espacés de 10 centimètres environ. Cette grille a pour but de retenir les silex les plus gros qu'un ouvrier enlève à la main. Le sable introduit dans cette trémie tombe à l'étage situé immédiatement au-dessous dans un tambour rotatif de forme tronconique dont les parois sont constituées par un treillis en fil de fer dont les mailles ont environ 15 millimètres d'écartement. C'est là le seul tamisage que subit le sable

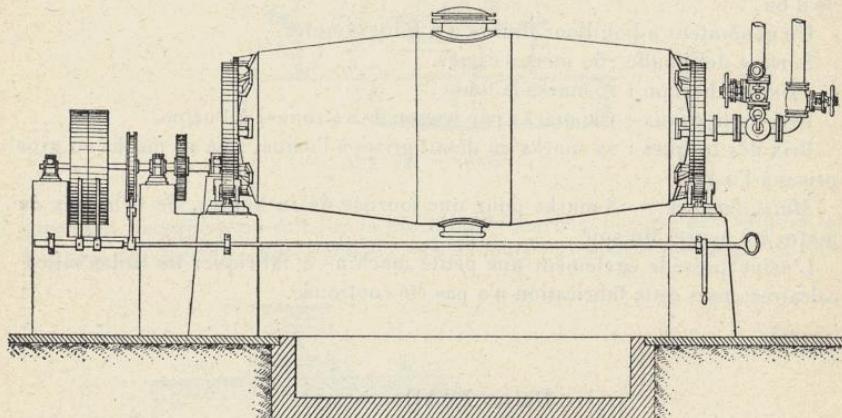


Fig. 26. — Tambour extincteur à chaux.

et on comprend aisément qu'il doit contenir une grande quantité de cailloux à son arrivée dans la presse.

Les silex rejetés par les mailles tombent dans un conduit qui les déverse dans un wagonnet d'attente placé en-dessous et qui, une fois plein, est amené hors de l'usine pour servir de remblai aux fouilles faites dans la carrière.

Le sable ainsi tamisé tombe dans un auget où il est repris par une monteuse à godets qui l'élève à l'étage supérieur pour le verser dans un doseur cylindrique en tôle de fer, mesurant environ 4 mètres de haut sur 1 m. 20 de diamètre. La partie inférieure de ce cylindre est constituée par une plaque tournante actionnée par des engrenages mis en mouvement par la transmission de l'usine. Ces engrenages portent intérieurement un axe muni d'ailettes chargées d'amener régulièrement le sable vers l'orifice de sortie du doseur, orifice dont la section est calculée pour laisser passer la quantité de sable nécessaire proportionnellement à la quantité de chaux.

Chaux. — La chaux vive provenant de Hanovre arrive en morceaux par wagons à l'usine. Elle est élevée par des wagonnets comme le sable au second étage de l'usine où elle est déversée sur un plan incliné qui l'amène à l'orifice d'un tambour extincteur que nous allons décrire. Chaque opération d'extinction comporte 1.000 kilogrammes de chaux vive introduite dans le tambour et additionnée de 800 litres d'eau.

Ce tambour extincteur du système F. Komnick (fig. 26) est constitué par un tambour en tôle d'acier ayant exactement la forme d'une olive dont les deux pointes seraient coupées. Sa longueur est de 5 mètres et son plus grand diamètre de 2 mètres. L'axe qui le met en mouvement est formé par un arbre en acier de 15 à 20 centimètres de diamètre reposant sur des paliers et recevant sa commande par courroies de transmission. Ce tambour animé d'un mouvement de rotation très lent est à peu près noyé à moitié dans une large trémie tronconique, en bois cerclé de fer, placée immédiatement au-dessous du tambour. Quand le trou d'homme du tambour extincteur a été ouvert, la chaux éteinte tombe dans la trémie.

Les parois métalliques de ce tambour sont assez résistantes pour pouvoir résister à la pression de la vapeur d'eau servant à l'extinction de la chaux. Cette pression atteint souvent 8 atmosphères.

La durée de l'extinction est d'environ 20 minutes, le fabricant considère ce laps de temps suffisant.

La trémie tronconique est fermée à sa base par un plateau supporté par un axe vertical et actionné par engrenage. Ce plateau est muni intérieurement d'aillettes en métal, entraînant et divisant la chaux et l'amenant à l'orifice de sortie par lequel elle tombe dans une auge munie d'une vis d'Archimède qui amène les poussières et les grappiers dans une monteuse à godets située à chaque extrémité de l'auget.

La monteuse à godets élève la chaux dans un séparateur pulvérisateur dont le but est de rejeter les grappiers et les incuits. La chaux, qui d'après les dires du fabricant, est parfaitement éteinte est amenée par cette monteuse à godets dans un doseur cylindrique, identique à celui servant au sable décrit plus haut. Ce doseur est placé parallèlement au premier et à environ 1 mètre d'intervalle. Il est nécessaire de surveiller l'extinction pour qu'il ne se forme pas de grumeaux par suite d'un excès d'eau qui viendrait colmater l'hélice du mélangeur, et donnerait toujours un mélange défectueux.

La plaque tournante et les ailettes chargées d'amener la chaux à la sortie du cylindre sont identiques à celles servant au sable. L'orifice de sortie du doseur est calculé de façon à ce que 10 % de chaux sortent alors que 90 % de sable tombent dans une trémie à vis. Cette trémie mène les deux produits sur le plateau d'un moulin à meules verticales animées d'un mouvement de rotation très rapide. Ce moulin absorbe 8 à 10 chevaux de force et est de système analogue au moulin décrit (page 73).

Pendant la période de sécheresse le mélange est mouillé par aspersion d'eau.

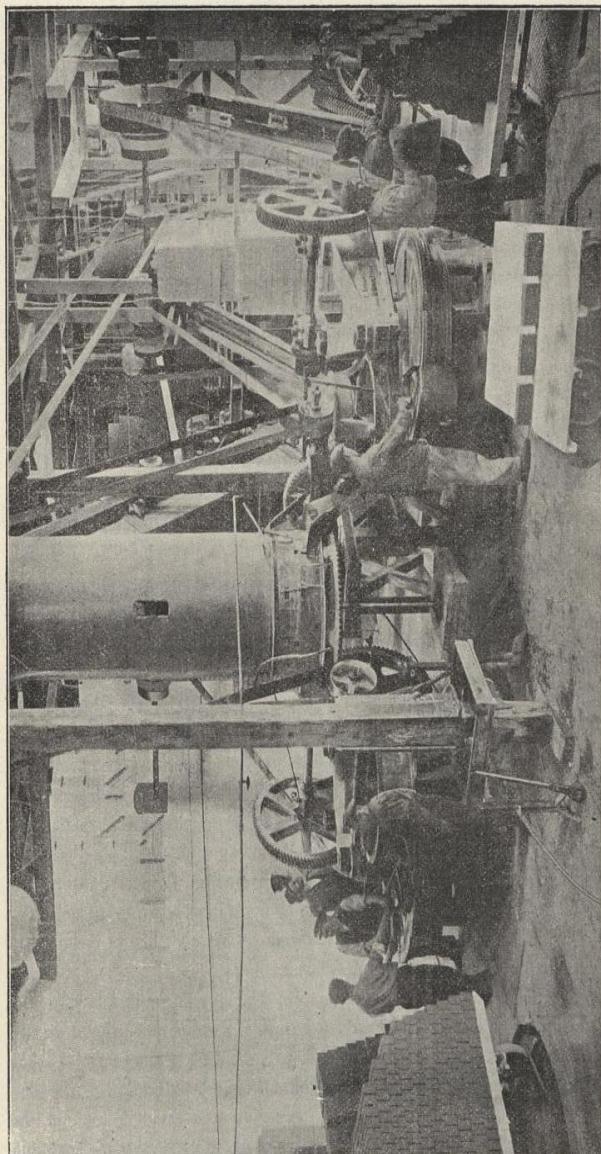


Fig. 27. — Vue intérieure de l'usine.

alors que pendant l'automne et l'hiver l'humidité seule du sable suffit amplement au mouillage du tout.

Ce moulin broyeur a pour but de mélanger intimement la chaux avec le sable avant de laisser tomber le mélange sur une table à secousses qui l'amène dans l'auget d'une monteuse à godets qui le porte dans l'auge d'alimentation des presses à briques, toutefois, le but que doit atteindre le mélangeur broyeur à meules verticales n'est pas toujours rempli, notamment lorsque le sable contient des cailloux assez volumineux.

Presses. — Les presses employées sortent de la maison F. Komnick. Ces presses sont établies sur le même principe que les presses rotatives que nous avons vues, sauf en ce qui concerne les compresseurs.

Elles comportent en effet chacune deux compresseurs exerçant chacun une pression de 100 tonnes, nous a-t-on assuré, sur la surface de la brique (de format allemand) soit 200 tonnes par presse. Elles ont douze moules permettant une production de 2.000 briques à l'heure par presse, ce qui assure à l'usine une production de 80.000 briques par journée de travail de 20 heures, l'usine marchant jour et nuit.

La force motrice absorbée par chaque presse est de 8 à 10 chevaux et on peut fabriquer au dire de M. Struve qui nous a obligamment guidés dans son usine près de 6 millions de briques sans avoir à changer les contreplaques des moules. En cas d'excès de pression celle-ci est absorbée par la rupture de clavettes de sûreté qui se rompent sous l'action de l'effort et empêchent ainsi la rupture du plateau.

La manœuvre de chaque presse exige 3 hommes dont 2 sont employés pour le démolage et 1 pour le nettoyage des alvéoles.

Autoclaves. — L'usine est pourvue pour la cuisson de cinq autoclaves alignés les uns à côté des autres et à demi noyés dans un massif de maçonnerie.

Chacun de ces autoclaves pouvant contenir de 7.000 à 8.000 briques empilées sur des wagonnets de 850 briques chaque, mesure 10 mètres de longueur sur un diamètre de 2 mètres. La vapeur d'échappement passe d'un autoclave dans l'autre. La durée de la cuisson est de 8 à 10 heures.

Les couvercles de ces autoclaves sont levés verticalement par des chaînes passant sur des pouliées et circulant sur un chemin de roulement.

La chaîne porte à son extrémité opposée un contrepoids d'une force suffisante pour pouvoir éléver le couvercle lorsque ce contrepoids descend.

Toutefois le mouvement de montée et de descente des couvercles est guidé à la main au moyen d'un treuil, dans le but de prévenir un mouvement trop brusque sous la simple action du contrepoids.

Machines. — La force motrice nécessaire pour actionner les différentes machines de l'usine est fournie par un moteur vertical compound à deux cylindres. La puissance de ce moteur est de 90 chevaux, mais l'usine n'en utilise en marche normale que 50 à 55. Ce moteur Compound est alimenté par un

générateur tubulaire timbré à 9 kgs de pression, dont la surface de chauffe égale 100 m².

Les briques se vendent, prises à l'usine de 25 à 27 marks le mille (32 à 34 fr.).

L'usine emploie actuellement 60 ouvriers divisés par équipes de jour et de nuit se composant de 30 hommes chacune.

L'usine fonctionne depuis près de 3 ans et a, paraît-il, déjà fabriqué 26 millions de briques.

Il y avait un stock en réserve de 2 millions de briques par suite de la grève des ouvriers en bâtiment qui existait dans cette région au moment de notre visite et qui durait depuis près de 3 mois. Autrement la production est enlevée immédiatement de l'usine.

Usine J (Allemagne)

L'usine de M. Krefft qui est plutôt une usine de démonstration est située à 2 kilomètres environ de Munster (Westphalie), sur une sablière d'où le sable nécessaire est extrait. Ce sable est amené directement à l'usine à l'aide de wagonnets.

Nature du sable. — Comme nous l'avons constaté le sable n'est pas régulier, montrant alternativement des couches de gros et fin (il renferme à certains endroits une certaine quantité de cailloux).

Arrivé à l'usine, le sable est tamisé à l'aide d'un crible à mailles assez grosses et élevé par une monteuse à godets d'où il tombe dans une boîte divisée en deux compartiments dont un est réservé à la chaux.

Le mélange contient 6 à 8 % de chaux, allant jusqu'à 12 % si on emploie de la chaux hydraulique.

Un premier mélange grossier a lieu dans un mélangeur à palettes. De ce mélangeur le mortier est évacué et deversé de chaque côté du mélangeur de manière à former à droite et à gauche deux tas dans lesquels un ouvrier armé d'une pelle puise alternativement la quantité nécessaire. Le mélange est jeté dans une auge fermée (fig. 28) munie d'arbre à palettes dans laquelle on admet de la vapeur d'eau en vue de l'extinction de la chaux. Comme le montre la figure, cet appareil est à doubles parois entre lesquelles circule de la vapeur destinée à chauffer la masse, et à rendre l'extinction de la chaux complète.

Le mélange arrivant par les conduits M est malaxé et entraîné par les ailettes d' de l'arbre d. Cet arbre est actionné par la poulie c.

Un robinet f' sert à purger l'espace f de la vapeur condensée.

Ce mode de malaxage peut sembler un peu rudimentaire ; on retrouve en effet dans les briques des grains de chaux non mélangée, mais il ne faut pas oublier que cette usine fabrique des briques de *remplissage* et non des briques de parement.

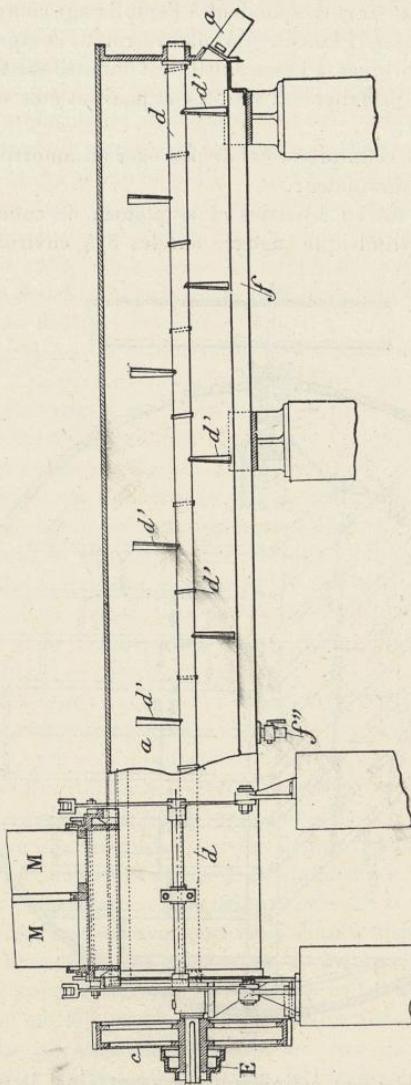


Fig. 28. — Auge mélangeuse.

Au sortit de ce mélangeur, le mortier est amené par un transporteur à hélice dans l'auge d'alimentation de la presse qui est plus élevée que les auge d'alimentation des différentes presses que nous avons pu voir jusqu'à présent.

Les matières sont maintenues en mouvement dans cette auge par un agitateu à palettes (fig. 29) qui sert au remplissage successif des alvéoles de la presse

(deux tours de cet agitateur correspondent à l'emplissage complet d'un alvéole).

Presse. — Cette presse (Planche 9) à plateau rotatif comprend huit alvéoles et peut donner 1.200 briques à l'heure. Elle est montée de telle manière que toutes ses parties sont parfaitement visibles et peuvent être facilement inspectées de tous côtés.

La caractéristique de cette presse est de posséder un amortisseur hydraulique en relation avec un accumulateur.

La semelle du plot est en 3 parties et le plateau de compression est porté par une longue tige cylindrique engagée sur les 3/4 environ de sa longueur

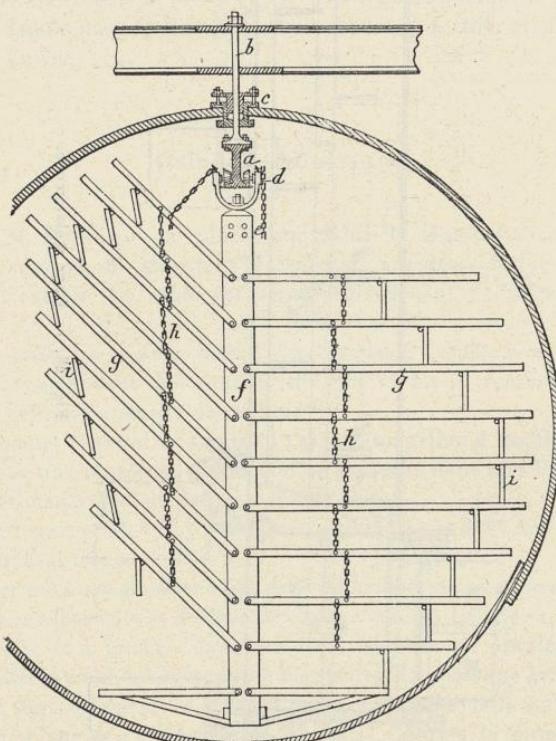


Fig. 29.

dans un manchon également cylindrique assurant ainsi le mouvement ascendant de la tige du plot suivant une direction verticale parfaite de manière à supprimer tout coincement du plot contre les parois latérales de l'alvéole. Les contreplaques des moules peuvent servir à la fabrication d'un demi-million de briques avant d'être remplacées.

Les plots sont munis de plaques latérales de protection qui frottent contre les contreplaques des alvéoles. Le plot et sa tige cylindrique ont une longueur

totale de 0 m. 50 environ. Le mouvement ascendant vertical servant au démoulage est communiqué au plot par un balancier horizontal muni à une extrémité d'une came de guidage.

Pression. — La pression moyenne à laquelle fonctionne normalement la presse est de 230 atmosphères. A 250 atmosphères (pression maximum) la pression exercée sur toute la surface de la brique égale 75.000 kilogrammes.

Le plot supérieur qui est en communication avec la boîte hydraulique a également un long guidage comme le plot inférieur. La surface de compression n'a que les dimensions d'une brique, ce qui évite l'usure du plateau. L'entraînement du plateau rotatif de la presse est assuré par une griffe. La hauteur de course du plot est réglable à l'aide d'une roue qui élève le chemin de roulement sur lequel circulent les tiges des plots.

La pression exercée sur la brique est toujours uniforme car dès qu'un excès de pression vient à se produire, celui-ci est absorbé par l'accumulateur compensateur de pression combiné avec la presse et qui s'élève lorsqu'il y a excès de pression par suite du refoulement du liquide. Lorsque la pression normale est rétabli cet accumulateur s'abaisse de nouveau.

Si on désire par contre donner à la brique une pression supérieure il suffit de charger l'accumulateur par un moyen quelconque.

Il n'est pas inutile de signaler cette disposition ingénieuse, qui permet non seulement de régler la pression à faire subir aux briques, mais aussi d'empêcher la rupture de la presse soit par la présence d'un gros cailloux dans l'alvéole, soit par suite de fabrication d'un mélange plus sec que le mélange pour lequel le volume de l'alvéole a été fixé.

M. Krefft a fait devant nous une expérience très suggestive : en pleine marche de la presse il a déposé un gros caillou dans un des alvéoles. Sous l'action de l'effort exercé par le plot de compression, nous avons vu l'accumulateur se soulever et la presse continuer son service régulier. Un second essai a été effectué en remplissant l'alvéole de sable sec ; comme dans le premier cas l'accumulateur s'est soulevé pour retomber aussitôt l'effort terminé, sans que la presse ait souffert en quoi que ce soit de ces deux expériences.

Transporteurs suspendus. — Les briques prises à la main sur le plateau de la presse sont placées sur les rayons articulés d'un transporteur suspendu d'une capacité de 250 briques (il y a deux rangs de briques seulement sur chaque étage). Chaque transporteur est accroché par sa partie supérieure à un chemin de roulement qui fait tout le tour de l'usine. Cette substitution du transporteur suspendu au wagonnet présente, au dire de l'inventeur, l'avantage d'éviter l'écrasement des briques par suite de l'entassement sur les wagonnets et de remplir complètement l'autoclave comme le montre la figure 30, ce qui amènerait d'après lui une diminution très sensible dans la consommation de vapeur et par conséquent de charbon.

Cette disposition est extrêmement originale. Elle a été appliquée récemment en France dans une usine du département des Landes.

Autoclave. — Les transporteurs à étages ou à rayons articulés étant

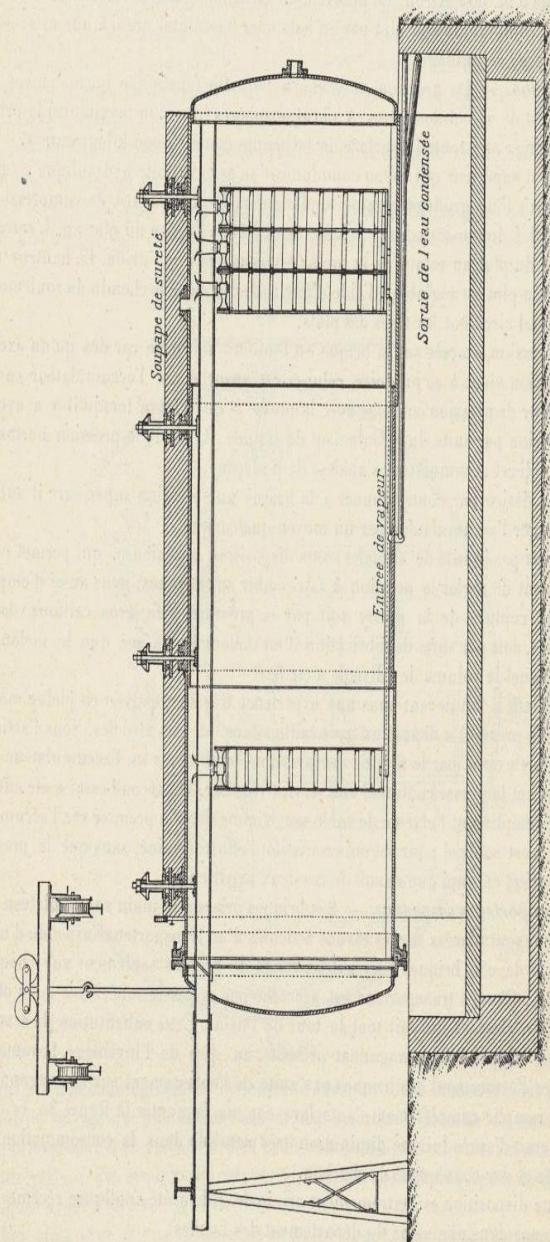


Fig. 30. — Autoclave.

complètement chargés sont amenés à un autoclave de 6 mètres de longueur sur 2 m. 20 de diamètre pouvant contenir 4.500 briques.

La vapeur est admise dans l'autoclave à une pression s'élevant graduellement jusqu'à 8 atmosphères. La durée de l'opération est de 9 heures.

Les portes des autoclaves coulissent en regard de ces derniers, les uns à gauche, les autres à droite alternativement pour toute la rangée d'autoclaves, à l'aide d'un chemin de roulement à galets.

Au sortir de l'autoclave les briques cuites sont déchargées et entassées à l'extérieur de l'usine en vue du séchage à l'air et les transporteurs vides sont ramenés par le chemin de roulement circulaire, en faisant le tour de l'usine, à proximité de la presse pour être chargés à nouveau. La figure 30 montre la disposition des briques dans l'autoclave.

La proportion de briques cassées est évaluée à 15 pour 1.000, et le poids moyen d'une brique est de 3 kgs 6. La puissance de la machine à vapeur est de 20 chevaux. Les briques sont vendues prises à l'usine à raison de 21 à 22 marks le mille.

Usine K (Allemagne)

Si l'industrie du silico-calcaire est due à M. Michaelis, on peut dire que M. Guttmann a puissamment contribué à son développement. C'est par les nombreuses constructions qu'il n'a pas hésité à entreprendre que ce très distingué industriel est parvenu à convaincre les Architectes que le produit pouvait lutter avantageusement, comme prix, comme solidité et comme fabrication avec les produits en argile cuite.

C'est en voyant ses efforts couronnés de succès que des industriels Anglais, Français, Américains, persuadés de l'intérêt qu'offrait pour leur pays une industrie déjà ancienne, ayant fait toutes ses preuves en Allemagne, firent alors construire des usines pour la fabrication des matériaux en silico-calcaire.

L'usine et le village de Niederlehme sont situés à peu près à 3 kilomètres de la gare de Konigs Wusterhausen, près Berlin. La rivière Dahme en fait le tour, et par un canal latéral, communique avec Berlin.

La campagne environnante est presque en totalité la propriété de la société qui a fait construire en silico-calcaire, aux abords de son usine, des maisons très confortables, au nombre 300 au moins, où les ouvriers logent avec leur famille. Seuls les célibataires sont logés dans des bâtiments spéciaux, aménagés avec le même confortable que les villas, et construits sur le terrain même de l'usine.

Sable. — Le sable extrait de grandes dunes situées à environ 500 mètres de l'usine, derrière le village de Niederlehme, est amené directement en tranchée par voie ferrée desservant des trains de 10 wagons poussés par une locomotive à vapeur genre Decauville. La sablière consiste en de hautes dunes amenées là par les courants marins, à l'époque glacière qui ont charrié avec un sable fin

des blocs de silex et de granit de toutes couleurs, quelques-uns d'un volume considérable, absolument arrondis par le transport, ce qui dénote une provenance très lointaine.

Le front de taille de la sablière a au moins 20 mètres de hauteur et l'importante étendue de celle-ci lui assure plusieurs siècles d'existence. Nous pensons qu'à 30 mètres de profondeur l'exploitation devra cesser, la nappe d'eau souterraine devant se trouver à ce niveau.

Les wagons du train transporteur du sable sont en bois et pourvus chacun d'un fond mobile, basculant par déclenchement et se vidant instantanément au long de l'usine dans des fosses situées sous la voie ferrée qui les amène.

Le train, du fond de la sablière, est poussé derrière l'usine presque jusqu'au quai, en longeant tous les bâtiments.

La moitié du train est déchargée à l'extrémité de sa course dans les fosses de l'élévateur puis le train repart, revient sur son parcours et déverse le contenu des cinq autres wagons dans les fosses d'un second élévateur.

La manœuvre comprenant l'arrivée du train, son déchargement dans les fosses des élévateurs, son départ et son arrivée dans la sablière ne prend que cinq minutes en tout.

Du second élévateur jusqu'à la sortie de la tranchée, la voie ferrée est posée sur des fosses identiques à celles que nous venons de décrire et qui contiennent chacune environ 600 mc. de sable destiné à constituer la réserve qui doit servir pour l'hiver en cas d'accident pouvant survenir au matériel, ou par les mauvais temps alors que la sablière ne peut pas être exploitée.

Le sable est reçu dans les fosses par des hommes qui le jettent à la pelle dans des élévateurs à godets qui montent ce sable aux trémies de tamisage. Le sable est tamisé assez finement, et tous les silex, petits et gros, sont rejetés par un conduit en bois à côté de la voie ferrée, d'où les wagons qui l'amènent peuvent les remporter pour remblayer la sablière.

Chaux. — La pierre à chaux qui est moyennement hydraulique est amenée de Ruddersdorf (près Berlin). Les péniches sont déchargées par quatre ascenseurs à pouliques disposés sous un hangar les uns à côté des autres, au moyen de bennes formant wagonnets, d'un volume calculé, de manière à permettre leur introduction immédiate dans le four à chaux. Cette disposition permet de décharger en moyenne 80 mc. à l'heure quand les quatre ascenseurs fonctionnent.

Les bennes chargées sont alors amenées directement par les ascenseurs sur les affuts et roulées sur la voie ferrée jusqu'au four à chaux, système Hoffmann. Ce four produit 100.000 kgs de chaux par jour et mesure 40 à 45 mètres de longueur.

Tout près du hangar de déchargement de la pierre à chaux, se trouvent les réserves de chaux qui sont toujours entretenues et comportent 15 à 20.000 mètres cubes pour pouvoir parer soit au mauvais temps, soit aux grèves.

La chaux cuite est extraite des fours et amenée par wagonnets jusqu'à l'élévateur qui la déverse dans des broyeurs à boulets. Ces broyeurs peuvent

moudre jusqu'à 65.000 kgs de chaux par jour, quantité qu'on utilise entièrement pour la fabrication des briques.

La chaux broyée tombe dans des trémies et est élevée par des monteuses à godets dans des tamis dont la toile comporte 18 mailles par centimètre carré.

Dosage. — Après tamisage le sable et la chaux arrivent dans des doseurs cylindriques, dont le débit est calculé de façon à donner 7 o/o de chaux et 93 o/o de sable. Le mélange ainsi dosé arrive dans une auge horizontale munie d'une vis sans fin qui opère leur mélange et où l'extinction de la chaux commence à se faire au contact de l'humidité du sable. Le mélange passe ensuite dans un second malaxeur muni d'une pomme d'arrosoir qui déverse la quantité d'eau nécessaire pour compléter l'extinction de la chaux et opérer le mélange des deux matières. De là le mortier repris par des monteuses à godets, est malaxé une seconde fois, puis déversé dans les silos d'attente où il reste 24 heures. On a constaté que la température dans les silos d'attente atteint en moyenne 80° centigrades, ce qui oblige à procéder à une nouvelle humidification pour rendre le mortier assez plastique pour permettre aux presses de fonctionner.

Les trémies d'alimentation des presses sont desservies par un chemin de fer circulaire, suspendu au plancher de l'étage placé immédiatement au-dessus des ateliers où sont les presses. Sur cette voie circulent des bennes à bascule, qui viennent se remplir de mortier l'une après l'autre, aux silos d'attente. Les bennes continuent leur course pour venir basculer et se vider dans l'orifice des trémies d'alimentation des presses, ces orifices sont ménagés dans le plancher de cette salle. Pour la manœuvre de chargement et de déchargement des bennes on doit s'astreindre à maintenir toujours à la même hauteur la quantité de mortier déversé dans chacun des orifices.

Presses. — Les presses sont disposées en deux batteries formant une vingtaine

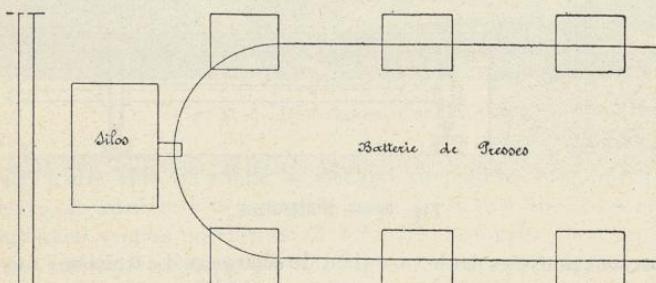


Fig. 31. — Batterie de presses.

d'appareils. La batterie A correspondant aux élévateurs A, la batterie B correspondant aux élévateurs B (fig. 31).

Ces presses à deux alvéoles, sont des presses Dorsten à choc, produisant chacune 1200 briques en moyenne par heure.

Le mortier silico-calcaire tombe de la trémie d'alimentation dans un chargeur animé d'un mouvement de va et vient, qui pousse en avant les deux briques démolées pendant qu'il remplit les deux alvéoles. La manœuvre de ce système comporte trois hommes, dont deux sont occupés à présenter devant les deux moules une plaque de fer munie d'une poignée sur laquelle les deux briques

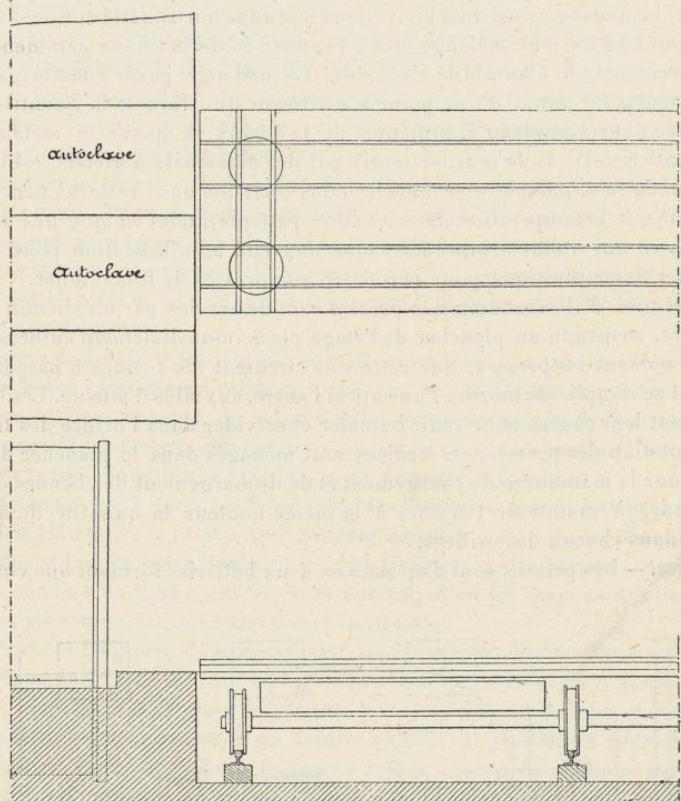


Fig. 32. — Plateforme.

démoulées sont poussées par le va et vient du chargeur. Le troisième ouvrier les prend sur ces plateaux et les place sur le chariot. L'usure de ces presses est pour ainsi dire insignifiante; seules les contreplaques des moules sont à changer et le seul accident à redouter est la rupture des dents de la roue d'engrenage qui actionne les marteaux pilons.

Cette usure est évaluée à 5 pfennigs par 1.000 briques pour les alvéoles et à 22 pfennigs pour toute la presse, y compris la courroie de transmission, etc., etc...

La force motrice dépensée pour chaque presse est de 8 à 9 chevaux.

Autoclaves. — Les wagonnets chargés de briques, placés devant chaque presse, sont amenés de chaque côté de la batterie, sur une plateforme roulante (fig. 32) à deux voies de 25 mètres de longueur, qui roule sur 4 rails. La hauteur de cette plateforme est calculée de façon que les wagonnets placés sur l'une ou l'autre des deux voies puissent être amenés et poussés directement dans les autoclaves par une petite locomotive électrique pouvant passer d'une voie sur l'autre pour la manœuvre, au moyen d'une plaque tournante fixée aux deux extrémités de la plateforme.

La manœuvre est la suivante : la plateforme se trouvant en face d'un auto-

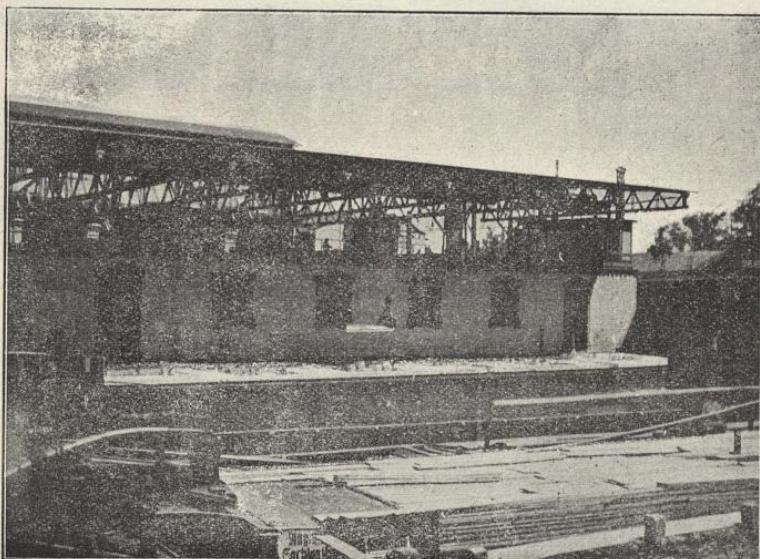


Fig. 33. — Déchargement des briques.

clave prêt à être vidé, on attelle la machine au premier wagonnet placé dans l'autoclave, de manière à tirer toute la rame sur la voie libre de la plateforme. Ces wagonnets sont au nombre de 13. La machine tourne alors sur la plaque et gagne l'autre voie occupée par 13 wagons chargés de briques à cuire et les pousse dans l'autoclave vide. Cette manœuvre terminée la porte de l'autoclave est amenée à l'aide d'un pont roulant devant l'ouverture et fermée immédiatement par les ouvriers.

Chaque batterie comprend 12 autoclaves de 20 m. de long sur 1 m. 80 de diamètre, pouvant contenir environ 9.000 briques.

La durée de la cuisson est de 8 à 9 heures à 9 atmosphères. L'usine marchant jour et nuit fabrique en moyenne 500.000 briques par 24 heures.

Au sortir des autoclaves la plateforme roulante porte les wagons à l'extrémité de la salle des autoclaves d'où ils viennent s'aiguiller sur une voie ferrée exté-



Fig. 34. — Benne pleine.



Fig. 35. — Benne vide.

rieure qui les conduit directement aux hangars de chargement situés sur les quais de la Dahme et d'où ils sont déchargés à la main dans des bateaux qui

les conduisent à Berlin, où ils sont déchargés mécaniquement comme nous indiquons plus loin. Le transport de Niederlehme à Charlottenburg demande en moyenne 3 heures 1/2.

Essais. — Des prises d'essais sont faites journallement par fournées d'autoclaves et soumises aux essais de résistance à l'écrasement suivant les principes usités, et à l'aide d'une presse Amsler-Laffon.

Force motrice. — La force motrice de l'usine admirablement installée est composée de trois grandes machines Compound.

La vapeur qui alimente ces moteurs et les autoclaves est produite par sept générateurs timbrés à 9 kgs.

Réserves. — Le long du canal et dans les terrains immédiatement adjacents à l'usine se trouvent des réserves considérables de chaux, de charbon et de briques.

Ces réserves sont faites pour parer aux mauvais temps, aux impossibilités de transport, et aux grèves. Elles comportent pour la chaux de quinze à vingt mille mètres cubes de calcaire en roches, une quantité approximativement semblable de charbon, et environ dix millions de briques.

Déchargement. — La majeure partie des briques provenant de cette usine sont transportées à Berlin par voie d'eau. Elles sont déchargées à Charlottenburg par des moyens aussi ingénieux que rapides.

Chaque bateau chargé de briques vient se ranger le long du quai à peu près à 6 mètres en contrebas. Ces bateaux portent chacun 100.000 briques entassées les unes au-dessus des autres, mais dans lesquelles on a laissé six espaces vides de dimensions correspondant aux bennes que l'on descend dans le bateau pour y être chargés de briques. Ces bennes sont descendues au moyen de six ponts roulants alignés les uns à côté des autres et mûs par l'électricité; elles peuvent contenir chacune 1.000 briques mesurent 3 mètres de longueur sur 1 m. 50 de largeur. Une fois élevées sur le quai les bennes sont placées sur un camion rangé devant le hangar comme le montre la figure 34 ou conduites au bout de la voie dans les magasins d'approvisionnement au nombre de cinq.

La manœuvre comprenant la descente du plateau dans le bateau, son élévation sur le quai et le chargement sur une voiture demande environ 2 minutes 1/2 à 3 minutes. Il faut donc environ 3 heures 1/2 pour décharger complètement un bateau.

La construction du hangar de déchargement est complètement métallique, les ponts roulants sont à 3 m. 50 environ du sol et l'écartement des poutres de soutènement espacées de 5 mètres.

La manœuvre des six ponts ou treuils roulants est effectuée par trois hommes placés chacun dans une cabine et ayant à manœuvrer deux grues électriques à droite et à gauche. Cette manœuvre est du reste des plus simples. Le conducteur a en mains un levier, et suivant qu'il lève, baisse ou tourne ce levier, le plateau s'élève s'abaisse ou se déplace à gauche ou à droite d'une quantité qu'il règle à volonté. Cette voie a une longueur totale d'environ 120 mètres.

Le temps demandé pour remplacer une benne vide par une benne pleine est extrêmement court.

Comme on le voit il n'y a aucune reprise de mains pour charger les briques sur les camions. Ces briques sont placées à la main dans les bennes mobiles, et ces bennes sont à leur tour placées avec les briques qu'elles portent sur les camions chargés de les transporter sur les chantiers berlinois ou de la banlieue.

Il y a de ce fait une économie de main-d'œuvre très notable.

Le service des camions est assuré par la cavalerie de l'importante usine à mortier dont les bâtiments s'élèvent à côté même du hangar de déchargement des briques.

Conclusion. — D'une manière générale, on peut dire que les usines de Niederlehme, admirablement agencées et outillées, peuvent servir de modèle à ceux qu'intéresse l'industrie du silico-calcaire.

L'extraction, l'arrivée et le déchargement du sable, de même que les fosses de réserve, ne laissent rien à désirer.

La chaux est absolument bien cuite et bien éteinte, les tamisages de chaux et de sable et leur mélange sont faits avec le plus grand soin.

C'est somme toute une usine modèle comme on en rencontre peu, et qu'on est toujours heureux de visiter.

Usine L (Allemagne)

Cette petite usine située à Hollinghausen a été installée par la maison Polysius aussi simplement que possible.

On emploie pour cette fabrication de la chaux éteinte à l'avance.

Le mélange de sable et de chaux obtenu grossièrement par un pelletage effectué à bras d'homme sur le sol, est envoyé dans un mélangeur hexagonal, visible à gauche de la figure 36. La matière est mélangée par la rotation du tambour, et déchargée sur un transporteur à secousses qui, à son tour, déverse le mélange dans la trémie d'alimentation d'une monteuse à godets. Cette monteuse l'élève et le déverse dans un malaxeur à roues verticales. Le mélange achevé tombe dans la trémie d'alimentation d'une presse à choc Polysius.

Comme le montre la figure 37 la compression des briques a lieu à l'aide de deux lourds pilons, frappant en même temps, mais indépendants l'un de l'autre.

Pour éviter qu'à l'usure ces pilons flottent, on a pris soin de les guider longuement. Cette presse fabrique deux briques à la fois, et donne deux coups sur chaque brique. La brique pressée est soulevée par son plat, puis mise à portée de la main de l'ouvrier, non pas comme dans la presse à plateau par un mou-

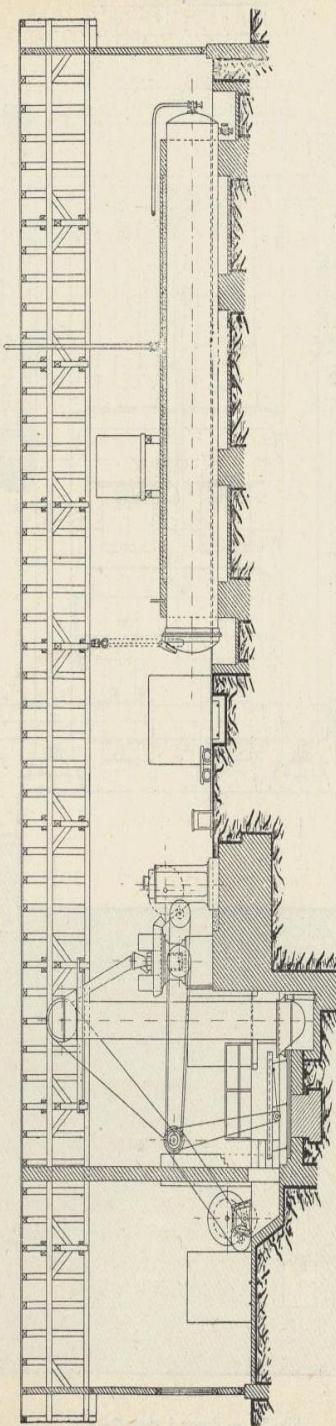


Fig. 36. — Usine d'Hollinghausen.

Bib
Cnam

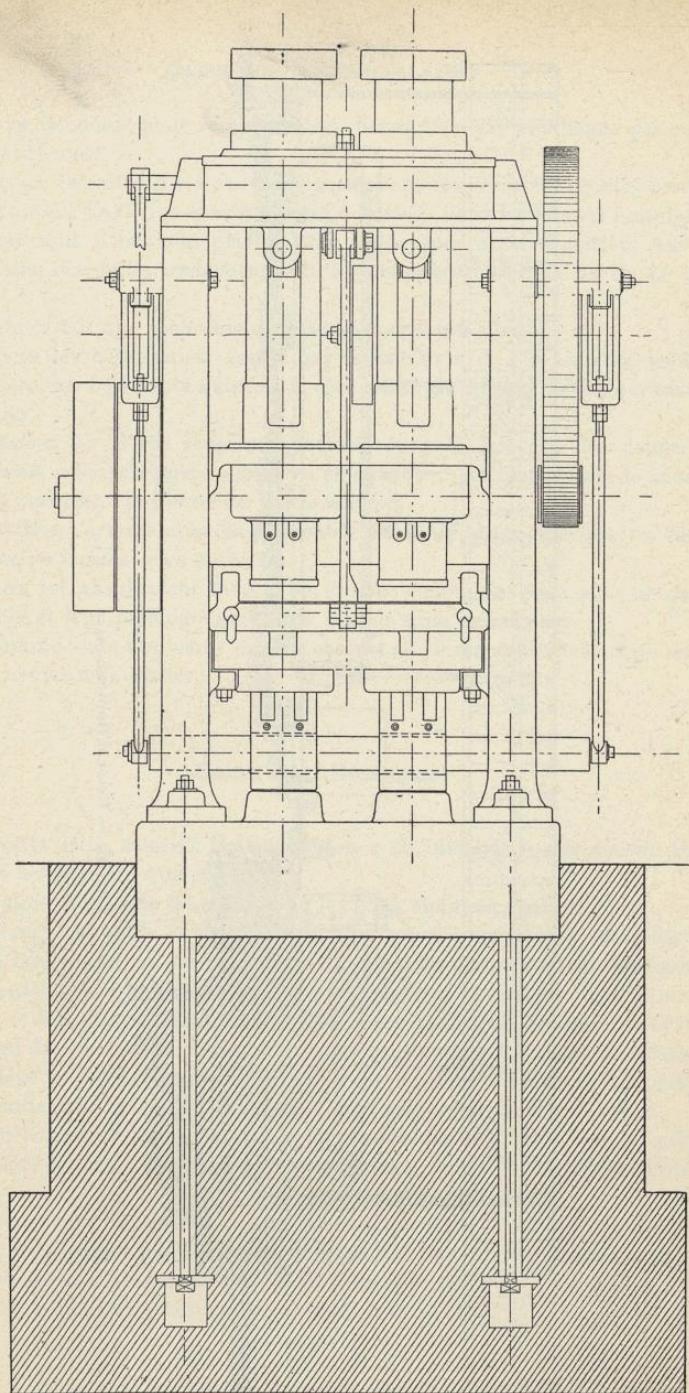


Fig. 37. — Presse à choc Polysius.

Bib.
Cnam

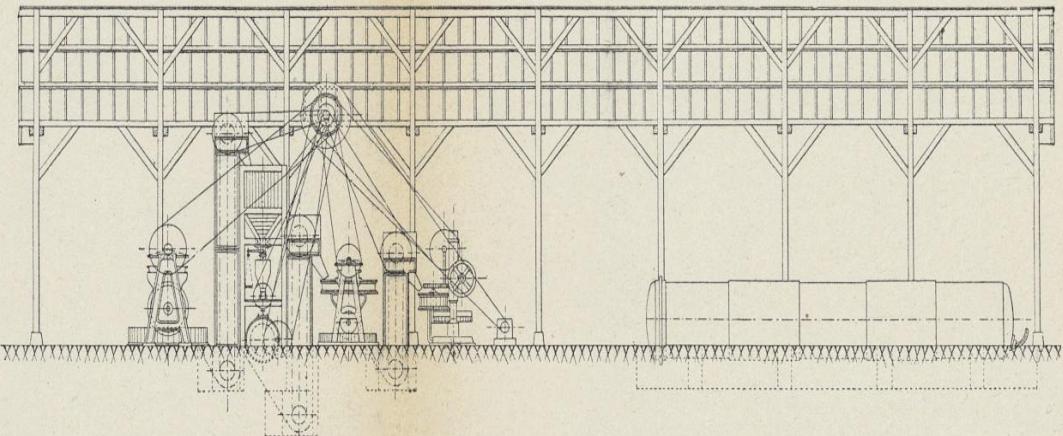


Fig. 38. — Briqueterie de machetefer (coupe).

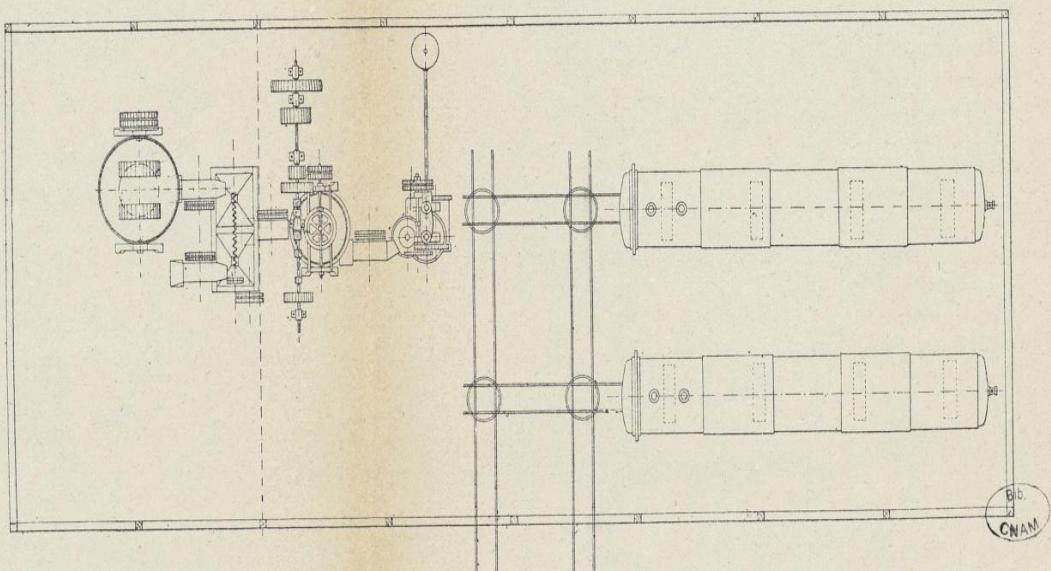


Fig. 39. — Briqueterie de machetefer (plan).

Laboratoire d'Essais

En face la page 113

vement de rotation de ce dernier, mais par le tiroir chargeur placé derrière la presse qui pousse les briques en avant.

Cette presse est extrêmement massive et robuste, plus rustique que la presse à table tournante et use beaucoup moins.

Sur le côté de la presse est fixé un système permettant de débrayer les pilons.

Usines Françaises (1)

Après avoir décrit quelques usines étrangères, nous croyons intéressant de donner la description de deux usines établies en France. Ces deux usines parfaitement outillées, fonctionnent à la satisfaction de tous, avec des appareils et des presses fabriqués par des constructeurs français. Ce fait montre, une fois de plus, que quand nous voulons nous en donner la peine, nous pouvons souvent produire nous-mêmes ce que nous demandons à l'étranger.

Usine (M).

La raffinerie Say à Paris, ayant à sa disposition des quantités considérables de mâchefer provenant des nombreux générateurs dont elle dispose, a cherché à utiliser ce sous-produit encombrant en le transformant en briques.

Le mâchefer est déversé à l'aide d'une brouette tarée dans un mélangeur enterré dans lequel on verse également la proportion de chaux éteinte nécessaire. Après mélange, la matière est déversée dans une monteuse à godets qui la déverse dans l'auge supérieure d'alimentation d'un malaxeur continu où il est brassé et arrosé avec la proportion d'eau nécessaire, puis évacué dans l'auge inférieure où deux meules verticales pesantes achèvent le mélange.

Le mortier est évacué automatiquement puis repris à l'aide d'une monteuse à godets et jeté dans l'auge d'alimentation de la presse Dalbouze-Brachet. Cette presse verticale produit 1.000 briques à l'heure.

Les briques sont prises à la main, empilées sur des wagonnets et introduites dans les autoclaves où elles subissent pendant 10 heures une pression de 8 kilogrammes. Tous ces appareils sont mis électriquement, ce qui fait de cette petite usine une véritable usine modèle, aussi bien par son agencement, et son fonctionnement, que par le contrôle journalier dont la fabrication est l'objet.

M. Dalbouze, qui a installé cette fabrication, a bien voulu nous remettre le plan d'une usine similaire (fig. 38 et 39) fonctionnant au Brésil et ne différant de la précédente que par les détails.

Marche de la fabrication. — Les mâchefers sont amenés au moulin à meules

(1) Ces descriptions ainsi que les figures sont extraites en partie du « Bulletin », de Novembre 1907, de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale. « Conférence sur l'industrie silico-calcaire », par E. Leduc.

verticales placé à gauche des figures 1 et 2 et sont broyés par ce moulin, à la dimension de 5 millimètres ; ce moulin est muni d'un crible à la périphérie. On a dû renoncer au lavage des mâchefers, parce que, avec les mâchefers lavés, il se produit des efflorescences sur les briques. Comme ces efflorescences ne peuvent être évitées qu'en séchant le mâchefer on a renoncé complètement au lavage.

Le moulin employé est à entraînement par manivelle, avec double suspension des meules, assurant une marche continue, malgré les difficultés qui sont spéciales au mâchefer.

Le mâchefer broyé est conduit par un élévateur à un silo de réserve très nettement visible sur la figure.

La chaux parfaitement éteinte, est amenée, par un élévateur spécial, parallèle à celui dont nous venons de parler, à un silo contigu au silo à mâchefer.

Dosage. — La chaux est mélangée au mâchefer, dans une proportion voisine de 10 p. 100. Pour faire commodément ce dosage en poids on a installé, sous chacun des silos, un peson automatique, avec boîte de dosage. Ces pesons sont réglés par les poids correspondants de la chaux et du mâchefer. Les boîtes de dosage se vident dans une vis collectrice, qui les conduit à un premier tambour mélangeur. Ce tambour opère par charges, ce qui permet de distribuer au mélangeur continu un mélange déjà commencé et rigoureusement dosé.

Un élévateur, alimenté au moyen d'un distributeur automatique, ce qui permet de distribuer régulièrement les charges évacuées périodiquement par le tambour, conduit le mélange dosé au mélangeur malaxeur continu. La cuve supérieure de ce mélangeur est munie d'une double enveloppe reliée à la canalisation de vapeur, de façon à permettre de distribuer à la presse un mélange chauffé, ce qui, dit-on, facilite le briquetage.

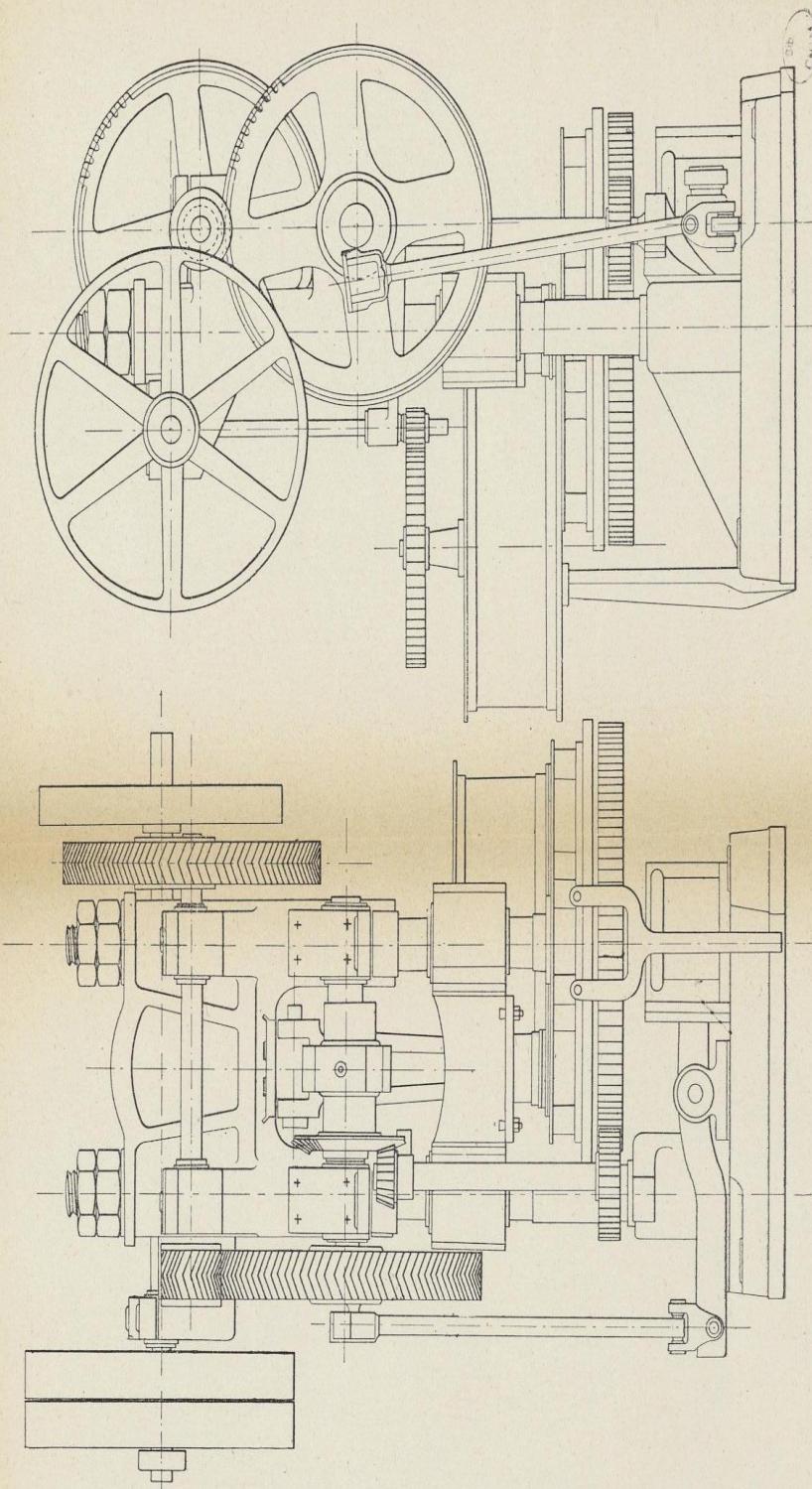
Presse. — La presse représentée par la figure 40 est du type de presse verticale à genouillère.

Cette presse se compose essentiellement d'un bâti formé par deux fortes colonnes en acier, fixées à leur partie inférieure sur le bâti proprement dit et réunies à leur partie supérieure par un sommier en fonte.

A la partie supérieure de ce bâti, se trouvent les arbres portant les organes de commande par poulies et engrenages. Dans la partie médiane, se trouve l'arbre coudé qui reçoit la commande et la transmet aux différents organes.

Un plateau horizontal tournant autour d'une des colonnes du bâti est percé de quatre alvéoles ; chaque alvéole porte deux moules formés par des garnitures en métal extra dur et facilement remplaçables. Chaque alvéole vient, à tour de rôle, se placer au-dessous du piston compresseur ; deux galets, portés par un étrier fixe, empêchent le soulèvement de la table au moment du démolage.

La pression est donnée par une traverse guidée sur les deux colonnes du bâti, et portant à sa partie inférieure un piston double correspondant au double moule de chacun des alvéoles du plateau horizontal. La pression est exercée sur cette traverse par l'intermédiaire d'un levier brisé. Ce levier prend appui, d'une part, sur une genouillière fixée au sommier supérieur de la presse



Laboratoire d'Essais

Fig. 40. — Presse Dalbonze-Brachet.

En face la page 115

d'autre part, sur une genouillière placée à l'intérieur de la traverse. Ce levier brisé est alternativement tendu, et fléchi au moyen d'une bielle actionnée par l'arbre coudé indiqué ci-dessus. La traverse porte un verrou qui, dans la descente, vient s'engager dans un logement ménagé à cet effet dans la table horizontale, et assure ainsi une position parfaitement réglée de celle-ci.

La pression, ainsi obtenue, peut atteindre 250 kilogrammes par centimètre carré. Cette pression est définie dans les nouveaux modèles par un coussin hydraulique intercalé entre la genouillière supérieure et le sommier de la presse, et relié à un accumulateur. Ce dispositif, non représenté sur la figure 40 offre le très grand avantage d'éviter tout accident qui serait causé soit par une pression accidentelle, soit par un dérèglement des organes de la presse.

Marche de l'appareil. — L'arbre coudé, actionné à l'aide d'un engrenage discontinu, le plateau horizontal portant les moules, chaque position de ce plateau correspond pour chaque paire de moules à l'une des opérations suivantes :

1^o *Remplissage des moules.* — A la position de remplissage, les moules forment le fond de la cuvette du mélangeur, que l'on voit figuré sur le côté de la presse. Ce mélangeur est muni d'un arbre vertical à palettes, recevant son mouvement de l'arbre de commande de la presse et assurant une bonne distribution du mélange dans les moules.

2^o *Pression.* — Après remplissage, les moules viennent sous le piston actionné ainsi qu'il est décrit plus haut. Dans cette position, le fond de chaque moule prend appui sur une enclume fixe, lui permettant de subir la pression très élevée du piston, sans que le plateau lui-même soit intéressé.

3^o *Démoulage.* — A la troisième position du moule, le fond de celui-ci est soumis à l'action du piston de démolage. Ce piston est actionné par un levier que l'on voit figuré à la partie inférieure ; l'autre extrémité du levier est commandée par une bielle actionnée par un boutonmanivelle placé sur l'engrenage de commande de l'arbre coudé. Sous l'action du démouleur, les deux briques de la paire de moules sortent de ceux-ci et sont prises par l'ouvrier qui les dépose sur un chariot d'étuve :

4^o Dans la quatrième position des moules, les fonds redescendent à la position de remplissage.

La presse décrite ci-dessus a, comme cotes d'encombrement, hors tout :

Longueur	2 ^m ,100
Largeur	1 ^m ,900
Hauteur	2 ^m ,900

Le poids total de cet appareil est d'environ 9.000 kilogrammes.

Cet appareil peut donner facilement 1.000 briques à l'heure, avec une force motrice ne dépassant pas, nous a-t-on assuré, six chevaux-vapeur.

Durcissement. — Les briques enlevées de la presse sont empilées sur des wagonnets à raison de 1.000 par wagonnet. Les wagonnets chargés sont introduits dans une étuve à axe horizontal pouvant contenir la fabrication d'une

journée. Les briques séjournent dix à douze heures dans cette étuve sous une pression de dix kilogrammes.

La fabrication se faisant de jour, et l'étuvage de nuit, la fabrication peut marcher avec un seul autoclave.

20 wagonnets sont nécessaires pour la marche de cette installation.

Usine N

M. Delécourt, fabricant de briques d'argile et sachant par conséquent apprécier les qualités des briques en silico-calcaire, a annexé cette fabrication à son industrie, au lieu de vouloir lutter contre elle et l'ignorer.

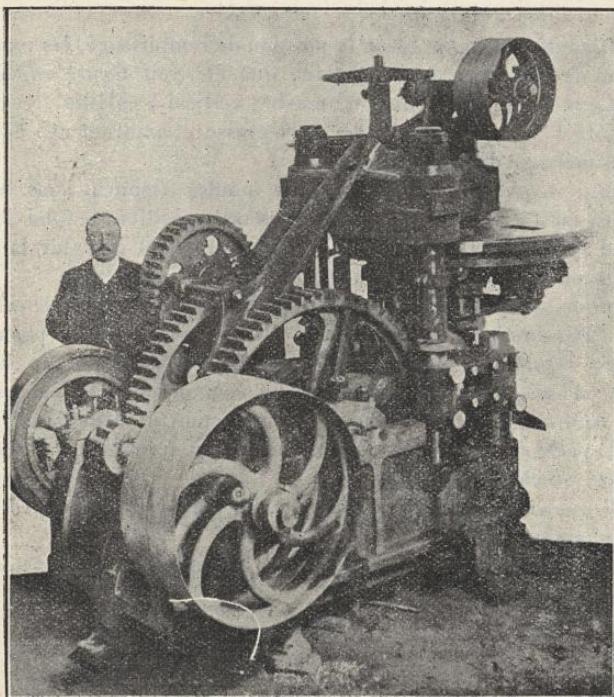
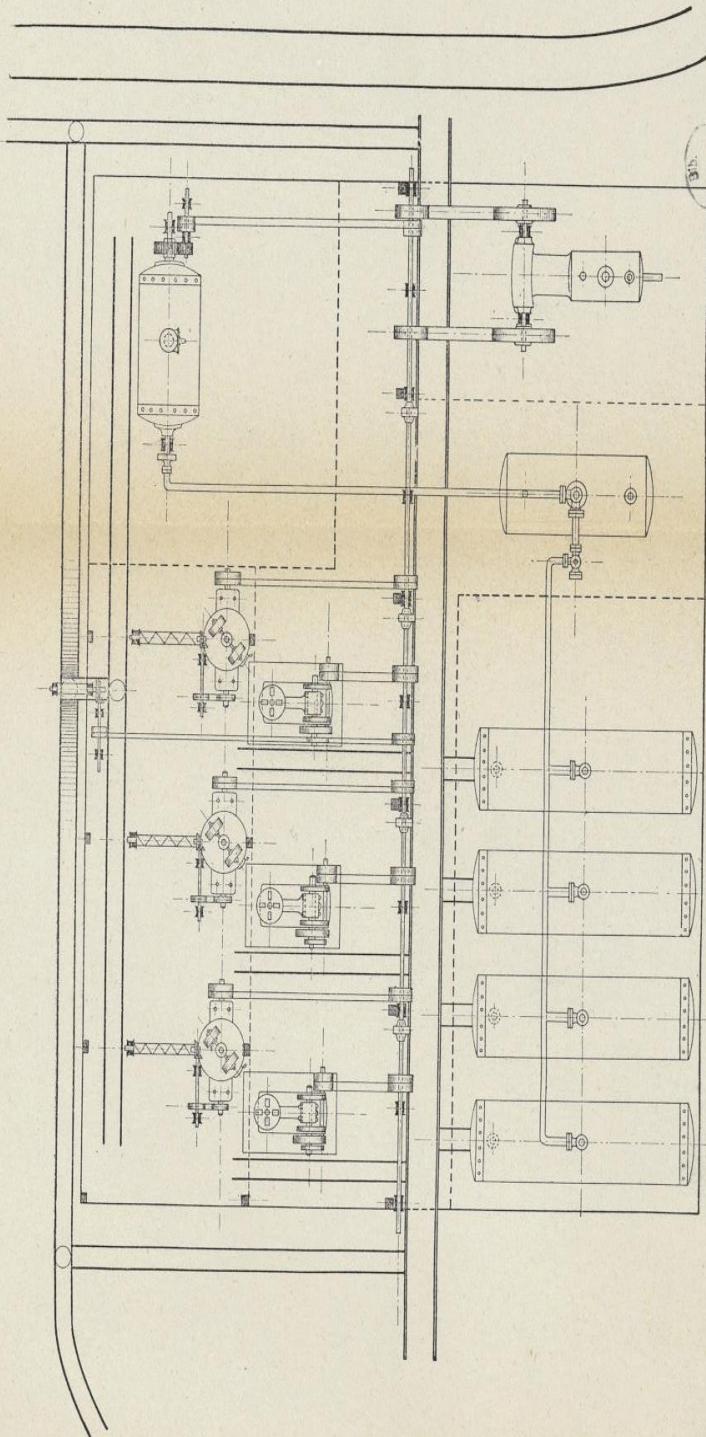


Fig. 41. — Presse Gardel.

Cette usine est installée en pleines dunes, à Rosendaël près Dunkerque ; elle est par conséquent merveilleusement placée au point de vue du sable.

La fabrication diffère de celle que nous venons de décrire en ce sens que la



Laboratoire d'Essais

Fig. 43 — Usine de Rosendaël (plan).

En face la page 116

chaux est éteinte sous pression dans un tambour du type Olschewsky recevant la vapeur directement du générateur, comme le montre les figures 43 et 44.

L'extincteur et les appareils de mélange, vis et broyeur, sont placés sur un plancher supérieur. La vis mélangeuse est horizontale, elle reçoit le mélange préparé sur le sol et le déverse dans le broyeur-mélangeur.

Le fonctionnement de ce dernier appareil est intermittent. La cuve reçoit par opération 200 kilogrammes environ de mélange.

Après quelques minutes de fonctionnement on vide le broyeur au moyen

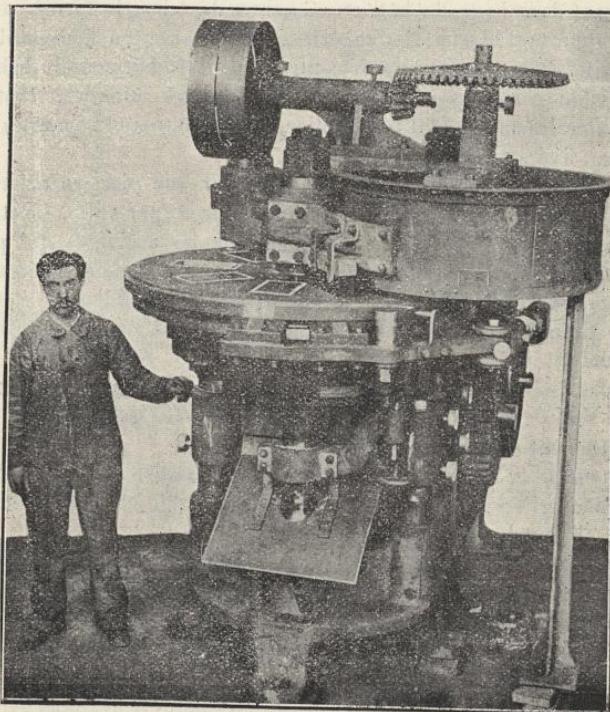


Fig. 42. — Presse Gardel.

d'une raclette d'expulsion en ouvrant la porte de sortie de la cuve.

La matière se rend dans une nochère inclinée reliant cette porte à la presse.

Cette nochère peut contenir une avance de mélange suffisante pour assurer le fonctionnement continu de la presse.

Les presses Gardel figures 41 et 42 employées sont toutes du type à genouillère à plateau tournant, portant 4 ou 8 moules donnant 600 à 1.200 briques à l'heure suivant le nombre d'alvéoles du plateau. Elles conviennent également pour

la fabrication des briques moulurées de profils variés et des briques colorées.

Compression. — La compression s'effectue par une bielle actionnant une genouillère. La manivelle de cette bielle est constituée par un arbre excentré en acier forgé de haute résistance.

Cet arbre reçoit lui-même son mouvement d'un arbre de renvoi portant les poulies par l'intermédiaire d'une double paire d'engrenages accouplés. Le diamètre des roues calées sur l'arbre excentré est de 1,30, la portée du coussinet de la tête de bielle a 255 de diamètre et 350 de longueur.

La genouillère prend son point d'appui à la partie inférieure sur une crapaudine reposant dans l'axe du bâti et au centre du triangle formé par les trois colonnes supportant le sommier supérieur, ce qui assure à l'ensemble une stabilité parfaite. En outre pour réagir contre la poussée horizontale de la genouillère, le piston compresseur est guidé dans quatre colonnes, dont les deux colonnes latérales supportant le sommier et deux autres plus courtes ayant 150 de diamètre, fixées au bâti.

Démoulage. — Le démouleur est constitué par une pièce en acier coulé, de forme appropriée fixée sur le piston compresseur et, par suite, effectuant exactement le même mouvement. Ce système évite les accidents qui peuvent se produire avec les démouleurs à piston, actionnés par came et leviers, car dans ces derniers systèmes, quand la descente du piston démouleur ne s'effectue pas en temps voulu, cette pièce peut être brisée par les organes de la table en mouvement.

Les pistons des moules en quittant le démouleur roulent sur un rail à l'aide d'un galet fixé au centre de leur partie inférieure. Ce galet ne porte que pendant le roulement sur le chemin de fer.

Mouvement de la table. — Ce mouvement est assuré par une bielle actionnant une pièce glissant dans une rainure de la table et entraînant celle-ci à l'aide d'un cliquet à ressort.

La vitesse très faible au début, augmente, passe par un maximum et diminue progressivement, ce qui évite les chances d'accidents provoquées quelquefois dans certains appareils lorsque la table est lancée brusquement.

Un verrou de sûreté empêche le déplacement de la table pendant le retour du cliquet d'entraînement.

Alimentation. — Elle s'effectue à l'aide d'un remplisseur, dans lequel on fait arriver la matière et dont le fond porte une ouverture sous laquelle vient se placer le moule à remplir. Un arbre vertical avec deux raclettes assure le remplissage. Cet arbre est actionné par une commande indépendante avec engrenages coniques et poulies. Une brosse métallique assure le nettoyage des pistons avant le remplissage des moules.

Moules. — Les moules sont constitués par des boîtes en acier coulé dans lesquelles sont rapportées des plaques en acier trempé. Ces boîtes viennent se fixer dans les alvéoles de la table.

Cette disposition a un double avantage :

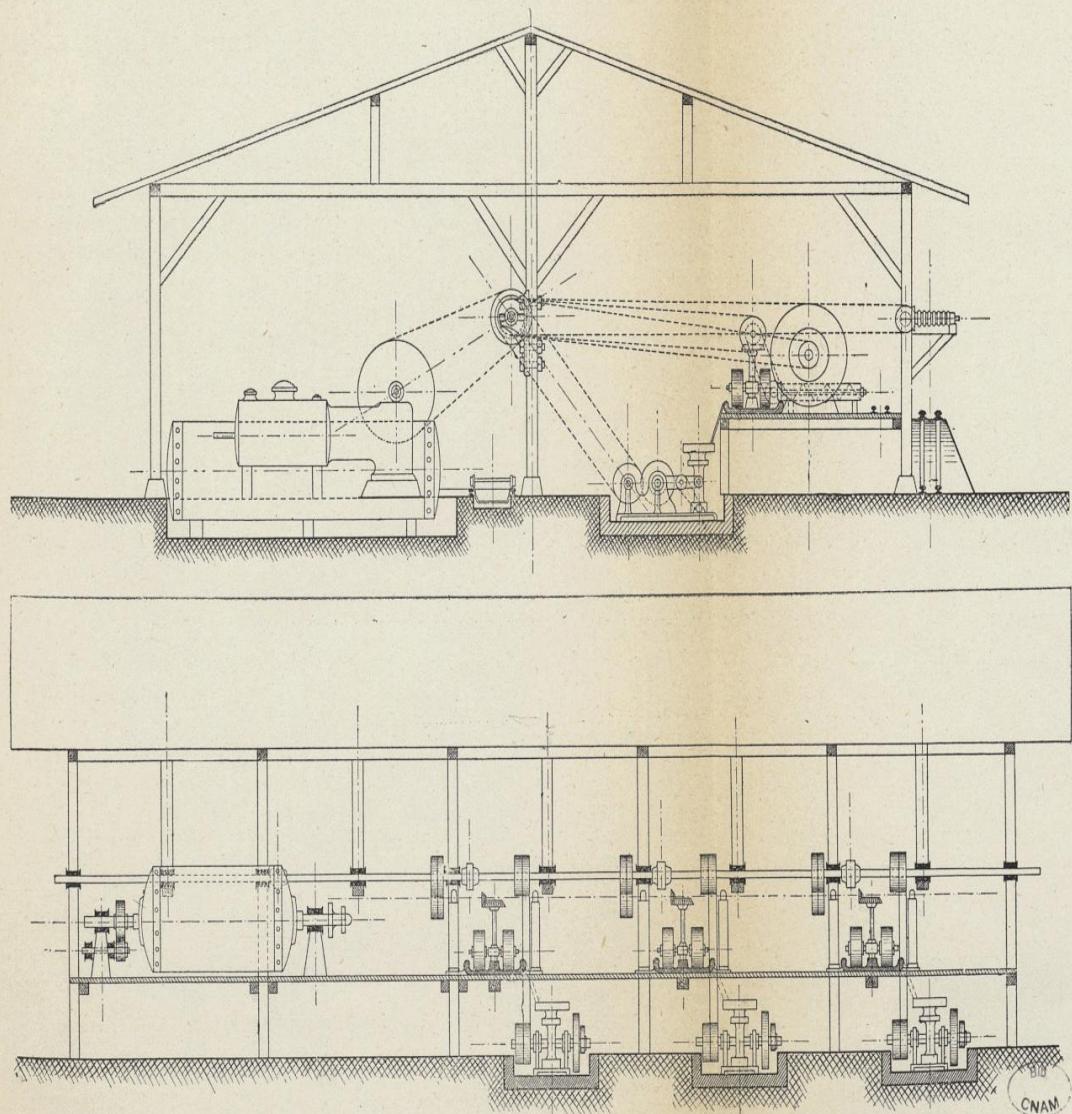


Fig. 44. — Usine de Rosendaël (coupe).

Laboratoire d'Essais

En face la page 118

Protéger la table contre les efforts de compression et faciliter la mise en place des plaques d'acier trempé.

On peut en effet avoir un jeu de boîtes de rechange garnies de plaques, prêtes à être posées et mises en place, quand les plaques en service sont usées.

Un dispositif spécial permet de régler en quelques minutes la hauteur de la brique et d'autre part le remplissage, c'est-à-dire la compression.

La presse peut recevoir tout aussi bien des moules à moulures.

Cette usine comprend plusieurs presses analogues, avec appareils de mélange correspondants, et quatre autoclaves de 1 m. 800 de diamètre pour le durcissement des briques. Les wagonnets y entrent directement grâce à un transbordeur se déplaçant devant les autoclaves et sur toute la longueur du bâtiment, reliant ainsi l'atelier de fabrication au parc et à la voie de raccordement au chemin de fer.

En plus de la fabrication des briques, on fabrique également de petits blocs d'appareillage et des briques colorées de nuances vives très agréables à l'œil.

Conclusion

Si à la suite de notre travail de laboratoire nous n'avons pas hésité à entreprendre un long voyage, à travers l'Allemagne, l'Angleterre et la Hollande, c'est que nous avons pensé que pour faire une œuvre utile au point de vue économique, pour convaincre nos industriels de la valeur de cette industrie, il était nécessaire pour en décrire la technique, de les promener en quelque sorte dans un grand nombre d'usines.

Evidemment, nous ne pouvions penser parler de tous les appareils employés dans cette industrie, d'autant plus que ces appareils ne diffèrent souvent que par des détails ; aussi, fidèles à la méthode expérimentale, nous avons voulu voir par nous-mêmes ce que nous avions l'intention de décrire, préférant passer sous silence les appareils que nous n'avons pu voir expérimenter devant nous, plutôt que de faire œuvre de compilation.

Nous croyons que comme nos expériences de laboratoire, les descriptions des différentes usines montrent que cette industrie très simple dans ses grandes lignes, est néanmoins délicate et exige certaines connaissances objectives, notamment en ce qui concerne l'extinction de la chaux. Il faut aussi se persuader et nous le répétons à dessein, que pour réussir, les usines à briques en silico-calcaire doivent posséder deux facteurs sans lesquels elles ne peuvent que végéter : le sable et le transport à bon compte.

En terminant nous sommes heureux d'adresser nos remerciements à Messieurs les consuls de France de Liverpool, de Londres et de Manchester, à M. A. Gary, professeur au laboratoire de Gross-Lichterfelde, à M. Béil, secrétaire du syndicat des fabricants allemands de briques silico-calcaires, à Monsieur Cramer Directeur de la Tonindustrie Zeitung, et à tous les industriels qui nous ont si obligeamment ouvert les portes de leurs usines.

TABLE DES MATIÈRES

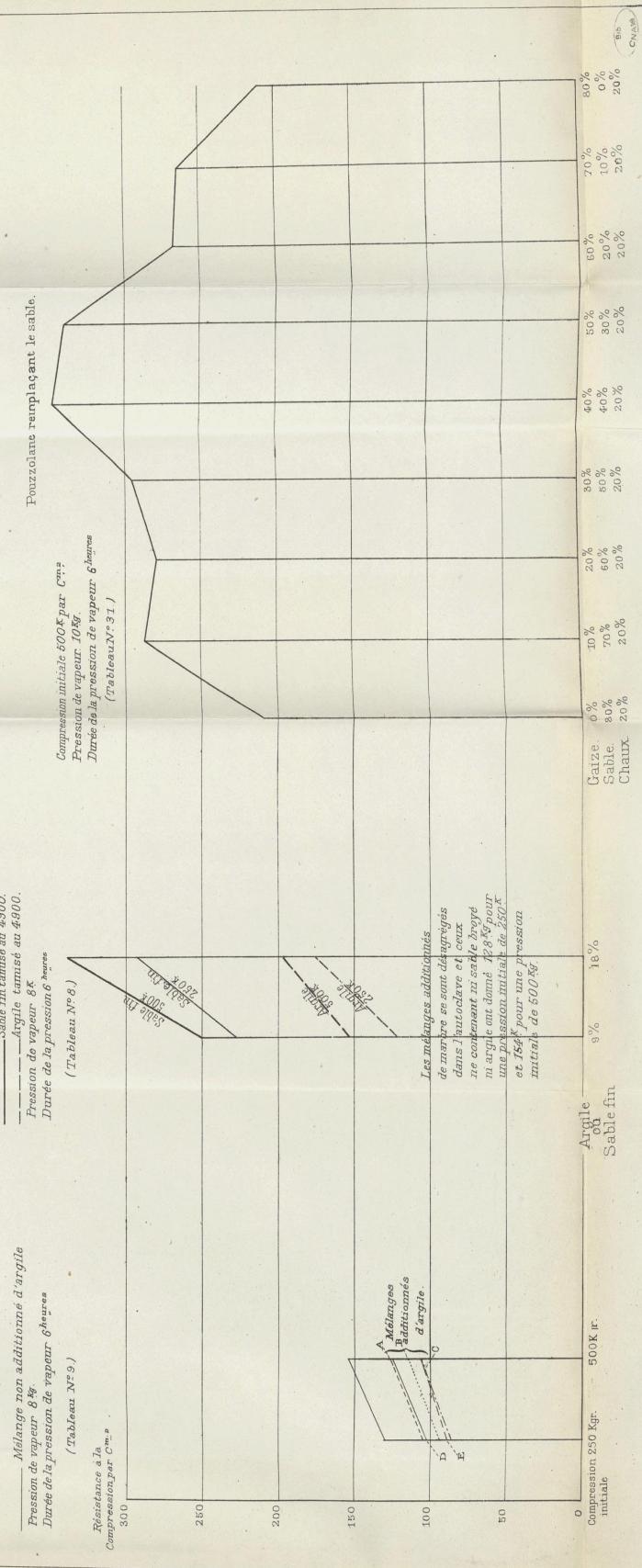
	Pages
Historique	3
Développement économique	4
Constitution chimique	10
Influence de la finesse du sable et de la pression de vapeur sur la production de silice combinée	11
Détermination de la formule du silicate formé	16
Essais	18
Description des essais	19
Influence de la nature du sable	21
Sable argileux	21
Sable calcaire	23
Influence de la nature de la chaux	24
Influence de la proportion de chaux grasse	24
Influence de la proportion de chaux hydraulique	25
Influence d'une chaux insuffisamment silotée	32
Influence d'une chaux éventée	32
Influence de la finesse de la chaux	33
Détermination de la chaux à employer	34
Influences diverses	36
Influence du malaxage	36
Influence de la proportion d'eau	37
Influence de la dessiccation avant cuissage	39
Influence de la compression initiale	41
Influence de la pression de vapeur	45
Influence de la durée de la pression de vapeur	46
Influence d'une addition de verre	47
Influence d'une addition de pouzzolane	50
Action de l'eau de mer	50
Influence du temps après cuissage sur la résistance	51
Influence de la gelée	52
Conclusions	53
Essais de briques en silico-calcaire	53
Résistance à la rupture par écrasement	53
Résistance à la rupture par flexion	55
Perméabilité	56
Détermination du temps d'imbibition	57
Résistance à la gelée	58
Notes de voyage	59
Technique générale de la fabrication	59
Usine A (Angleterre)	61
Usine B (Angleterre)	63

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
Usine C (Angleterre)	67
Usine D (Angleterre)	69
Usine E (Angleterre)	77
Usine F (Hollande)	81
Usine G (Allemagne)	84
Usine H (Allemagne)	86
Usine I (Allemagne)	93
Usine J (Allemagne)	98
Usine K (Allemagne)	103
Usine L (Allemagne)	110
Usines françaises	113
Usine M (Paris)	113
Usine N (France)	116

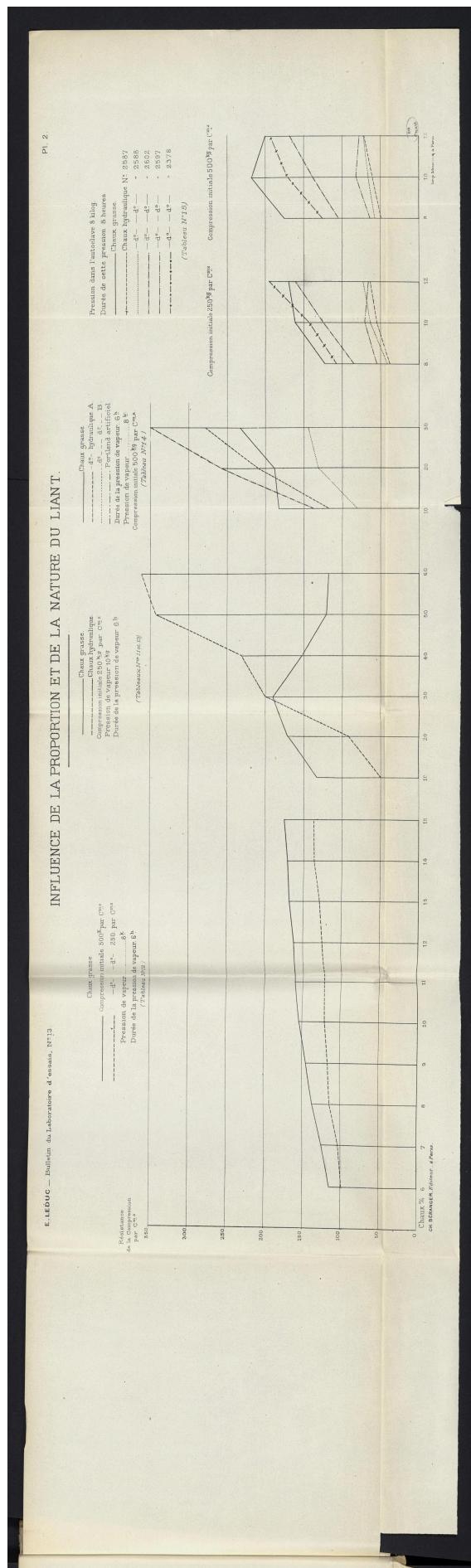
LAVAL. — IMPRIMERIE L. BARNÉOUD ET C^{ie}.

INFLUENCE D'UNE ADDITION DE MATTÈRES DIVERSES

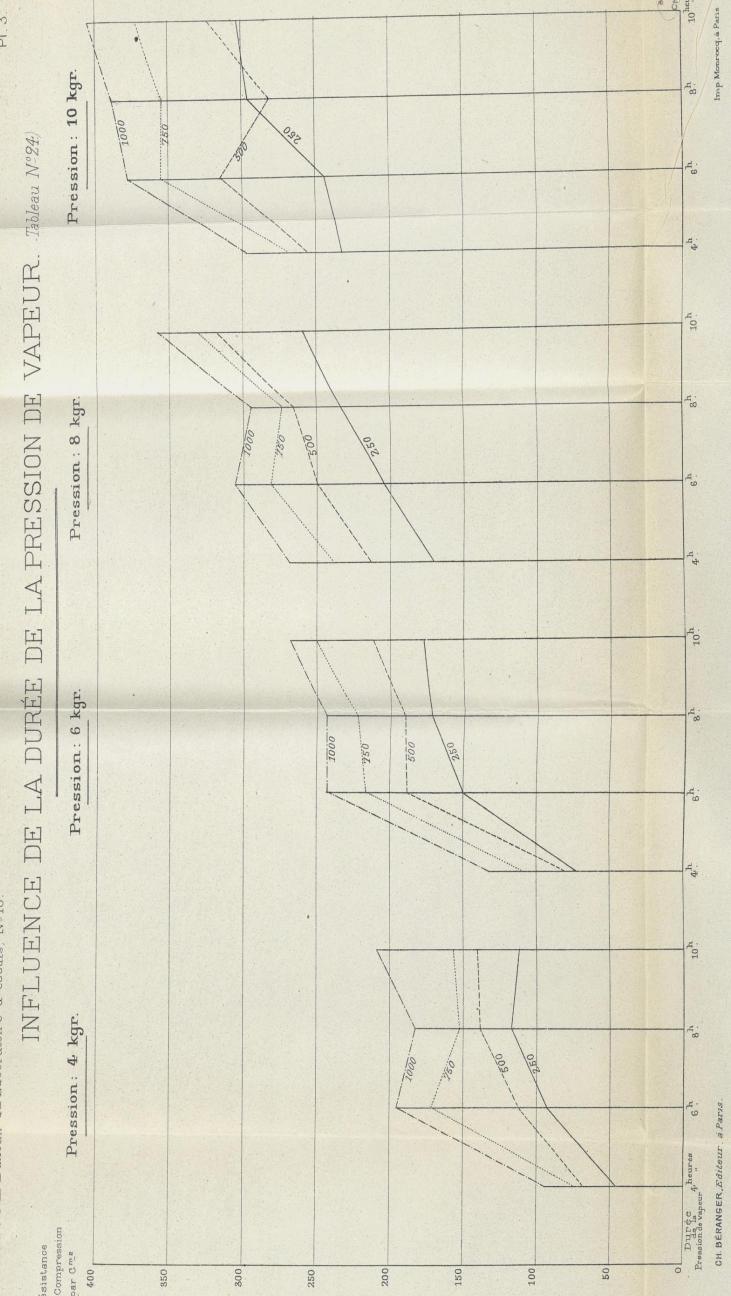


H. BÉRANGER, Éditeur, 8, Paris.

Imp. Monrocco, à Paris

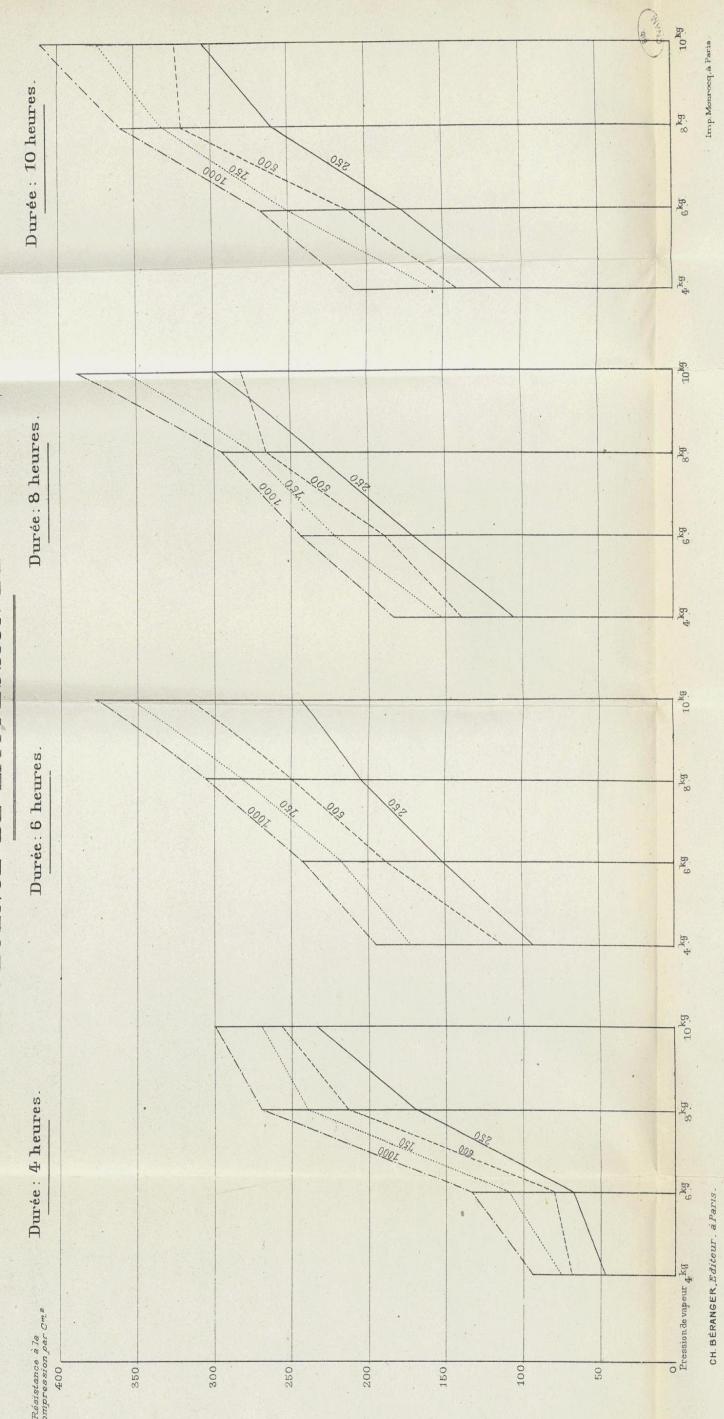


INFLUENCE DE LA DURÉE DE LA PRESSION DE VAPEUR. *Tableau N° 24.*



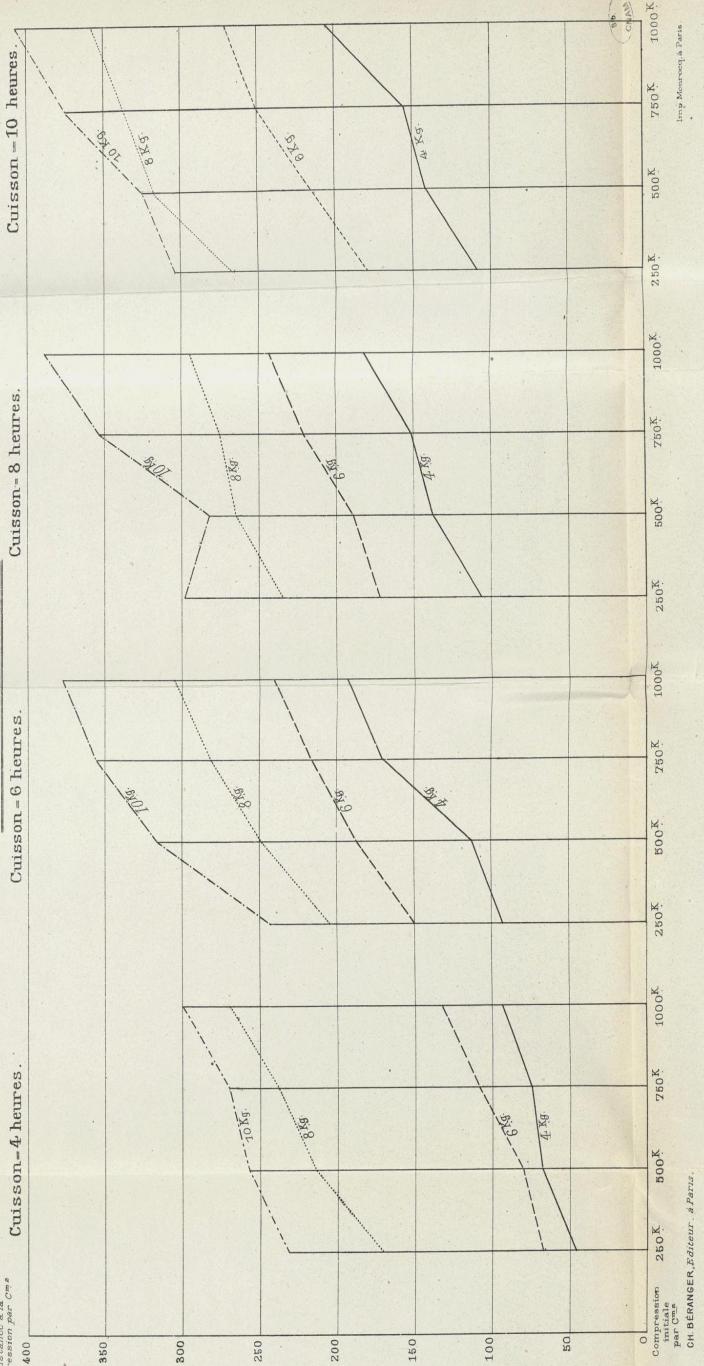
CH. BEANGER, Éditeur, à Paris.

E. LEDUC — Bulletin du Laboratoire d'essais N°13.
INFLUENCE DE LA PRESSION DE VAPEUR. (Tableau N°24.)



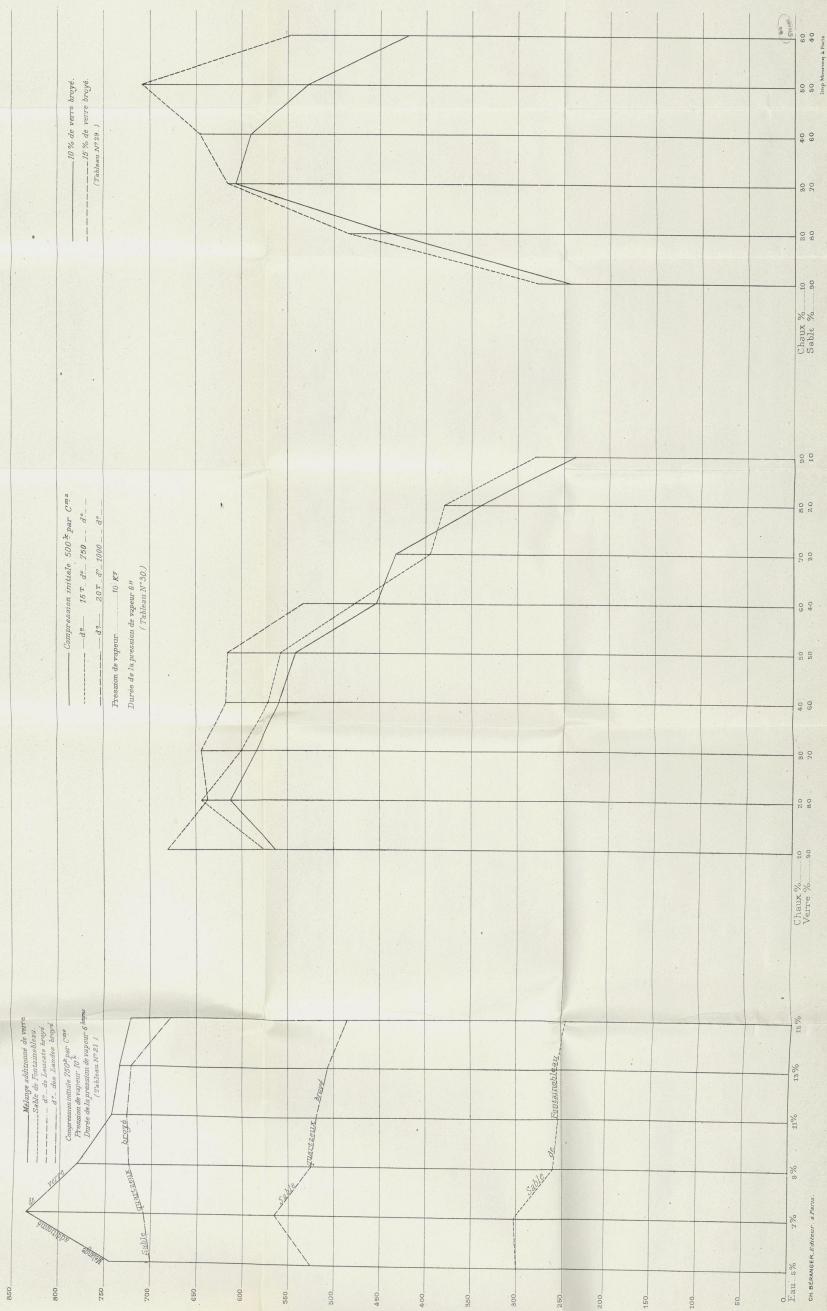
INFLUENCE DE LA COMPRESSION INITIALE (Tableau N°2)

Résistance à la
Compression par cm²



INFLUENCE DE LA CHAUX
SUR LE VERRE PULVÉRISÉ.

E. LEDUC — Bulletin du Laboratoire d'osmose, N°13.
**INFLUENCE DU MOULAGE
ET DE LA FORME DES GRAINS**

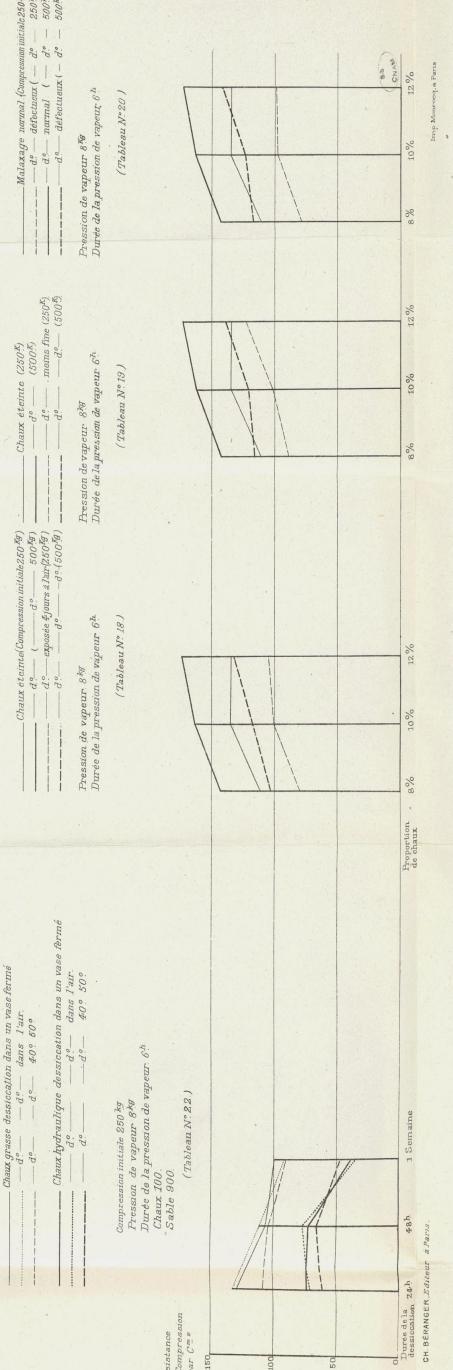


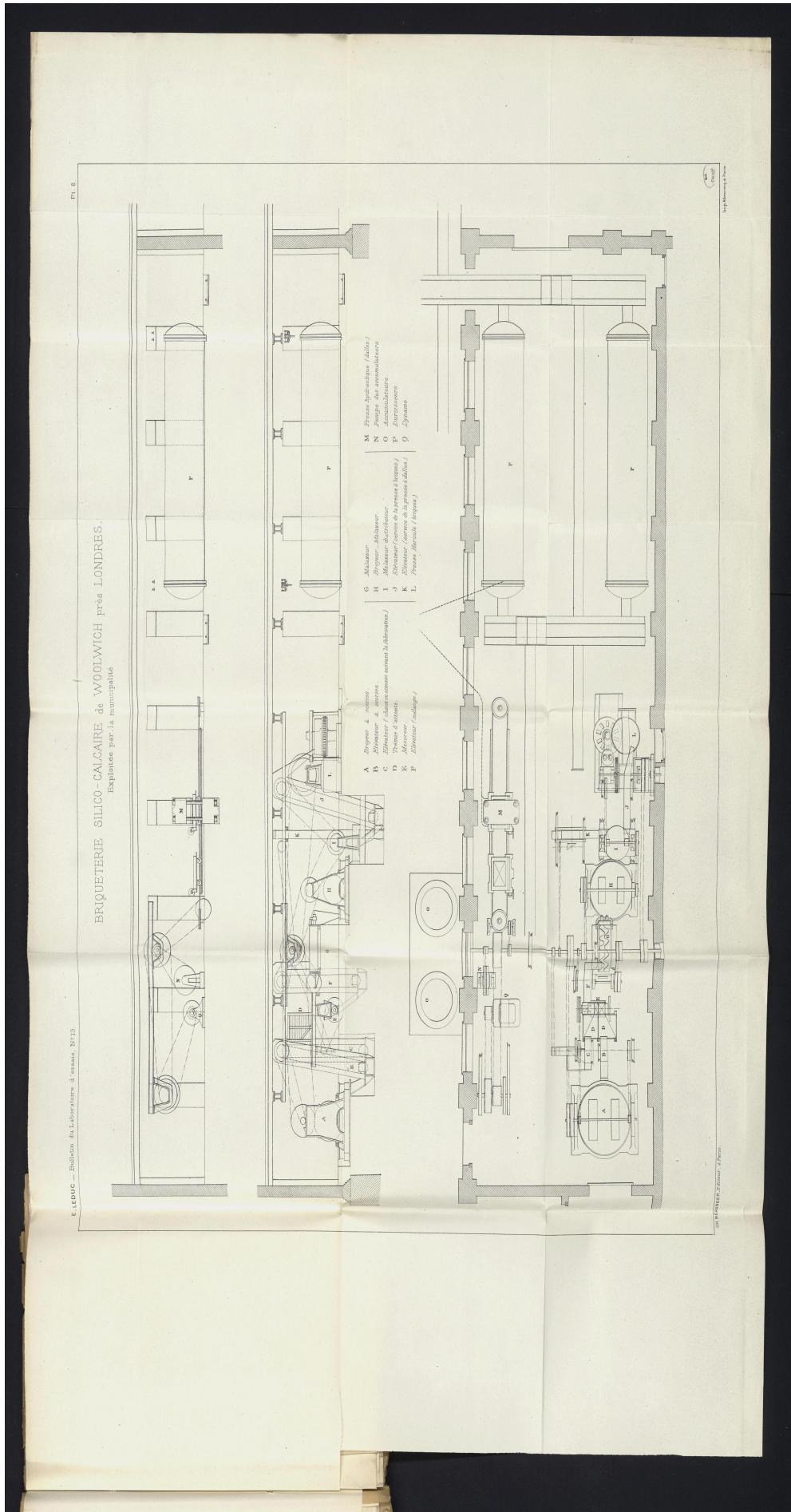
INFLUENCE DE LA DESSICCATION AVANT CUSSION SUR LA RÉSISTANCE.

. LEDUC — Bulletin du Laboratoire d'essaie, N°13.

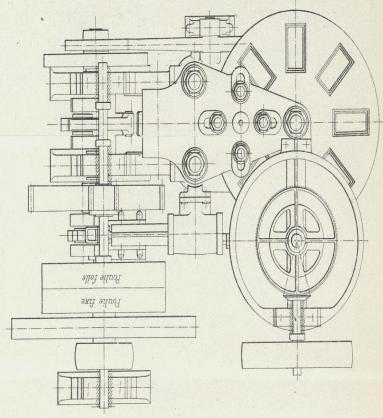
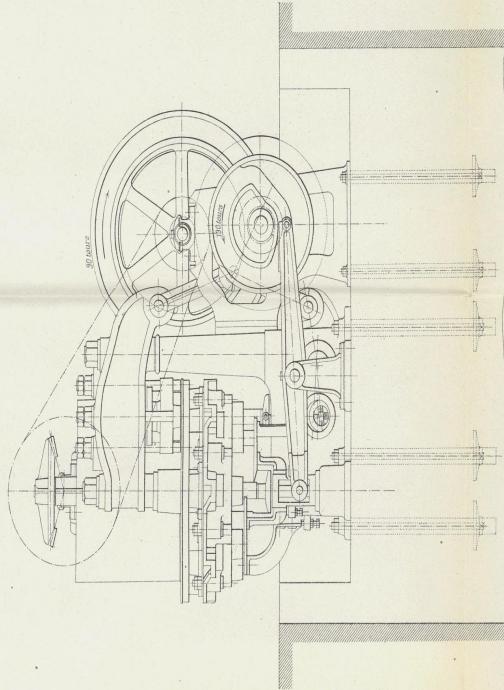
INFLUENCE DE LA CHAUX GRASSE.

INFLUENCE
DU MALAXAGE.

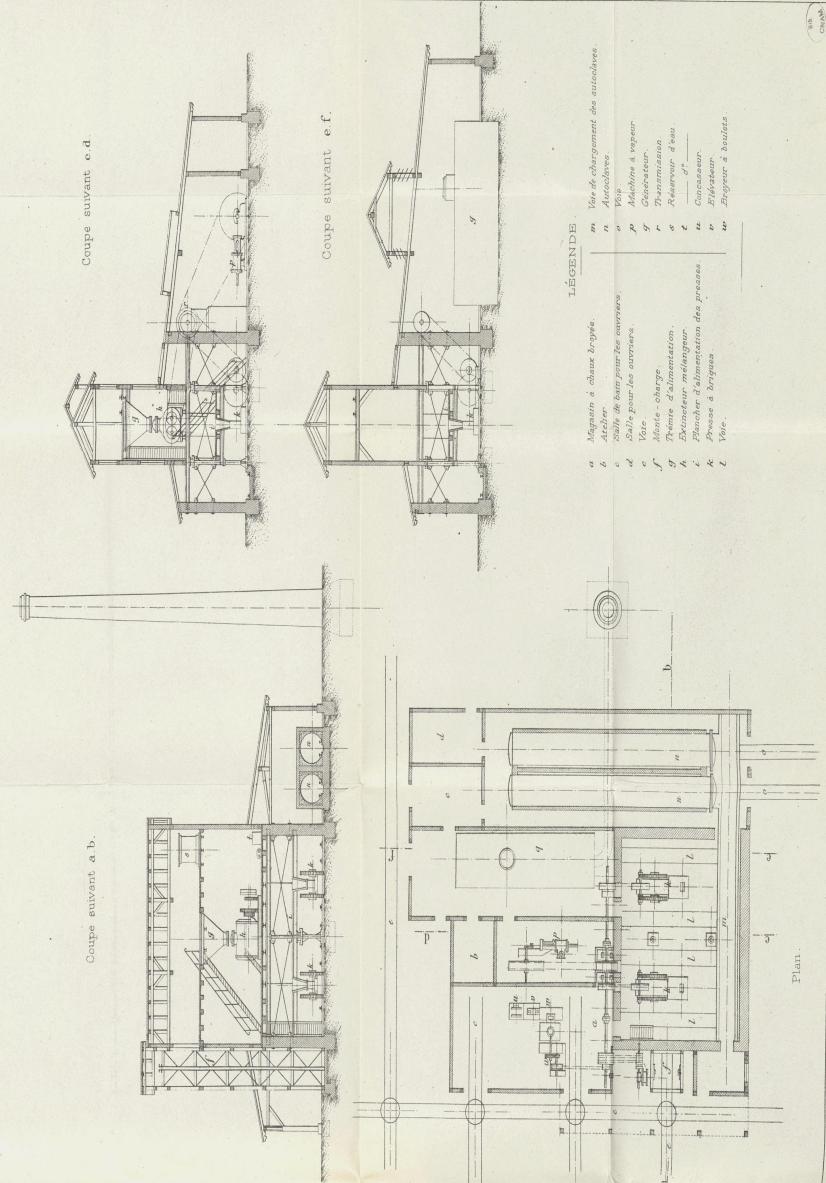




PRESSE KREFT.



BRIQUETERIE SILICO-CALCAIRE DE GRUPPENBUHREN PRÈS BRÈME



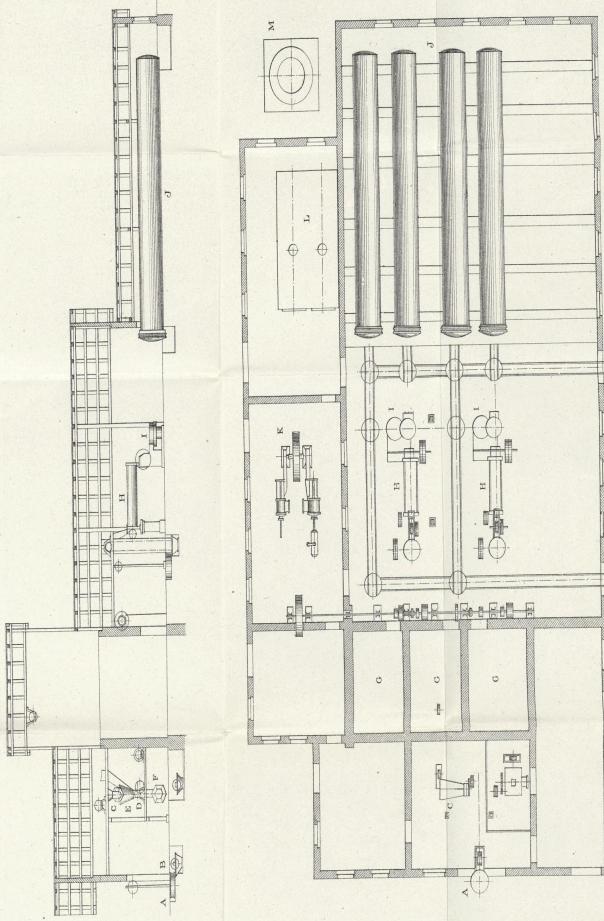
Imp. Monnoeuf, à Paris

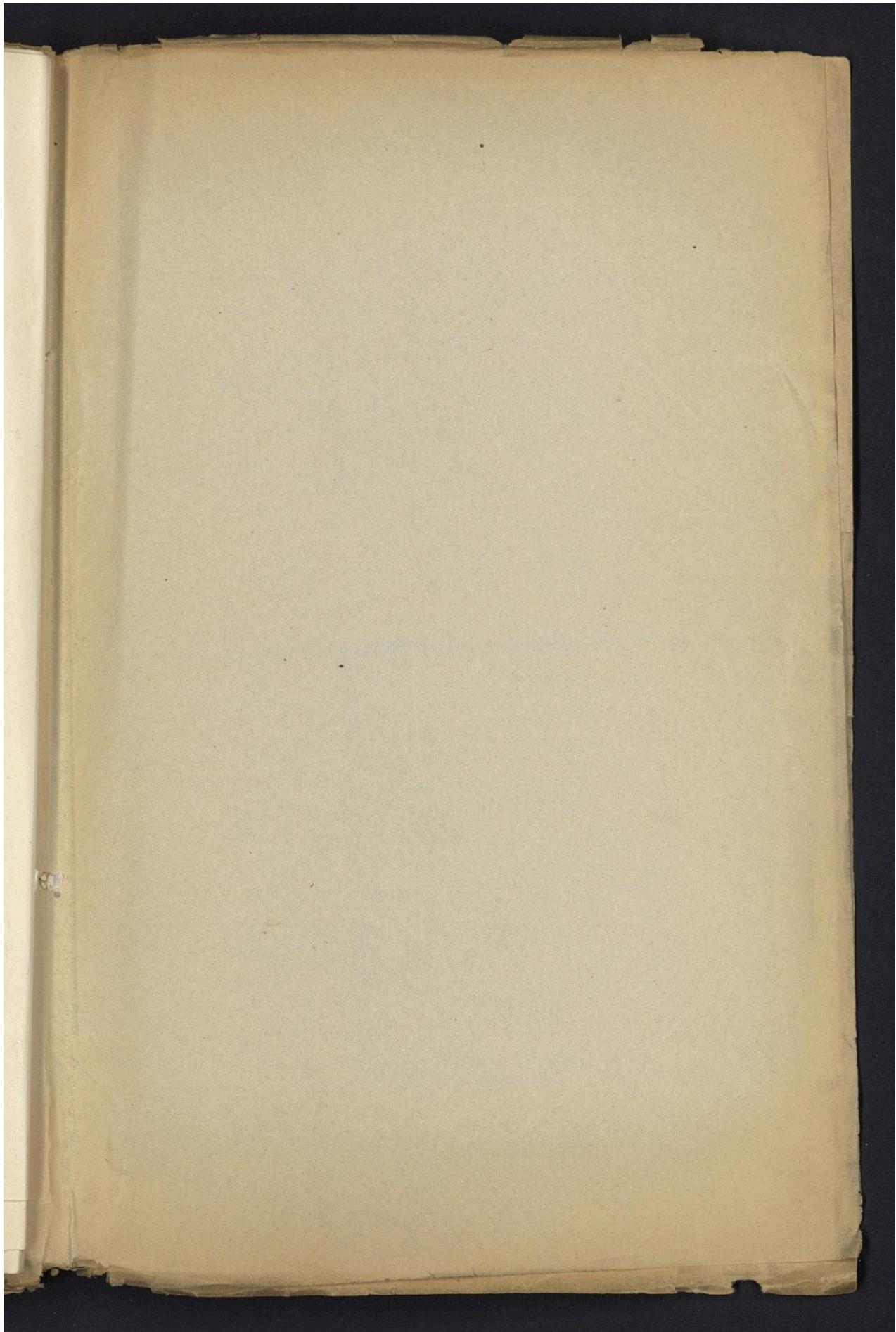
BERANGER, *éditeur, à PARIS.*

BRIQUETERIE SILICO-CALCAIRE DE LA "HARTZIE GELWERK" HAMBURG.

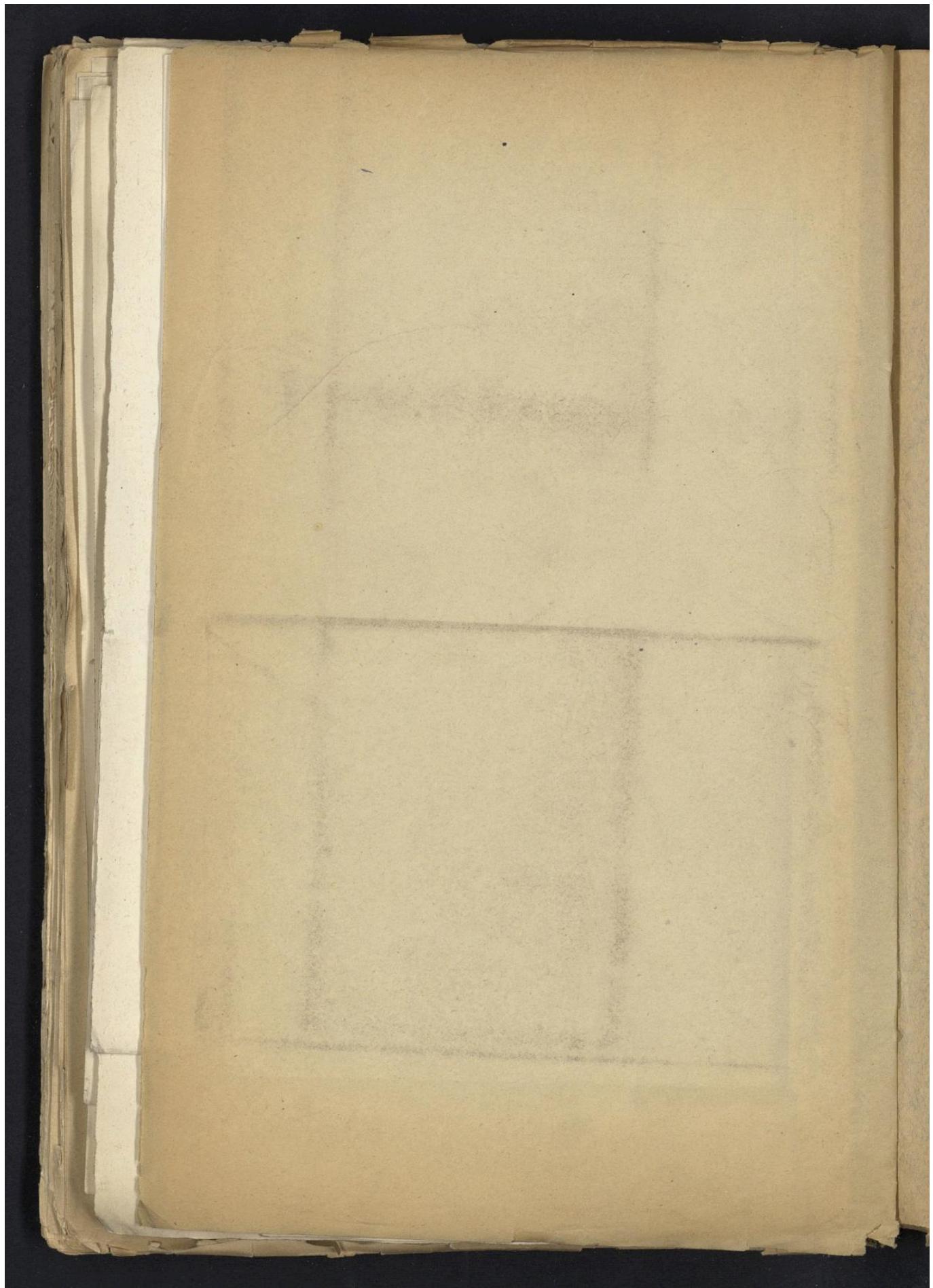
LÉGENDE

A ... Distributeur.	G Silos.
B ... Élévateur.	H Chauffer - alimentation des process.
C ... Mélangeur.	I Pompe Karl.
D ... Doseur automatique.	J Aucelvres.
E Trémie à emportement.	K Machine motrice.
F ... Mélangeur-miseur.	L Chaîne-éteur.
M ... Cheminée.	

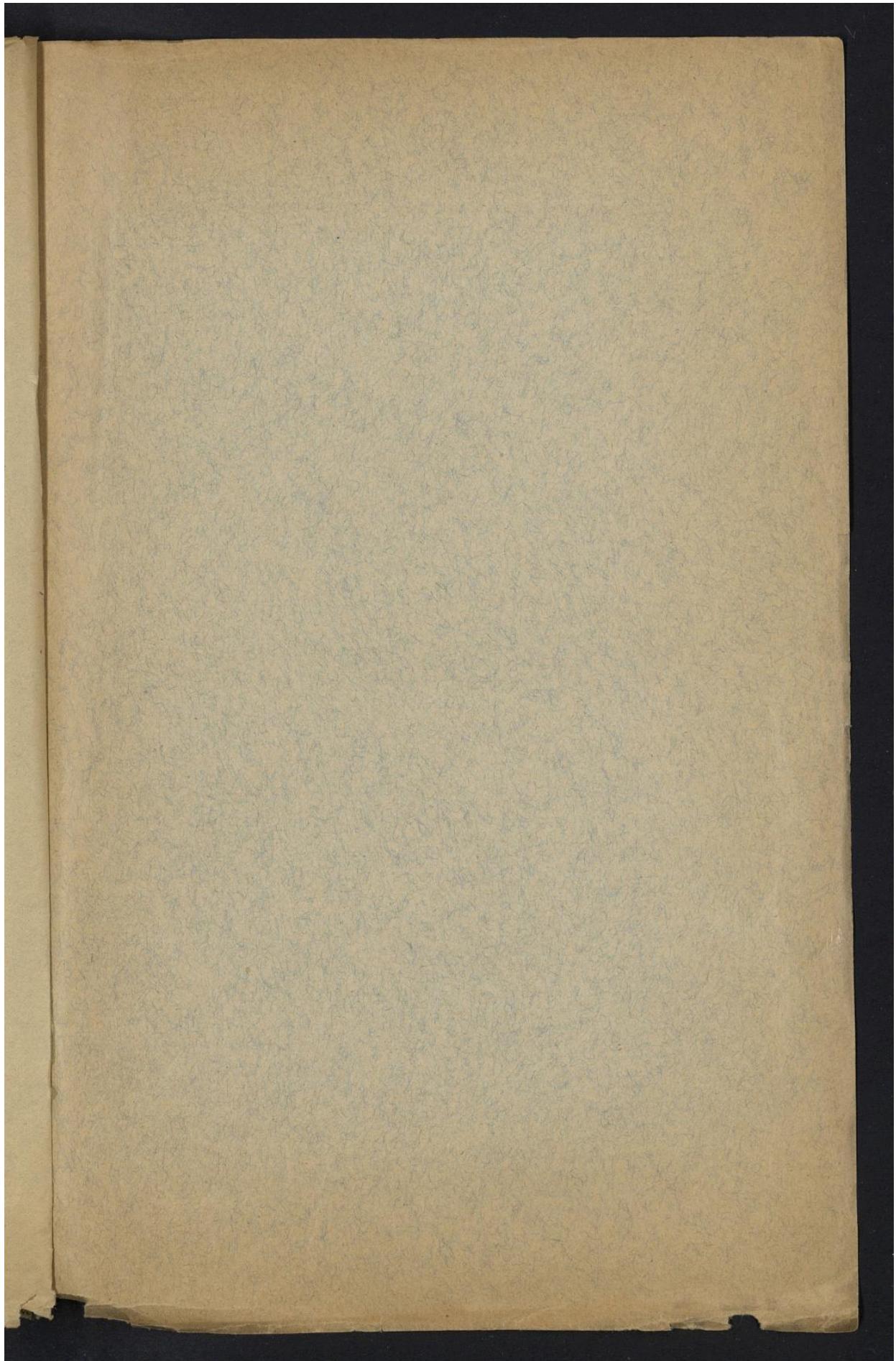




Droits réservés au [Cnam](#) et à ses partenaires



Droits réservés au [Cnam](#) et à ses partenaires



Droits réservés au [Cnam](#) et à ses partenaires

Librairie Polytechnique Ch. BERANGER, Editeur

Successeur de BAUDRY & C^{ie}

PARIS, RUE DES SAINTS-PÉRES, 45. — LIEGE, RUE DE LA RÉGENCE, 21

BULLETIN DU LABORATOIRE D'ESSAIS

MÉCANIQUES, PHYSIQUES, CHIMIQUES ET DE MACHINES

DU

CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS

Le Bulletin ne sera pas périodique, il paraîtra par fascicules détachés

Organisation et outillage du laboratoire d'essais.

N^o 1. Le laboratoire d'essais mécaniques, physiques, chimiques et de machines du conservatoire national des Arts et Métiers, son organisation, son outillage, par A. PÉROT, directeur du Laboratoire. 1 brochure in-8^o 1 fr. 50

Rapport du Congrès de Berlin, juin 1903.

N^o 2. Extrait du rapport de mission donnée au chef de la section des matériaux de construction au Congrès de chimie de Berlin (juin 1903). — I. Laboratoires d'essais. — II. Fabrication du ciment par fours rotatifs. Description de deux usines. — III. Filtré Beeth. — IV. Essais de ciment de fours rotatifs. — V. Sur un procédé simple et rapide permettant de différencier une chaux grasse d'une chaux hydraulique, par E. LEDUC, chef de la Section des matériaux de construction au laboratoire d'essais. Une brochure in-8^o, contenant des figures dans le texte et 4 planches hors texte. 4 fr.

Action de l'eau de mer sur les mortiers.

N^o 3. Action de l'eau de mer sur les mortiers, par E. LEDUC, chef de la section des matériaux de construction. Une brochure in-8^o. 1 fr. 50

Métaux ferreux.

N^o 4. Contribution à l'étude des relations qui existent entre les effets des sollicitations lentes et ceux des sollicitations vives dans le cas des métaux ferreux (barreaux lisses et barreaux entaillés), par P. BREUIL, chef de la section des métaux du laboratoire d'essais. 1 brochure in-8^o. 12 fr.

Nouveau système de longueurs d'ondes étalons.

N^o 5. Rapport sur la nécessité d'établir un nouveau système de longueur d'ondes étalons, présenté au nom de la Société française de Physique au Congrès international de physique de l'Exposition de Saint-Louis, par A. PÉROT et FABRY. 1 brochure in-8^o. 0 fr. 75

Essais des huiles de pétrole.

N^o 6. Essais mécaniques des huiles de pétrole ou autres, effectués au laboratoire d'essais du Conservatoire National des Arts et Métiers de Paris, par P. BREUIL. Une brochure in-8^o avec figures et tableaux d'essais 2 fr.

Perte de chaleur des enveloppes calorifuges.

N^o 7. Manière de mesurer les pertes de chaleur des enveloppes calorifuges. Quelques résultats d'essais faits au Laboratoire par BOYER-GUILLOU, chef de la section des machines et MM. AUCLAIR et LAEDLEIN, assistants. Une brochure in-8^o avec deux planches 2 fr.

Essais de compteurs d'eau.

N^o 8. Essais de compteurs d'eau, par A. PÉROT, directeur du Laboratoire d'essais et H. MICHEL-LEVY, assistant 4 fr.

Valeurs comparatives des trois étalons lumineux.

N^o 9. Rapport sur les valeurs comparatives des trois étalons à flamme : Carcel, Hefner, Vernon-Harcourt, par A. PÉROT, directeur du Laboratoire d'essais et P. JANET, directeur du Laboratoire Central d'Électricité. 0 fr. 75

Sur la constitution intime des calcaires.

N^o 10. Sur la constitution intime des calcaires, par E. LEDUC, chef de section des matériaux de construction au Laboratoire d'essais du Conservatoire des Arts et Métiers, avec 4 planches et 100 tableaux 20 fr.

Essais sur le plâtre.

N^o 11. Essais sur le plâtre, par E. LEDUC, chef de section des matériaux de construction au Laboratoire d'essais du Conservatoire des Arts et Métiers, et Maurice PELLET, ingénieur-agronome 1 fr. 50

Examen critique de quelques méthodes de mesure de la puissance utile des voitures automobiles.

N^o 12. Examen critique de quelques méthodes de mesure de la puissance utile des voitures automobiles, par J. AUCLAIR, assistant au Laboratoire d'Essais. 1 fr. 50