

Nous citerons enfin des expériences de Kahl, se rapportant également à l'inflammation spontanée des charbons distillés. Pour déterminer la température d'inflammation, Kahl prenait un tube d'épreuve, qu'il remplissait de charbon pulvérisé jusqu'au tiers de sa hauteur; ce tube était fermé par un bouchon portant deux trous, dans lesquels passaient deux tubes de verre recourbés dont l'un pénétrait dans le charbon. L'appareil était ensuite plongé dans un bain métallique jusqu'à moitié de sa hauteur, et l'on appliquait contre la partie inférieure du tube la boule d'un thermomètre à mercure. A chaque élévation de température de 5°, on faisait passer, au moyen d'un aspirateur, un lent courant d'air à travers la couche de charbon, et l'on notait la plus basse température à laquelle se produisait l'inflammation. — En opérant ainsi sur cinq échantillons différents de charbons de bourdaine, dont deux étaient durs et sonores, deux assez tendres, le cinquième ayant des propriétés intermédiaires, Kahl a trouvé les températures suivantes : 360°, 352°, 342°, 320°, 325°, soit en moyenne 340°. Les charbons de bois d'aune ont donné 360°, 360°, 360°, 346°, 333°, soit en moyenne 352°; pour les trois premières expériences, l'inflammation ne s'étant pas produite à 355° dans le bain métallique, on a dû plonger le tube d'épreuve dans un bain de mercure porté à l'ébullition.

e) Causes de l'inflammation spontanée.

L'origine de l'inflammation spontanée du charbon est d'autant plus difficile à découvrir que ce phénomène ne se reproduit pas toujours identiquement dans les mêmes circonstances. Le colonel français Aubert rapporte qu'ayant placé, dans deux récipients identiques des quantités égales de charbons pulvérisés, fabriqués simultanément et de la même manière, il vit s'enflammer la charge de l'un des récipients, tandis que l'autre charge resta intacte. Il est même arrivé que du charbon en morceaux, fabriqué depuis trois jours, s'est enflammé pendant la nuit, après avoir subi un trajet de seize lieues anglaises; Hadfield, qui cite le fait, admet qu'il s'est formé, pendant le parcours, du poussier de charbon qui a déterminé l'inflammation. Cette explication paraît peu plausible, car le même accident s'est reproduit en Saxe pour du charbon entassé en morceaux et n'ayant subi aucun transport.

Parmi les circonstances qui influent sur l'inflammation spontanée du charbon, on doit compter, sans doute, les diverses conditions at-

mosphériques, telles que la température ambiante, la pression barométrique, l'état hygrométrique de l'air et sa tension électrique. Mais leur influence n'est que secondaire: d'après les résultats acquis jusqu'à ce jour, la cause principale réside dans la propriété plus ou moins prononcée que possède le charbon d'absorber et de condenser l'air atmosphérique avec production de chaleur, et dans sa conductibilité plus ou moins grande pour la chaleur ainsi dégagée.

Nous ne citons que pour mémoire l'hypothèse de Davies, lequel attribue le phénomène à l'oxydation du potassium qui se serait formé, pendant la carbonisation, par la décomposition du carbonate de potasse contenu dans le bois; on s'expliquerait ainsi qu'un mélange de charbon et de soufre prit feu plus difficilement que le charbon seul, parce qu'alors il se serait produit du sulfure de potassium. Mais la réduction du carbonate de potasse à la température de la carbonisation est tout à fait invraisemblable: on sait qu'il faut chauffer jusqu'au blanc pour réaliser cette transformation. En outre, l'hypothèse de Davies ne rendrait pas compte des nombreux cas d'inflammation survenus dans les usines à pilons, pendant la trituration simultanée des trois substances dans les mortiers.

VII. PROCÉDÉ DE CARBONISATION PAR LA VAPEUR D'EAU SURCHAUFFÉE.

Dès 1847, Violette avait proposé d'employer, pour la carbonisation du bois, un procédé déjà appliqué par Thomas et Laurens à la revivification du noir animal. Ce nouveau système fut mis en pratique d'abord à Esquerdes, puis à Wetteren, et plus tard à Dresde. Il consiste à décomposer le bois dans un courant de vapeur d'eau, portée à une température qui dépend de la nature du charbon qu'on veut obtenir; cette température étant toujours de beaucoup supérieure à celle de la vapeur saturée à la pression où l'on opère, il faut recourir au surchauffage.

A. Système Violette.

Ce procédé ne permet pas seulement de régler facilement la température: il offre, de plus, l'avantage d'effectuer la carbonisation du bois dans une atmosphère neutre, où il ne peut entrer en combustion; enfin, le goudron, étant entraîné au moment même où il se forme, ne peut altérer la pureté du produit. Pour obtenir ce dernier

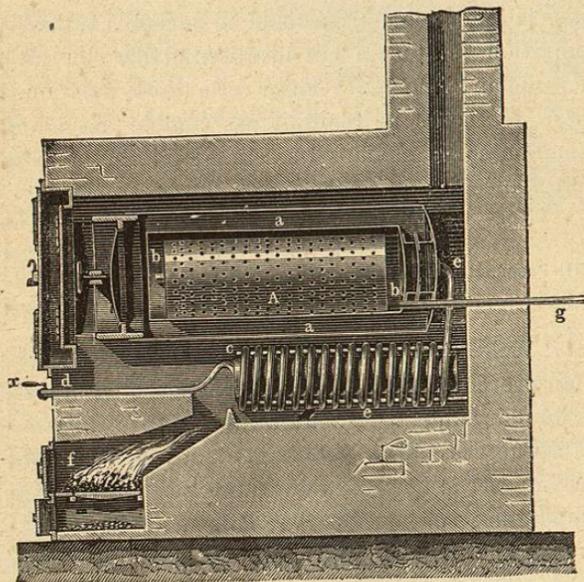
BIBLIOTHÈQUE

résultat, il est essentiel que la vapeur circule avec une certaine vitesse et possède, par suite, une certaine pression : l'expérience a montré qu'il suffisait d'une pression effective comprise entre $\frac{1}{2}$ et 1 atmosphère. Pratiquement, l'appareil doit permettre de surchauffer la vapeur au degré voulu et de l'envoyer dans la chambre de carbonisation, en évitant aussi complètement que possible tout refroidissement.

a) Appareil d'Esquerdes.

L'appareil installé par Violette à la poudrerie d'Esquerdes (Pl. II, fig. 22) se compose essentiellement de deux cylindres en tôle concen-

Fig. 22.



triques *aa* et *bb* (fig. 22); le cylindre extérieur sert d'enveloppe au cylindre intérieur, qui reçoit la charge. Sous les cylindres se trouve un tube en fer *cc*, contourné en spirale et communiquant par une de ses extrémités avec la chaudière qui fournit la vapeur, dont l'admission est commandée par le robinet *x*; ce tube est chauffé directement par le foyer *f*, qui est surmonté d'une petite voûte et dont la flamme est forcée, au moyen d'un pont en briques, de s'élever jusqu'à la partie supérieure du serpentín. Le serpentín *cc*, qui est en fer forgé de

5^{mm} d'épaisseur, a un diamètre intérieur de 20^{mm} et une longueur totale d'environ 20^m; il aboutit en *e* au cylindre extérieur *aa*. Dans l'axe du serpentín est assujéti, au moyen de crampons en fer, un tambour fermé aux deux bouts et destiné à obliger la flamme à suivre les sinuosités du tube; la fumée s'échappe par la cheminée. Du côté opposé du massif se trouvent deux épaisses portes en fonte fermant hermétiquement, afin d'éviter toute perte de chaleur. Le cylindre *aa* est en tôle de 10^{mm}; il repose sur le massif et sur deux supports intermédiaires en fer; ces derniers sont encastrés dans la maçonnerie et forment les carnaux dans lesquels circule l'air chaud provenant du foyer *f*. Ce cylindre est fermé à sa partie postérieure; en avant, il est muni d'un large collier circulaire en fonte. Le cylindre intérieur *bb*, qui est en tôle de 5^{mm}, est fermé en arrière, ouvert en avant; il s'appuie sur huit agrafes en fer et porte à sa partie postérieure quatre tiges de fer, fixées à un disque circulaire et servant à assujéti le cylindre *bb* à l'intérieur du cylindre *aa*.

On opère, pour chaque cuite, sur 25 à 30^k de bois de bourdaine qu'on introduit, en morceaux pas trop gros, dans un cylindre mobile *A* percé de trous; ce cylindre, dont l'emploi facilite le chargement et le déchargement, est alors poussé dans le cylindre fixe *bb*. La vapeur, pénétrant en *e* au fond de *aa*, circule d'arrière en avant dans l'intervalle des deux cylindres *aa* et *bb* et s'introduit, par l'extrémité ouverte de *bb*, dans le cylindre *A* rempli de bois: après avoir opéré la distillation en passant dans les interstices de la charge, elle s'échappe dans l'atmosphère avec les produits empyreumatiques, à travers le tube en cuivre *g*, fixé à l'extrémité postérieure de *bb*; elle peut encore être recueillie et condensée dans un appareil spécial.

Dès que le générateur est en pression, on allume le feu sous le serpentín *cc*; au bout d'un quart d'heure, on introduit dans *bb* le tambour *A* avec sa charge, et l'on met en place le couvercle du cylindre *aa*, qu'on lute avec de l'argile. On ferme les deux portes en fonte, et au bout de dix minutes, l'argile étant sèche, on ouvre le robinet *x* pour introduire la vapeur. Il est important de régler la marche du feu en *f* de manière que la température de la vapeur reste, autant que possible, constante: on se guide, à cet effet, sur l'aspect de la flamme, qu'on observe par un regard *d* muni d'un verre, et sur les indications de la température dans le cylindre, fournies par des métaux et des alliages fusibles. Lorsque la température nécessaire pour la carbonisation se rapprochait trop du point

d'ébullition du mercure pour permettre l'emploi d'un thermomètre ordinaire, Violette introduisait à travers la voûte du fourneau, dans l'intérieur du cylindre, deux petits tubes creux en cuivre fermés à leur partie inférieure et contenant un très-petit cylindre de zinc, d'étain ou d'un alliage fondant à une température connue; pour rendre la fusion apparente de l'extérieur, il faisait reposer sur le métal ou sur l'alliage un fil de fer lesté à sa partie inférieure, qui s'enfonçait dès que la fusion s'était produite.

Au bout d'une heure environ, on est arrivé à la température de fusion de l'étain, et la vapeur qui se dégage dénote, par son odeur et sa coloration, la présence de matières empyreumatiques, c'est-à-dire le commencement de la carbonisation. Puis la vapeur s'épaissit et change successivement d'aspect. Au bout de deux nouvelles heures, l'absence d'odeur indique la fin de l'opération.

On décharge aussitôt l'appareil, afin que la chaleur qu'il renferme ne transforme pas le charbon roux en charbon noir: 3 à 4 minutes suffiraient pour cela. A cet effet, le maître-ouvrier ferme le robinet *x* d'admission de la vapeur, ouvre les portes en fonte et enlève le couvercle, pendant que deux ouvriers saisissent l'étouffoir, grand cylindre en tôle de 1^m,20 de hauteur sur 0^m,55 de diamètre, et le présentent horizontalement devant l'ouverture du cylindre extérieur, qui se trouve ainsi bouchée; le maître-ouvrier fait alors tomber dans l'étouffoir le tambour A, qu'il pousse au moyen d'une longue barre en fer introduite par le tube *g*.

Le cylindre reçoit immédiatement une nouvelle charge, et la seconde cuite marche beaucoup plus rapidement: la distillation commence au bout d'un quart d'heure, et la durée totale de l'opération n'est que de 2 heures, au lieu de 3. Les cuites suivantes sont encore plus rapides, et la sixième, qui est la dernière de la journée, ne dure guère plus de 1 heure 1/2.

On produit ainsi 50^k de charbon par jour.

La dépense de vapeur est, par heure, de 20^k pour une pression effective de 1/4 d'atmosphère, de 25^k pour 1/2 atmosphère, et de 45^k pour 1 atmosphère. La dépense journalière de houille pour le générateur varie de 80 à 120^k, suivant la tension de la vapeur. Sous le serpentin, on brûle, pour chaque cuite, 15 à 20^k de bois ou 5 à 6^k de coke, soit 150 à 200^k de bois ou 60 à 80^k de coke par 100^k de charbon obtenu. — La température correspondant à la production du charbon roux est d'environ 280°.

b) Appareils de Wetteren et de Dresde.

A Wetteren, on a construit deux appareils identiques à celui d'Esquerdès et qui peuvent, à volonté, marcher alternativement ou simultanément. La conduite des opérations est celle que nous venons de décrire.

A Dresde, les appareils de distillation au moyen de la vapeur d'eau surchauffée n'ont été installés qu'à titre d'essai; Kahl a d'ailleurs adopté une disposition un peu différente de celle de Violette. Le serpentin et les cylindres en tôle étaient placés dans deux massifs distincts et juxtaposés, de sorte qu'on pouvait chauffer le premier indépendamment des seconds; en outre, l'espace annulaire compris entre les deux cylindres était rempli d'un corps mauvais conducteur de la chaleur, de pierre ponce, par exemple; enfin, dans le voisinage du point où la vapeur pénétrait dans le cylindre de carbonisation, on introduisait soit un thermomètre à mercure, soit un thermomètre métallique. Ce dernier consistait en deux lames, l'une d'acier, l'autre de laiton, superposées et soudées sur toute leur longueur; cette bande métallique était contournée en spirale et avait l'une de ses extrémités soudée au fond d'une petite boîte cylindrique, tandis que l'autre agissait sur un levier coudé ou sur un engrenage, qui amplifiait les allongements de la lame au moyen d'une aiguille mobile sur un cadran. — Pour obtenir du charbon noir, Kahl commençait par faire passer sur le bois de la vapeur à 100°: il élevait la température jusqu'à 280°, pendant la première demi-heure, et, dans les trois quarts d'heure suivants, jusqu'à la température jugée nécessaire pour la carbonisation; il maintenait alors cette température pendant 2 heures 1/2. En élevant la température encore plus lentement, la durée de la carbonisation augmentait très-notablement, et la dernière période de l'opération finissait même par présenter d'assez grandes difficultés.

c) Propriétés des charbons et rendements.

Des essais exécutés par Violette à la poudrerie d'Esquerdès (juillet 1848), avec du bois de bourdaine contenant 40 à 12 p. 100 d'humidité, et destinés à déterminer les conditions nécessaires et suffisantes pour la production du charbon très-roux, ont donné les résultats suivants:

INDICATIONS du manomètre.	DURÉE de l'opération.	HOUILLE consommée sous le générateur.	BOIS consommé sous le serpentin.	CHARGE.	POIDS DE CHARBON OBTENU			RENDE- MENT p. 100.
					Roux.	Noir.	Brûlots.	
1 atm.	2 h. 45 min.		25 kil.	25	9,220	"	"	36,88
1	2 "		13	30	11,200	"	"	37,33
1	2 "	118	11	25	10,050	"	"	40,20
1	2 "		12	30	10,450	"	"	34,83
1	2 h. 45 min.		12	30	10,500	"	"	35,00
1	2 "		12	30	10,500	"	"	35,00
1	3 "		26	25	8,950	"	"	35,80
1	2 "		12	25	8,900	"	"	35,60
1	2 h. 30 min.	115	11	25	9,350	"	"	37,40
1	2 "		9	25	9,250	"	"	37,00
1	2 "		13	30	11,150	"	"	37,16
1	2 h. 15 min.		13	30	11,150	"	"	37,16
1/2	3 h. 15 min.		30	25	9,100	"	"	36,40
1/2	2 h. 10 min.		11	30	10,500	"	0,150	35,00
1/2	2 h. 15 min.	85	13	30	10,650	"	"	35,50
1/2	2 "		12	30	11,350	"	0,700	37,83
1/2	2 "		15	30	10,150	"	0,750	33,83
1/2	2 "		15	30	10,150	"	"	33,83
1/2	3 h. 0 min.		26	30	11,100	"	"	37,00
1/2	2 h. 0 min.		9	30	11,150	"	0,400	37,16
1/2	2 h. 15 min.	82	12	30	11,050	"	"	36,83
1/2	2 h. 15 min.		10	30	11,050	"	"	36,83

La poudre fabriquée avec ce charbon roux, obtenu à la température de 280°, accusait une plus grande vitesse au fusil-pendule que la poudre ordinaire, comme le montre le tableau ci-après :

CHARBON ayant servi à fabriquer la poudre.	VITESSE PAR SECONDE.		
	Chasse fine.	Chasse superfine	Chasse extrafine
	m.	m.	m.
Charbon ordinaire.	330,0	350,0	375,00
Charbon d'Esquerdes.	356,2	357,7	382,07

D'après Violette, si l'on surchauffe la vapeur jusqu'à 350° environ, on obtient un mélange de charbon roux à 70 p. 100 et de charbon noir à 85 p. 100 de carbone. Si l'on chauffe simultanément, outre le générateur, la cornue et le serpentin, mais à une température infé-

rieure à 450°, le bois se trouve débarrassé des substances volatiles au même point que s'il avait été calciné à 1200° dans une capsule, comme le prouvent les analyses suivantes :

POIDS du charbon analysé.	RENDE- MENT p. 100.	COMPOSITION CENTÉSIMALE.				OBSERVATIONS.	
		Carbone.	Hydro- gène.	Oxygène, azote et pertes.	Cendres.		
gr. 0,5670	28,18	76,808	2,738	19,929	0,529	En chauffant la vapeur seule, aussi fortement que pos- sible.	
0,4550							à 30,00
0,4545	19,09	89,939	2,684	5,852	1,540		En chauffant à la fois le gé- nérateur et le récipient du bois.
0,5670							

Dans les deux dernières expériences, la vapeur a joué le double rôle d'agent calorifique et d'agent mécanique; mais ce n'est pas en raison d'un accroissement de température qu'elle a agi le plus énergiquement, car, comme Violette l'a vérifié, la quantité de combustible employée a été beaucoup moindre pour le même résultat : elle a simplement facilité le départ des matières volatiles, comme un vent chaud hâte l'évaporation de l'eau, en emportant les vapeurs à mesure qu'elles se forment.

Kahl a appliqué son mode d'opération à du bois de bourdaine contenant 11,57 p. 100 d'humidité, qu'il a carbonisé à 350°, et à du bois contenant 9 p. 100 d'humidité, qu'il a soumis aux températures de 410° et 440°. Il est ainsi arrivé aux résultats suivants :

NATURE du charbon.	RENDEMENT p. 100.	COMPOSITION CENTÉSIMALE.			
		Carbone.	Hydrogène.	Oxygène, azote et pertes	Cendres.
Charbon à 350°	30,2 à 30,4	76,00	3,91	18,58	1,51
Charbon à 350°	30,2 à 30,4	75,06	4,09	19,51	1,34
Charbon à 410°	28,8	79,60	3,82	15,06	1,52
Charbon à 440°	26,6	84,99	3,30	10,12	1,59

La température d'inflammation de ces charbons était comprise entre 300° et 340°. Du bois d'aune, contenant 11,7 p. 100 d'humidité et carbonisé à 350°, a donné du charbon noir au rendement de

BIBLIOTHÈQUE