

DICTIONNAIRE

GÉNÉRAL

DES SCIENCES

THÉORIQUES ET APPLIQUÉES

COMPRENANT

POUR LES MATHÉMATIQUES : L'arithmétique, l'algèbre; la géométrie pure et appliquée; le calcul infinitésimal; le calcul des probabilités; la géodésie; l'astronomie, etc.

POUR LA PHYSIQUE ET LA CHIMIE : La chaleur, l'électricité, le magnétisme, le galvanisme et leurs applications; la lumière, les instruments d'optique; la photographie, etc.; la physique terrestre, la météorologie, etc.; la chimie générale; la chimie industrielle; la chimie agricole; la fabrication des produits chimiques, des substances industrielles ou alimentaires, etc.

POUR LA MÉCANIQUE ET LA TECHNOLOGIE : Les machines à vapeur; les moteurs hydrauliques et autres; les machines-outils; la métallurgie; les fabrications diverses; l'art militaire; l'art naval; l'imprimerie, la lithographie, etc.

POUR L'HISTOIRE NATURELLE ET LA MÉDECINE : La zoologie; la botanique; la minéralogie; la géologie; la paléontologie; la géographie animale et végétale; l'hygiène publique et domestique; la médecine; la chirurgie; l'art vétérinaire; la pharmacie; la matière médicale; la médecine légale, etc.

POUR L'AGRICULTURE : L'agriculture proprement dite; l'économie rurale; la sylviculture; l'horticulture; l'arboriculture; la zootechnie; les industries agricoles, etc.

AVEC DES FIGURES INTERCALÉES DANS LE TEXTE

PAR M^M.

PRIVAT-DESCHANEL ET AD. FOCILLON

PROFESSEURS DE SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES
au Lycée Impérial de Louis-le-Grand

AVEC LA COLLABORATION D'UNE RÉUNION
DE SAVANTS, D'INGÉNIEURS ET DE PROFESSEURS

I^{re} PARTIE

PARIS

GARNIER FRÈRES, LIBRAIRES-ÉDITEURS

RUE DES SAINTS-PÈRES

VICTOR MASSON ET FILS

Libraires-Éditeurs
PLACE DE L'ÉCOLE-DE-MÉDECINE

F^d TANDOU ET C^{ie}

Éditeurs
RUE DES ÉCOLES, 78

1864

Tous droits réservés.

Carbonisation

CARBONISATION. — Transformation en charbon. Cette opération ne fut d'abord exécutée que sur le bois ; on l'étendit successivement à la tourbe et à la houille. Elle a pour objet d'enlever à ces combustibles les matières volatiles qu'ils peuvent contenir ; le résidu que l'on obtient s'appelle *charbon de bois*, *charbon de tourbe*, *coke*.

CARBONISATION DU BOIS. — Les procédés de carbonisation du bois sont très-nombreux. On peut cependant les ranger en trois classes. Dans la première, ou *carbonisation en vase clos*, le bois est renfermé dans une enveloppe métallique chauffée à l'extérieur, de sorte qu'il ne reçoit jamais le contact direct du feu ni de l'air. Dans la seconde, le bois est généralement renfermé dans une enceinte en maçonnerie ; la chaleur nécessaire à la carbonisation est également produite au dehors de cette enceinte, dans un ou plusieurs foyers qui lui sont accolés ; mais les produits gazeux de la combustion qui s'échappent de ces foyers sont introduits dans la masse du combustible à carboniser et opèrent sa distillation. Enfin, dans la dernière méthode, la plus ancienne et encore la plus généralement répandue, le bois à carboniser est assemblé en tas recouvert d'une couche de terre ; le feu est introduit dans la masse même du bois auquel on laisse arriver de l'air avec ménagement, de manière à brûler du combustible juste ce qu'il faut pour carboniser le reste. C'est le *procédé dit des forêts*.

Procédé des forêts. — La première chose à faire est de bien choisir la place où la carbonisation doit avoir lieu. L'emplacement exerce en effet une influence très-grande sur la quantité et la qualité des produits obtenus. On cherche autant que possible un endroit où le charroi du bois soit facile, où le chargement du charbon soit commode, où l'on ait l'eau à proximité pour les divers besoins de l'opération, où le sol soit sec sans être trop léger ni trop compact, et où on puisse être à l'abri des courants d'air.

L'emplacement choisi, on y empile le bois. Dans l'ancienne méthode, employée surtout pour les bois résineux et dans les pays de montagnes, où il est difficile de trouver des abris convenables, le bois empilé forme des tas rectangulaires sur un plan légèrement incliné. Leur largeur varie entre 2 et 3 mètres et leur longueur est au maximum de 12 à 13 mètres. Des pieux sont enfoncés verticalement autour de l'aire ; des planches sont adossées à ces pieux à 0^m,50 de distance des côtés des tas et servent à retenir la couche de fraissil qui enveloppe latéralement les faces verticales de ces tas. La hauteur de ceux-ci va en augmentant de la partie antérieure, où elle n'est que de 0^m,60, à la partie postérieure, où elle peut s'élever à 5 mètres pour les tas de plus grande longueur, de telle sorte que leur face supérieure forme un plan incliné à l'horizon d'un angle de 15 à 20°. Cette face est également recouverte de fraissil. Ce fraissil est appliqué humide et battu avec soin, de manière à former une couche le moins perméable à l'air qu'il soit possible. Les planches qui la retiennent sont arrosées de temps en temps, de peur qu'elles ne s'enflamment.

Chaque tas s'allume en plaçant des charbons enflammés avec un peu de petit bois à la partie antérieure entre les bûches de la rangée inférieure. A cet effet, on a pratiqué avec un pieu une ouverture au bas du tas pour l'entrée de l'air et une seconde au-dessus pour la sortie de la fumée. Dès que le feu est bien pris, on ferme l'ouverture qui a servi à l'allumer et on en perce dans la couverture, toujours vers le commencement du tas, trois ou quatre de 0^m,02 à 0^m,03 de diamètre ; on les laisse ouverts jusqu'à ce que la fumée noire et épaisse qui s'en dégage d'abord soit remplacée par une fumée légère et bleuâtre ; on bouche tous ces trous pour en ouvrir d'autres plus avant, tant sur les côtés que sur le dessus, et on continue ainsi jusqu'à ce que l'on ait atteint l'extrémité postérieure. On commence à retirer les charbons de la partie antérieure lorsque la carbonisation s'est étendue à 2 ou 3 mètres de distance, en ayant soin de les refroidir à mesure avec de l'eau. Par ce procédé, un stère de bois de sapin donne en moyenne 0^m,718 de gros charbon et 0^m,027 de menu charbon, pesant ensemble 84 kil.

Ce procédé a été remplacé par un autre exigeant plus de soins dans la conduite du feu, mais donnant plus de charbon et que l'on appelle *carbonisation en meules*. Sur une aire bien battue, on construit, avec trois ou quatre grosses bûches, une espèce de cheminée de 0^m,25 à 0^m,30 de largeur ; autour de cette cheminée on range le bois debout et sur trois ou quatre étages superposés allant en se rétrécissant de la base au sommet (*fig. 415*), et on recouvre le tout, à l'exception du sommet, d'une couche de fraissil humide bien battu ; on peut aussi recouvrir de bûches successives, de feuilles sèches, de gazon retourné et de terre battue. Sur le pourtour et à la base de la meule, on pratique des *évents d'admission* régulièrement espacés de 0^m,60 à 0^m,80 et destinés à l'introduction de l'air. On jette alors du charbon embrasé et de petit bois dans la cheminée par l'ouverture qu'on a laissée à la partie supérieure de la meule ; puis, quand le feu est bien pris, on ferme cette ouverture avec quelques mottes de gazon et du fraissil et, au bout de quelque temps, on commence à percer dans la couverture, à partir du sommet, des *évents de dégagement* pour la sortie de la fumée. Il en sort d'abord une fumée blanche et épaisse ; lorsque cette fumée devient peu abondante, d'un bleu clair et presque transparente, c'est un signe que la carbonisation est terminée dans cette zone. On bouche les événements de dégagement et on en perce d'autres plus bas que l'on fermera à leur tour quand on verra apparaître la fumée bleue, et l'on continuera ainsi jusqu'à ce que les événements de dégagement soient arrivés près des événements d'admission. On bouche alors tous les



Fig. 415. — Meule pour le charbon de bois.

évents et on recouvre la meule d'une couche de terre humide que l'on arrose au besoin et qu'on laisse refroidir pendant vingt-quatre heures. Souvent, surtout quand

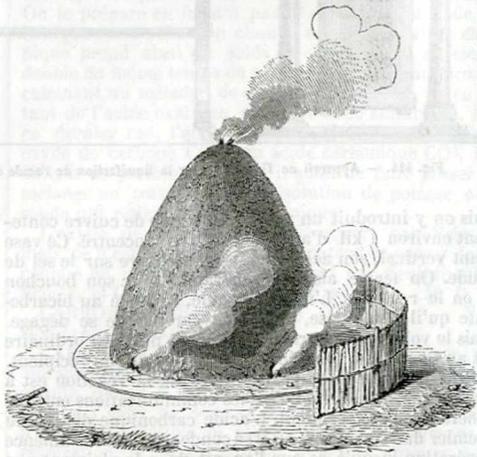


Fig. 416. — Meule recouverte et événements.

il fait du vent et que la meule est mal abritée, l'opération est loin de marcher avec la régularité que nous avons supposée dans ce qui précède. On s'en aperçoit à ce que l'affaissement de la meule, à mesure que la carbonisation marche, ne se fait pas d'une manière égale sur tout son pourtour. Le charbonnier bouche alors les événements d'admission et de dégagement du côté où le feu va trop vite pour les multiplier dans les autres points ;

mais, malgré tous ses soins, dans les grands vents, il ne parvient qu'à grande peine à maîtriser le feu, et, dans ces cas, il se forme de la braise; le rendement en charbon peut se trouver réduit à moitié.

Le diamètre ordinaire des meules de carbonisation est de 4 à 6 mètres, et ces meules contiennent de 4 à 5 décastères de bois; dans certaines forêts, on les porte à 10 ou 15 décastères. Théoriquement, le rendement en charbon des grosses meules est plus considérable que celui des petites, mais aussi le fourneau est plus difficile à conduire, et si le charbonnier n'apporte pas à son travail la plus active surveillance ou si le vent s'élève, le charbon est de qualité inférieure et les pertes considérables. La carbonisation d'une meule de 15 décastères et son étouffage durent une douzaine de jours pour les bois verts et tendres et seize ou dix-huit jours pour les bois verts et durs. Le dressage des meules se paye à raison de 1^r,50 à 1^r,75 le décastère. La carbonisation se paye à prix fait à tant par mètre cube de charbon obtenu.

Le charbon bien cuit se reconnaît à ce qu'il est dur, compact, sonore et à cassure brillante. Le charbon trop cuit ou *braise* est tendre, friable, nullement sonore; sa surface est couverte d'une couche blanche de cendre. Enfin le charbon qui n'est pas assez cuit est terne, un peu roux, se casse difficilement; il donne, en brûlant, une flamme blanche ou de la fumée, d'où lui vient le nom de *fumeron*. A l'exception des usages domestiques, le charbon roux convient mieux que le charbon trop cuit; il donne plus de chaleur.

C'est à Ebellen que l'on doit la théorie de la carbonisation en meules. L'oxygène de l'air qui pénètre dans la meule par les événements d'admission se change complètement en acide carbonique sans mélange d'oxyde de carbone. Cet oxygène porte en entier son action sur le charbon déjà formé et nullement sur les produits de la distillation du bois qui s'opère de la même manière qu'en vase clos. La carbonisation s'effectue de bas en haut et du centre à la circonférence. L'expérience faite en démolissant une meule en partie carbonisée a montré que la surface qui sépare le charbon tout formé et le bois non encore carbonisé est celle d'une espèce de tronc de cône renversé ayant le même axe et la même hauteur que la meule et dont la base tournée vers le haut s'élargit de plus en plus à mesure que la carbonisation fait des progrès. C'est à cette surface de séparation même que la combustion s'effectue, et l'absorption de chaleur latente produite par la formation des produits gazeux de la distillation du bois, jointe à la lenteur de la combustion, ne permet ni à ces produits de se brûler, ni à l'acide carbonique formé de se transformer en oxyde de carbone par son contact avec le charbon. C'est d'ailleurs à cette surface que la circulation des gaz doit être la plus active, parce que le charbon y a déjà pris tout son retrait et que n'étant pas encore séparé du bois, il ne s'est pas encore tassé; c'est donc là que les vides sont le plus grands; c'est là aussi que la température est le plus élevée; c'est enfin à cette région que correspondent les événements de dégagement.

M. Marcus Bull, afin de donner à la combustion un aliment peu dispendieux et d'économiser d'autant le charbon produit, a imaginé de remplir les interstices laissés dans le dressage des meules par du fraisil ou menu charbon. Ce procédé est employé avec succès depuis 1827 à l'usine d'Elende dans la fabrication courante du charbon de bois et donne un rendement notablement plus considérable. A Audincourt, la cheminée centrale est supprimée; mais au milieu de la place à charbon est creusée une chaudière en briques que l'on remplit de menu bois et de fumerons et que l'on recouvre d'une plaque de tôle qui elle-même est couverte d'une couche épaisse de fraisil. On dispose ensuite la meule à l'ordinaire, sans cheminée centrale et en ayant soin que les vides laissés entre les bûches soient aussi petits que possible. On met le feu à la chaudière par des conduits en briques destinés à fournir l'air nécessaire et à laisser dégager les produits de la combustion. La plaque de tôle rougit et met en feu le fraisil et par lui la meule.

Voici le tableau des résultats comparatifs obtenus à Audincourt : 1^o par la carbonisation en meules de 15 à 18 décastères de bois, procédé ordinaire; 2^o par la carbonisation de meules de 2,8 à 3,5 décastères, méthode ordinaire également; et enfin 3^o par la carbonisation de meules de 2,8 à 3,5 décastères sur une aire munie d'une chaudière en briques.

	Volume des meules en décastères.	Produit en charbon p. 100 de bois.
Places simples.....	15,0 à 18,0	36,52
Places simples.....	2,8 à 3,5	33,77
Places à chaudières.....	2,8 à 3,5	33,77

Malgré ses avantages, l'emploi des places à chaudière est peu praticable en forêts.

Le procédé de carbonisation dit des forêts ne donne que du charbon; il laisse perdre d'autres produits, tels que *goudron*, *acide pyroligneux*, dont l'industrie tire aujourd'hui un bon parti. On a donc cherché à recueillir ces produits et à modifier dans ce sens le procédé primitif (voyez ACIDE PYROLIGNEUX).

CARBONISATION DU BOIS EN VASE CLOS. — M. Mollerat imagina le premier de carboniser le bois en vase clos au moyen d'une chaleur appliquée extérieurement au vase. Ce procédé fut appliqué par M. Kestner à Thann et des usines semblables s'élevèrent successivement dans d'autres localités.

Toutefois, dans cette industrie intéressante, et dont la première idée est due à Lebon, le charbon de bois ne forme qu'un produit accessoire, le produit principal étant l'acide pyroligneux (voy. VINAIGRE, ACIDE PYROLIGNEUX).

CHARBON ROUX OU BOIS TORRÉFIÉ. — Dans plusieurs usines, on préfère au charbon de bois le bois simplement torréfié, à l'emploi duquel on trouve une économie notable. La torréfaction se fait ordinairement en vases clos chauffés au moyen des flammes perdues des fourneaux, ce qui donne lieu à une économie de combustible en dehors de la plus-value calorifique du bois torréfié sur le charbon.

CARBONISATION DE LA TOURBE. — Elle a lieu tantôt en meules, à la manière du bois, et donne alors un charbon dur, compact, pouvant à poids égal remplacer le charbon de bois dans les hauts fourneaux du pays. On l'opère aussi en vase clos, et nous donnons la description d'un appareil employé à cet effet à Crouy-sur-l'Ouercq, près de Meaux. Un cylindre ouvert supérieurement pour le chargement et inférieurement pour le déchargement est chauffé au moyen de la flamme des foyers, qui circule autour de lui dans un carneau en spirale. Le tout est entouré d'une enceinte destinée à prévenir la déperdition de la chaleur. Les produits de la distillation s'échappent par un tuyau, qui les conduit dans le réfrigérant. Lorsque la carbonisation est complète, on ouvre un registre; le charbon tombe dans un réservoir fermé, où il se refroidit; on ferme ce registre, on introduit une nouvelle charge et on recommence. On carbonise à la fois 2^{me},500 de tourbe et chaque opération dure vingt-quatre heures; on brûle environ 35 p. 100 de tourbe de qualité inférieure dans les foyers et on obtient 25 à 30 p. 100 du poids total de la tourbe en charbon de tourbe. C'est dans un appareil de ce genre qu'a lieu la production du charbon roux employé dans la fabrication de la poudre.

CARBONISATION DE LA HUILLE. — Elle se fait beaucoup plus facilement et exige moins de soins que la carbonisation du bois, parce que le coke oppose à la combustion une résistance beaucoup plus grande que le charbon de bois.

Le procédé suivi dans le Staffordshire consiste à construire sur une aire plane (fig. 417) une cheminée conique en briques sur champ, laissant entre elles un grand nombre d'intervalles et terminée par un tuyau de fonte que



Fig. 417. — Carbonisation de la houille.

l'on peut fermer à volonté. Autour de la cheminée, on range la houille en une meule circulaire que l'on couvre de menu charbon ou de menu coke. On met le feu par la cheminée que l'on ferme quand il est pris, en ménageant sur le pourtour du tas des ouvertures pour l'admission de l'air



et la sortie des gaz. Quand la carbonisation est terminée, on éteint le coke en versant de l'eau par les ouvertures supérieures dans le but de le désulfurer. Le soufre y semble être, en effet, à l'état de sulfure de calcium que l'eau décompose en chaux et acide sulfhydrique qui se dégage. L'opération s'effectue sur 120 mètres cubes de houille environ; elle dure trois jours et le refroidissement quatre jours. On obtient 50 à 60 p. 100 de coke.

Dans le pays de Galles, la carbonisation a lieu en tas rectangulaires très-allongés, atteignant souvent 40 à 50 mètres; tantôt le feu y est mis en divers points à la fois, tantôt seulement par une extrémité.

Dans le bassin de la Loire, la méthode employée par les ouvriers marchands de coke établis près des puits d'extraction diffère un peu des précédentes. La menue houille sur laquelle on opère est entassée en longs prismes rectangulaires, très-allongés et tronqués à leur sommet, ayant $0^m,75$ à la base inférieure, $1^m,75$ à la base supérieure, et de 15 à 20 mètres de long. Dans sa masse, on a pratiqué des ouvertures coniques dirigées horizontalement vers l'axe et appelées *ouvroaux* et quelques *cheminées maîtresses* verticales pour la mise en feu. L'opération dure de sept à quinze jours, suivant qu'elle est plus ou moins pressée. La houille grasse ainsi traitée rend 45 à 50 p. 100 de coke en gros morceaux, en forme de choux-fleurs d'un gris d'acier métallique et de très-bonne qualité. Le seul arrondissement de Saint-Étienne en fournit annuellement 170 000 quintaux métriques environ.

La carbonisation de la houille peut s'effectuer également dans des fours; c'est même le procédé le plus généralement employé pour les houilles menues qui forment une proportion considérable du produit des houillères et qui ne peut, la plupart du temps, trouver de débouché que quand elle a été convertie en coke. Les fours usités en France sont à sole circulaire ou légèrement elliptique, d'un diamètre égal à $2^m,50$; leur voûte est surbaissée et a à la clef 1 mètre. Cette voûte est percée d'une cheminée de $0^m,30$ de largeur, par laquelle on enfourne la houille et qui sert à l'écoulement des produits gazeux. L'air nécessaire à la combustion y pénètre par trois ouvertures latérales, et le défournement s'opère par une porte située à la partie antérieure du fourneau et fermée avec des briques réfractaires. Un certain nombre de fours semblables sont disposés en avant d'une plate-forme s'élevant à la hauteur des cheminées et sur laquelle on apporte la houille en tombereaux.

Au commencement d'une campagne, on commence par allumer dans le four un feu de grosse houille en comptant à peu près pour rien le coke fourni. Cette première opération a pour but d'échauffer le four; il faut même ordinairement la répéter pour que l'opération marche d'une manière ordinaire. A mesure qu'une opération régulière avance, on rétrécit peu à peu les ouvroaux et on juge que l'opération est terminée lorsque, la fumée ayant disparu, la flamme se raccourcit et devient claire. On défourne immédiatement quand on est pressé et on éteint le coke avec de l'eau. Dans le cas contraire, on étouffe pendant quelques jours avant de défourner. Les houilles grasses menues du bassin de la Loire carbonisées en four donnent 60 à 62 p. 100 de coke.

Les gaz qui s'échappent de ces fours peuvent être allumés et servir soit à la cuisson de la chaux, soit à tout autre usage.

Enfin la carbonisation de la houille a lieu en vase clos dans les villes dans le but de recueillir les produits de la distillation que l'on emploie à l'éclairage (voyez ÉCLAIRAGE AU GAZ). Le coke obtenu dans ce cas est de qualité très-inférieure et n'est employé qu'aux usages domestiques.