

29,7 à 30,3 p. 100, dont la température d'inflammation variait de 337 à 357°. (Cf. p. 163.)

Les charbons distillés à la vapeur sont tous tendres et friables, complètement libres de goudrons et remarquablement homogènes. Ce dernier point résulte de l'analyse de morceaux de charbon pris à l'entrée et à la sortie de la vapeur :

POINT DU CYLINDRE où a été pris le charbon.	COMPOSITION CENTÉSIMALE.			
	Carbone.	Hydrogène.	Oxygène, azote et peites.	Cendres.
Entrée de la vapeur.	82,95	3,40	12,28	1,67
Sortie de la vapeur.	82,91	3,26	11,98	1,85

Quant aux dépenses de main-d'œuvre et de combustible et au prix de revient total, le système de distillation à la vapeur ne peut être avantageux que pour la production des charbons roux. C'est ce qui résulte d'essais comparatifs déjà mentionnés (p. 186), et se rapportant à la fabrication du charbon noir de bourdaïne :

SYSTÈME DE CARBONISATION.	DÉPENSES en main-d'œuvre et en combustible, par 100 ^k de charbon produit.		PRIX DE REVIENT total.
	fr.	fr.	
Chaudières.	3,00	53,78	
Cylindres fixes.	4,99	41,79	
Appareil à vapeur.	16,33	53,81	

On peut conclure de l'ensemble des expériences de Violette et de Kahl, que le système de distillation à l'aide de la vapeur surchauffée n'est préférable au système ordinaire de carbonisation dans les cylindres, au double point de vue du rendement et du prix de revient, que pour la production du charbon roux : comme le charbon roux est exclusivement affecté aux poudres de chasse et le charbon noir aux poudres de guerre, le procédé de Violette ne présente aucun avantage dans les établissements où l'on ne fabrique que cette dernière espèce de poudres. Il est vrai que les charbons distillés à la vapeur sont incomparablement plus homogènes que ceux des

cylindres ordinaires; mais ces inégalités de composition des produits, pourvu qu'elles ne dépassent pas certaines limites, sont sans aucune influence sur la qualité de la poudre : les charbons provenant des différents points du cylindre sont, en effet, intimement mélangés, et ce mélange présente une composition moyenne parfaitement uniforme, dont l'inflammabilité se rapproche beaucoup de celle des charbons distillés à la vapeur. En outre, les frais d'installation de l'appareil de Violette sont notablement plus élevés que ceux d'un appareil ordinaire de carbonisation dans les cylindres fixes ou mobiles, le serpentín est plus rapidement mis hors de service que les cornues, et les dépenses en main-d'œuvre et en combustible sont généralement plus fortes, parce qu'on n'a pas trouvé jusqu'à ce jour de moyen pratique pour recueillir la quantité considérable de chaleur emportée par la vapeur surchauffée.

Tels sont les principaux motifs qui se sont opposés à la mise en application du remarquable procédé de Violette, et qui l'ont fait successivement abandonner à Esquerdes et à Dresde.

B. Système Gossart.

a) Appareil à circulation continue du calorique.

Gossart a cherché à éviter la plupart des inconvénients de l'appareil de Violette en surchauffant la vapeur dans des tubes courts et gros, remplis de fragments métalliques destinés à multiplier indéfiniment la surface de chauffe, et en faisant circuler en sens inverse, dans des colonnes doubles de condensation et d'échauffement, l'eau froide à vaporiser, d'une part, et, de l'autre, la vapeur sortant des cylindres. Ceux-ci, formés de trois enveloppes en tôle concentriques et munis de deux thermomètres qui donnent la température de la vapeur avant et après le contact du bois, sont disposés verticalement dans un massif, au-dessus du foyer des tubes générateurs. Gossart, ayant reconnu que la carbonisation proprement dite exige une faible dépense de calorique par rapport à la quantité nécessaire pour la dessiccation, la conversion en brûlots et l'échauffement à 265°, et s'étant, de plus, assuré que du bois placé à la suite d'un cylindre de carbonisation se transformait en brûlots, sans trace de goudrons, par la seule action de la vapeur qui s'en échappait, a eu l'idée d'opérer simultanément sur plusieurs cornues, dans les-

BIBLIOTHÈQUE

quelles la vapeur s'engagerait successivement pour produire la transformation de la charge en brûlots, et de n'employer directement la vapeur surchauffée que pour achever la carbonisation. L'appareil construit à Esquerdes, en 1855, se composait de deux cornues accouplées (Pl. II, fig. 1, 2 et 3).

Un treuil *c* sert à relever le piston d'une pompe d'injection *ab* qui lance l'eau, avec une pression un peu supérieure à celle que l'on veut donner à la vapeur, dans un tuyau d'où six robinets gradués la distribuent entre 6 colonnes d'échauffement placées dans le cylindre de condensation *e*; chaque colonne double est, par sa surface intérieure et extérieure, en contact avec la vapeur qui, sortant des cornues à une température de plus de 200°, est conduite dans le cylindre pour s'y refroidir et s'y condenser, en circulant de haut en bas entre les six colonnes. Six tuyaux *f*, partant du haut des colonnes, portent aux six tubes générateurs *g* de la vapeur entraînant plus ou moins d'eau, qui s'y dessèche et s'y surchauffe. Ces tubes, qui sont formés de deux parties droites et d'une partie coudée, réunies par des joints doublement coniques, reçoivent l'action directe du feu et sont remplis de tournures métalliques. La vapeur surchauffée se réunit dans un tuyau récepteur *h*, d'où elle est conduite, par le tube *i*, dans le tube à six branches *k* qui est en communication, par le tuyau *l*, avec un manomètre *m* placé devant les yeux de l'ouvrier qui conduit le feu et muni d'un robinet pour l'échappement libre de la vapeur. Le tube *k* communique, en outre, à l'aide des deux robinets-soupapes 1 et 4 (*), avec les tubes à trois branches *o* et *o'*, qui sont en correspondance avec les deux cornues *M* et *M'*. Si l'on ouvre 1, par exemple, et que l'on ferme 4, la vapeur entrera dans *o* et, par suite, dans *M*, circulera entre ses trois enveloppes, traversera le bois, et descendra par le tube *p* dans le tuyau à cinq branches *q*, qu'on peut mettre en communication, soit avec le cylindre de condensation *e*, en ouvrant le robinet-soupape 3 qui donne issue à la vapeur dans un tube de dégagement, soit avec le tuyau à trois branches *o'*, en ouvrant le robinet-soupape 2. Dans le premier cas, on fait marcher la carbonisation dans l'appareil *M* seul; dans le second, la vapeur commence la carbonisation du bois dans

(*) Sur la fig. 3 de la Pl. II, les projections verticales des robinets-soupapes 1, 2, 3 sont respectivement recouvertes par celles des robinets-soupapes 4, 5, 6.

la cornue *M'*, et vient, par le tube *p'*, dans le tuyau à cinq branches *q'*, qui communique avec *o* et avec le tube de dégagement par les branches fermées à l'aide des robinets-soupapes 5 et 6. Si l'on ferme 5 et ouvre 6, la vapeur se rend dans *e*, et, en se refroidissant et se condensant, réchauffe et vaporise l'eau qui arrive dans les colonnes d'échauffement.

Une série de manœuvres très-simples des six robinets-soupapes, indiquées par un tableau placé sous les yeux du chauffeur, permet de faire passer à volonté la vapeur de *M* dans *M'*, ou de *M'* dans *M*, ou dans l'une des cornues seulement, ou directement dans les deux cornues à la fois. Les produits condensés dans le cylindre *e* sont rejetés par le tube *s*. Le fourneau est à un seul foyer; trois clefs *x*, *x'*, *x''*, peuvent servir à faire passer la flamme autour des cornues de carbonisation. La clef *y* permet de régler l'arrivée de l'air; les ouvertures *z*, fermées par des glissières, servent à examiner les tubes générateurs et à juger de leur température.

Le service de l'atelier est fait par deux ouvriers, dont l'un conduit l'appareil, tandis que l'autre opère les triages de charbons, prépare les chargements, apporte le combustible, etc. La cornue en tôle *M*, remplie de 40 à 50° de bois, est mise en place à l'aide du treuil *T* et munie de son couvercle en fonte, qu'on serre au moyen d'une vis de pression; on recouvre le tout d'un grand couvercle en tôle légère, qu'on charge de cendres. Pendant ce temps, le feu s'allume et les tubes s'échauffent; la mise en train dure environ trois quarts d'heure. On ouvre alors les robinets-soupapes 1, 2, 6, pour introduire la vapeur dans *M*, on lève le piston de la pompe d'injection, et l'on ouvre les robinets de manière à obtenir 60 à 70° de vapeur à l'heure: l'eau s'échauffe, se vaporise, traverse la cornue et revient au cylindre de condensation au bout de 8 à 10 minutes. L'ouvrier n'a plus qu'à entretenir le feu, à remonter le piston de la pompe et à régler l'ouverture des robinets d'introduction de l'eau. Il se guide, à cet effet, sur la température des tubes générateurs, indiquée par leur couleur et par la température du thermomètre extérieur, et sur l'état d'avancement de la carbonisation, dont il s'assure en soulevant le couvercle en tôle et dégageant une soupape fixée sur le couvercle en fonte, d'où s'échappe un jet de vapeur d'une odeur et d'une couleur caractéristiques. S'il veut obtenir du charbon noir au rendement de 40 p. 100, il maintiendra la température jusqu'à ce que toute odeur ait disparu. Pour obtenir du charbon roux au ren-

BIBLIOTHÈQUE

dement de 40 à 50 p. 100, il abaissera la température à 265° pendant la dernière période, et déchargera dès que le dégagement de gaz aura cessé. Le déchargement s'effectue d'une manière analogue au chargement; la cornue est enfermée dans un étouffoir placé sur le cercle décrit par le treuil.

b) Marche de la distillation.

Gossart a étudié avec le plus grand soin les diverses circonstances de la carbonisation.

Il divise le phénomène en quatre périodes distinctes. Dans la première, celle de la dessiccation, la température du bois reste à peu près constante pendant 1 heure 1/2, et il ne se produit pas trace de décomposition, quelle que soit la température de la vapeur : la dessiccation absorbe plus de la moitié du calorique nécessaire pour la carbonisation, à cause de la faible capacité calorifique de la vapeur relativement à celle de l'eau. La seconde période est caractérisée par la décomposition du bois et par le dégagement de produits volatils où domine l'acide acétique, sans trace de goudrons; cette période, qui commence à 200°, présente un point fixe à la température de 230°, qui donne le brûlot parfait, à texture fibreuse, au rendement de 75 p. 100. La transformation du brûlot en charbon peut s'achever à 225 ou 230°, mais en prolongeant la cuite pendant 12 heures. Si l'on élève la température, l'opération devient plus rapide, et il se produit un enchevêtrement de la seconde période et de la troisième : cette dernière est caractérisée par le dégagement des goudrons.

Pour obtenir le charbon roux, il faut entrer dans la troisième période à 265° : sinon, la température s'emporte et il se forme du charbon noir; la seconde période est, dans ce cas, fort onéreuse, bien qu'elle absorbe peu de chaleur, à cause de la nécessité où l'on se trouve de l'effectuer au-dessous de 265° et de fournir, par suite, un poids de vapeur considérable. Pendant la troisième période, il se produit, pour le charbon roux, un dégagement brusque de chaleur, qu'on modère par le courant de vapeur qui sert alors de réfrigérant. Les limites de cette période, qui correspondent aux températures de 265° et 290°, sont marquées par le commencement de la décomposition du brûlot à 75 p. 100 et par la production du charbon homogène et régulier à 40 p. 100. Les meilleurs charbons roux pour la poudre de chasse semblent être au rendement de 45 p. 100, c'est-à-

dire ne correspondre à aucun point fixe; si l'on opère à 260°, à raison de 80 à 100^l de vapeur par heure, la transformation du bois en brûlot à 75 p. 100 dure 2 heures à 2 heures 1/2. — Quant aux charbons noirs, on peut les obtenir à température élevée, environ 1 heure après la dessiccation : la quatrième période, caractérisée par l'absence de tout dégagement, se trouve alors confondue avec la troisième.

L'appareil de Gossart, quoique plus rationnel, donne prise à peu près aux mêmes objections que celui de Violette. En outre, dans la pratique, les colonnes doubles d'échauffement, qui constituaient la partie essentielle et vraiment originale de l'appareil, n'ont pu fonctionner d'une manière complètement satisfaisante : les goudrons se déposaient, en effet, sur les parois des colonnes et produisaient des engorgements fréquents. Les essais auxquels était soumis l'appareil d'Esquerdes ont été interrompus par la mort de Gossart (1858) et n'ont jamais été repris.

BIBLIOTHÈQUE

CHAPITRE IV.

DOSAGE.

Chaque poudre (poudre de guerre, de chasse ou de mine) a son dosage particulier. Ces différences de dosage ont leur raison d'être dans les usages spéciaux auxquels ces matières sont affectées. Ce qu'on demande surtout aux poudres de guerre, c'est la force et un potentiel aussi grand que possible; aux poudres de chasse, la rapidité d'inflammation et de combustion; aux poudres de mine, une production de gaz abondante.

Le dosage ne paraît pas avoir d'influence appréciable sur l'inflammabilité de la poudre. L'excès de charbon accélère la combustion; l'excès de salpêtre la ralentit. Quant à la force et au potentiel, nous verrons que le volume des gaz produits et la quantité de chaleur dégagée, qui en constituent les facteurs essentiels, peuvent varier avec les proportions du dosage. D'après Berthelot, le dosage théorique qui correspondrait au développement maximum de chaleur et au dégagement minimum de produits gazeux serait le suivant :

Salpêtre.	84
Soufre.	8
Charbon.	8

On ne saurait toutefois accorder une importance exclusive aux considérations purement théoriques. Il paraît, en effet, démontré par l'expérience que, si le surdosage en soufre diminue la vivacité de la poudre, il en assure la bonne conservation, et que, pour une espèce de poudre donnée, les petites variations de dosage sont sans influence sensible sur les propriétés balistiques. Ces variations sont d'ailleurs inévitables, par les raisons suivantes :

1° Le charbon que l'on emploie ne se compose jamais de carbone chimiquement pur.

2° La poudre contient toujours de l'humidité en quantité variable.

3° Il est impossible d'assurer l'intimité absolue du mélange.

4° Enfin, ce mélange lui-même subit, pendant le cours des opérations successives, des altérations continuelles dans les proportions relatives des corps qui le constituent, comme le montrent des expériences exécutées sur des poudres prussiennes et résumées dans le tableau ci-après :

ÉTAT DE LA MATIÈRE après les opérations successives.	COMPOSITION CENTÉSIMALE.		
	Salpêtre.	Soufre.	Charbon.
Composition au dosage réglementaire. . .	74	10	16
Mélange trituré.	74,03	10,13	15,84
Galette.	73,60	10,25	16,15
Galette grenée.	73,66	10,38	15,96
Poudre séchée à l'air.	73,94	10,20	15,86
Poudre lissée.	74,43	9,73	15,84
Poudre époussetée.	74,49	9,72	15,79

Nous indiquerons les principales variations survenues jusqu'à nos jours dans le dosage des différentes poudres de guerre, de chasse et de mine.

§ I.

POUDRES DE GUERRE.

Les premières compositions de poudre employées à la confection des engins incendiaires furent probablement formées de parties égales de salpêtre, de soufre et de charbon; mais on ne tarda pas, d'après Piobert, à s'apercevoir qu'on obtenait beaucoup plus de vivacité dans la combustion du mélange de ces trois matières en augmentant la quantité de salpêtre, qui fut successivement doublée, triplée, quadruplée et même décuplée. Cependant on s'arrêta, dès les premiers