

CHAPITRE PREMIER

PRODUCTION DE LA CHALEUR

1^o Combustion

La combustion est une combinaison chimique rapide de l'oxygène et d'un corps capable de se combiner avec lui; cette réaction s'accompagne d'un dégagement de chaleur.

L'oxygène qui porte le nom de comburant est fourni par l'air atmosphérique. Le carburant ou combustible utilisé généralement dans les locomotives est la houille; on emploie toutefois de plus en plus le mazout (provenant de la distillation des pétroles bruts).

Pour que la réaction s'opère complètement, il faut deux conditions principales :

a) Que la température du foyer soit suffisante pour que l'allumage du combustible puisse se faire spontanément (un abaissement important de la température du foyer nuit à la combustion).

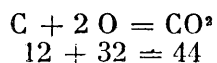
b) Qu'il y ait un contact intime entre le combustible et le comburant; le combustible doit être suffisamment divisé et les particules combustibles doivent être entourées d'air.

Si la couche de charbon est trop épaisse et si la grille est obstruée par des escarbilles ou du mâchefer, l'air arrive en quantité insuffisante et la combustion du carbone est incomplète. En effet, un kilo de charbon combiné avec 1 kg. 33 d'oxygène ne donne que de l'oxyde de carbone (Co) et dégage 2.450 calories, alors que la combustion complète qui donne de l'acide carbonique (CO²) se fait avec deux fois plus d'oxygène et dégage 8.080 calories, soit plus de trois fois plus.

2^o Poids et volume d'air nécessaire à la combustion

Le charbon contient d'autres corps que le charbon, en particulier des carbures d'hydrogène, du soufre, de l'oxygène. Il faut, au préalable, définir la composition du combustible, puis calculer le poids d'air nécessaire à la combustion du carbone et de l'hydrogène, seuls éléments utiles. On considère que l'oxygène du combustible est combiné avec une partie de l'hydrogène de ce même combustible.

a) Carbone : l'équation de la combustion du carbone :



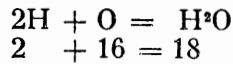
nous apprend que 12 kg. de carbone se combinent à 32 kg. d'oxygène pour fournir 44 kg. de CO².

Par suite, 1 kg. de carbone demande : $\frac{32}{12} = 2$ kg. 67 d'oxygène.

Or, dans 100 kg. d'air, il y a 23 kg. d'oxygène; le poids d'air nécessaire pour brûler 1 kg. de carbone est donc de :

$$\frac{2,67 \times 100}{23} = 11 \text{ kg. } 6$$

b) Hydrogène : la combustion de l'hydrogène donne de la vapeur d'eau et l'équation de la combustion :



nous indique qu'il faut 8 kg. d'oxygène pour brûler 1 kg. d'hydrogène et, par suite, il faut $\frac{8 \times 100}{23} = 34$ kg. 8 d'air pour brûler 1 kg. d'hydrogène.

c) Combustible quelconque : les locomotives françaises utilisent généralement :

- des houilles grasses contenant 20 à 35 % de matières volatiles,
 - des houilles $\frac{1}{2}$ grasses contenant 15 à 20 % de matières volatiles,
 - des houilles maigres contenant 10 à 15 % de matières volatiles,
- (utilisées seulement après mélange avec des houilles grasses). Leur composition chimique est approximativement la suivante :

C	H	O + Az	H ₂ O	Cendres
% 75 à 80	4 à 6	6 à 8	1 à 3	3 à 9

Prenons pour exemple une houille ayant la composition centésimale suivante :

Carbone	86,4		Azote	1,2
Hydrogène	4,2		Cendres	4,2
Oxygène	4			

la combustion du carbone nécessite : $0,864 \times 11 \text{ kg. } 6 = 10$ kg. d'air, celle de l'hydrogène $0,042 \times 8 = 0$ kg. 336 d'O, mais parmi ces 0 kg. 336 d'oxygène, il y a déjà 0 kg. 040 qui sont dans le combustible; il ne faut donc prendre à l'air que 0 kg. 296 d'oxygène et le poids

d'air nécessaire est donc $0,296 \times \frac{100}{23} = 1$ kg. 3.

Le poids total d'air à fournir est donc : $10 + 1,3 = 11$ kg. 3 et le volume, en prenant pour poids de l'unité 1 kg. 30 est de :

$$\frac{11,3}{1,3} = 8,70 \text{ m}^3$$

En pratique, il faut 50 % d'air en plus pour assurer la combustion complète, soit : 11 à 12 m³ parce que le mélange des gaz n'est pas assez intime.

3° Pouvoir calorifique d'un combustible :

C'est la quantité de chaleur exprimée en grandes calories que peut développer la combustion complète de 1 kg. de ce combustible. Elle se détermine expérimentalement au moyen de la bombe calorimétrique de Mahler qui consiste en un obus en acier plongé dans un calorimètre à eau et dans lequel on fait brûler instantanément 1 kg. de combustible à l'aide d'oxygène pur introduit sous 25 kg. de pression, l'inflammation étant produite par une étincelle.

Le tableau ci-dessous indique pour les principaux combustibles le pouvoir calorifique, le volume d'air théoriquement nécessaire à la combustion et le volume des fumées :

COMBUSTIBLES	POUVOIRS calorifiques	VOLUME D'AIR nécessaire	VOLUMES des fumées
	calories	m ³ /kg	m ³ /kg
Houilles grasses	7.700 à 8.400	6,7 à 8,9	7,1 à 9,7
Houilles 1/2 grasses	7.600 à 8.600	6,7 à 8,9	—
Anthracites	7.400 à 8.400	6,7 à 8,9	—
Coke sec lavé	7.500	6,7 à 8,9	—
Coke sec à 15 % cendres.	6.800	6,7 à 8,9	—
Schiste	4.500	4 à 5	6 à 6,5
Lignite	4.800 à 6.300	5 à 5,5	5,6 à 6,1
Tourbe	5.000 à 5.500	5 à 5,5	5,5 à 6
Chêne sec (7 % eau)	4.500	4 à 5	4,5 à 5,5
Sapin sec (7 % eau)	4.300	4 à 5	4,5 à 5,5
Bois frais (30 % eau).....	2.500	3 à 4	4 à 4,5
Mazout ou fuel oil	10.500	11,3 à 11,6	12,1 à 12,4

Il est à remarquer que le poids d'air théoriquement nécessaire par kg. de combustible utilisé varie proportionnellement au pc du combustible (quelles que soient les proportions de C et H). Cette loi est vérifiée expérimentalement.

4° Température des gaz de la combustion

Soient :

pc, pouvoir calorifique d'un combustible donné,

P, le poids d'air nécessaire à la combustion de 1 kg. de combustible,

C, la chaleur spécifique moyenne des gaz sous pression constante (C = 0,25),

(la chaleur spécifique d'un corps est la quantité de chaleur qu'il faut fournir à l'unité de poids de ce corps pour élever d'un degré centigrade sa température),

t, l'élévation de température cherchée à partir de la température atmosphérique.

Si toute la chaleur produite par la combustion était absorbée par les gaz sans aucune perte, on pourrait écrire l'égalité suivante qui exprime que la chaleur produite par la combustion d'un kg. de combustible se retrouve dans les gaz produits par cette combustion :

$$(P + 1) Ct = pc$$

d'où
$$t = \frac{pc}{(P + 1) C} = \frac{8.080}{12,3 \times 0,25} = 2.600^{\circ}$$

Ce résultat est beaucoup plus élevé que celui que donne la réalité, parce qu'on ne tient pas compte de la perte de chaleur par rayonnement et de l'excès d'air. La température du foyer est d'environ 1.500° tandis que celle des parois ne dépasse pas 250°. Les relevés sont d'ailleurs très difficiles à faire.

5° Pouvoir vaporisateur d'un combustible

C'est le poids d'eau que peut vaporiser 1 kg. de ce combustible.

Si le pouvoir calorifique est une valeur propre du combustible le pouvoir vaporisateur dépend non seulement du combustible, mais aussi du rendement thermique de la chaudière :

Soient :

pc pouvoir calorifique du combustible,

rt rendement thermique de la chaudière.

λ la chaleur totale de vaporisation de l'eau, c'est-à-dire la quantité de chaleur qu'il faut fournir à 1 kg. d'eau pour l'amener de l'état liquide à la température de 0° à l'état de vapeur saturée à une certaine température T,
 T la température de la vaporisation,
 t la température de l'eau d'alimentation,
 x le pouvoir vaporisateur.

Ecrivons que la chaleur utilisée du combustible est égale à celle prise par l'eau vaporisée.

Il vient :

$$pc \times rt = x (\lambda - t) \text{ avec } \lambda = 606,5 + 0,305 T$$

A remarquer qu'aux pressions usuelles (14 à 20 hpz) la valeur de λ est sensiblement constante et égale en moyenne à 668 calories :

$$x = rt \frac{pc}{\lambda - t}$$

Pour $pc = 8400$, une température de l'eau d'alimentation $t = 15^\circ$ et un rendement thermique rt de la chaudière variant entre 0,5 et 0,75 on trouve que le pouvoir vaporisateur varie entre 6,3 kg. et 9,5 kg. Il est de 7 kg. environ pour une locomotive moderne, de 7 à 9 kg. dans la zone d'utilisation courante et de 5 à 7 kg. pour des allures de combustion exceptionnellement poussées (1).

6° Rendement thermique de la chaudière

Le rendement thermique de la chaudière rt est le rapport de la quantité de chaleur absorbée (Q_a) par la vapeur à la quantité de chaleur (Q_c) contenue dans le combustible :

$$rt = \frac{Q_a}{Q_c}$$

Exemple : quelle est la valeur de rt pour une chaudière timbrée à 16 hpz, qui produit 16.000 kg. par heure de vapeur en brûlant 2.000 kg. par heure de charbon dont le pc est de 8.160 cal. eau du tender à 15°.

Poids de vapeur produit par kg. de combustible utilisé :

$$\frac{16.000}{2.000} = 8 \text{ kg.}$$

Quantité de chaleur absorbée par 8 kg. de vapeur :

$$(668 - 15) 8 = 5224 \text{ calories (voir formule § suivant).}$$

Rendement thermique global :

$$rt = \frac{5224}{8160} = 0,64 = 64 \%$$

Le rendement thermique de la chaudière dépend :

A) Du rendement de la combustion rc . Ce dernier est lié à de nombreux facteurs : disposition du foyer, intensité et répartition du tirage, nature du combustible, habileté du chauffeur, etc.

L'expérience montre qu'il décroît proportionnellement à l'accroissement du taux de combustion (*fig. 1 bis*). Cette baisse est provoquée par l'accroissement :

a) Des pertes par imbrûlés contenus dans les escarbilles entraînées à la boîte à fumée (le poids de ces escarbilles augmente en effet avec la puissance du tirage).

b) Des pertes par chaleur latente contenue dans les fumées. Ces pertes sont dues à la combustion incomplète du carbone et des hydrocarbures provenant de la distillation du charbon.

(1) Voir note de M. Dugas (numéro janvier 1934 de la Revue Générale des Chemins de fer) sur les méthodes d'analyse et d'essais permettant de déterminer la valeur d'usage d'un combustible. Voir aussi note (numéro avril 1934) sur une nouvelle méthode permettant d'étudier les mélanges les plus convenables et les plus économiques.

Puissance de vaporisation d'une chaudière moyenne avec grille de 4 m²

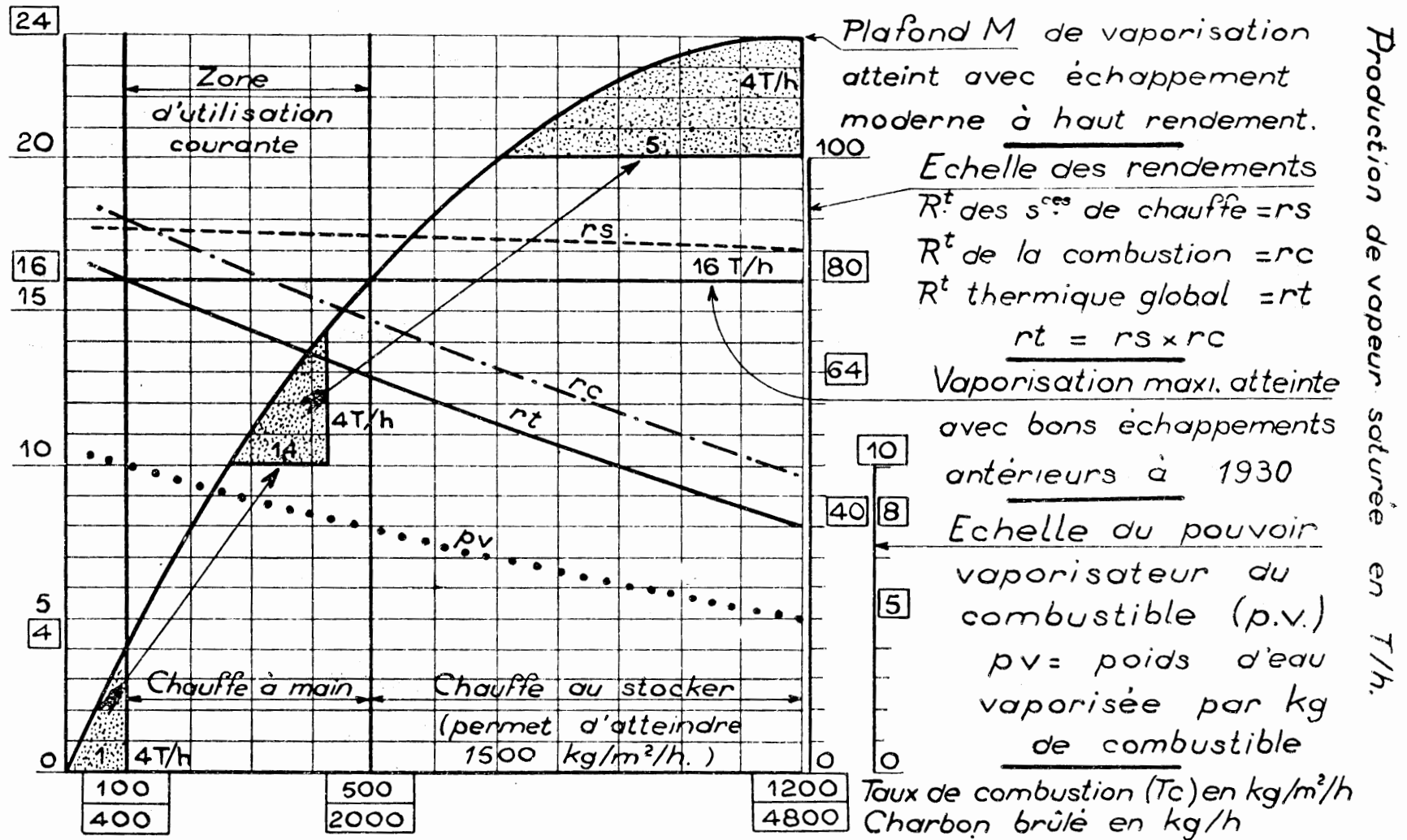


FIG. 1 bis

B) Du rendement des surfaces de chauffe (rs). Ce rendement est d'autant plus élevé que les pertes par chaleur sensible des fumées sont plus réduites. Il est à peu près indépendant de l'allure de combustion et dépend peu des dimensions de la chaudière si celle-ci ne s'écarte pas trop des dispositions classiques (il dépend aussi de la chaleur transmise à l'air par les parois) (*fig. 1 bis*).

En définitive le rendement thermique rt qui est égal au produit de rc par rs décroît linéairement en fonction du taux de combustion puisque sa décroissance est à peu près due uniquement à celle de rc (*fig. 1 bis*).

Pour les chaudières modernes de locomotives, on a :

$$\begin{aligned} rt &= 65 \text{ à } 80 \% \text{ dans la zone d'utilisation courante} \\ &= 40 \text{ à } 50 \% \text{ vers le plafond de vaporisation.} \end{aligned}$$

7° Poids de combustible brûlé par m^2 de surface de grille et par heure

Dans les locomotives, la combustion est très active; alors que dans les chaudières industrielles la consommation de houille varie de 50 à 100 kg. par mètre carré et par heure, on se tient couramment pour les locomotives à un taux de 300 kg. par heure et par mètre carré; le taux de 1.000 kg. correspond à une allure très poussée et celui de 200 kg. à une allure faible. Avec un stocker, on peut atteindre 1.500 kg. avec un rendement thermique chaudière de 45 %.

Il faut observer que dans les locomotives, la chambre de combustion (1) a un faible volume en égard à la puissance demandée.

8° Calcul de la surface de la grille

Soient : V : le poids d'eau à vaporiser par heure,
 rt : le rendement thermique chaudière,
 pc : le pouvoir calorifique du combustible,
 p : le poids de charbon brûlé par m^2 et par heure,
 s : la surface de la grille,
 x : le pouvoir vaporisateur du combustible.

$$\text{On a : } V = x p s \text{ d'où } s = \frac{V}{xp}$$

Dans cette expression, on peut remplacer x par sa valeur :

$$x = rt \frac{pc}{\lambda - t}$$

La surface de grille est le facteur dominant, comme on le voit dans la formule ci-dessus, qui conditionne la puissance de la chaudière.

9° Puissance de vaporisation d'une chaudière (Wkg/heure)

Plusieurs formules empiriques ont été proposées pour calculer directement la puissance d'une chaudière en fonction de la surface de grille et des surfaces de chauffe directe et indirecte.

La plus simple est celle de M. Nadal : $W = 4000 G$ où W est le nombre de kg. d'eau vaporisés en une heure et G la surface de la grille (facteur dominant) en m^2 .

(1) Ici, la chambre de combustion désigne le foyer proprement dit, c'est-à-dire le volume où s'opère la combustion. Nous verrons plus loin que l'expression « chambre de combustion » s'applique plus spécialement au prolongement du foyer à l'intérieur du corps cylindrique, dispositif réalisé sur certaines machines, pour parfaire la combustion des gaz.

En fait, le coefficient d'environ 4000 est trop faible pour les machines à chargements et échappements perfectionnés. Il faut alors prendre :

$$W = 5000 \text{ à } 6000 \text{ G.}$$

Pour construire une chaudière de puissance donnée, il faut donc la munir d'une grille dont la surface peut être évaluée approximativement par cette formule. La production des chaudières de machines modernes en France est de l'ordre de 20.000 à 25.000 kg.-heure.

Le tableau ci-dessous donne les surfaces de grilles des chaudières de quelques machines de la Région.

SÉRIES de locomotives	SURFACE de grille	SÉRIES de locomotives	SURFACE de grille
030 - C	1,41	231 - C-D-E-F-G-H-J	4,27
131 - TA	2,52	241 - A	4,43
141 - TD	2,80	140 - B	3,03
220 - B	2,40	141 - B et G	3,80
221 - A	3,10	150 - A	3,25
230 - F	2,80	141 - P	4,28
230 - G	3,10	141 - R	5,16

La figure 1 bis montre comment varient en fonction du taux de combustion en kg. par m² et par heure les rendements de la chaudière et la puissance de vaporisation de la chaudière. On remarquera que le plafond de vaporisation est atteint (point M) lorsque rt est tombé à la moitié de sa valeur maximum, au delà toute quantité de charbon introduite dans le foyer est consommée en pure perte (1).

1° Provenance des charbons utilisés à la S.N.C.F.

Le charbon est une roche sédimentaire d'origine organique résultant de la décomposition des végétaux enfouis dans le sous-sol depuis des millions d'années.

La S.N.C.F. en consomme environ 9 millions de tonnes par an dont la plus grande partie, environ les 2/3, provient des gisements houillers français; ces gisements sont les suivants :

- Bassin du Nord et du Pas-de-Calais (le plus important).
- Bassin de la Moselle.
- Bassin de la Loire.
- Bassin de Bourgogne et du Nivernais.
- Bassin du Gard et de l'Hérault.
- Bassin du Tarn et de l'Aveyron.
- Bassin du Bourbonnais.
- Bassin de l'Auvergne.
- Bassin des Vosges, des Alpes, de la Creuse et de l'Ouest de faible importance.

Pour assurer la totalité de ses besoins, la S.N.C.F. doit recevoir des charbons de l'étranger; avant guerre l'Angleterre, l'Allemagne et la Belgique fournissaient l'appoint nécessaire. Actuellement, la S.N.C.F. ne reçoit pratiquement de l'étranger, que des charbons américains.

La S.N.C.F. reçoit des charbons de différentes natures et de différentes sortes; les natures de charbons diffèrent entre elles par leurs caractéristiques chimiques et les sortes par leur calibrage ou dimensions.

(1) Voir note de M. Conte (numéro janvier et février 1923 de la Revue Générale des Chemins de fer) condensant des informations sur l'étude expérimentale de la chaudière locomotive.

11° Caractéristiques chimiques

A l'analyse au laboratoire les charbons révèlent les composants suivants :

a) Humidité.

La teneur en eau constitutionnelle du charbon est généralement faible; elle est de l'ordre de 2 % dans le Bassin du Nord et du Pas-de-Calais; cependant le charbon peut comporter une bien plus forte teneur en eau du fait du traitement qu'il a subi pour en améliorer la qualité (lavage); dans ce cas, la S.N.C.F. a fixé une teneur maximum en eau, au-dessus de laquelle il y a compensation, généralement sur factures.

La teneur en eau d'un charbon se détermine à l'étuve à la température de 100°.

b) Matières volatiles.

Lorsqu'on chauffe entre 900 et 1000° du charbon placé dans un creuset de porcelaine fermé par un couvercle, il se dégage, au cours de cette distillation en vase clos, des gaz qu'on appelle matières volatiles.

Une partie de ces matières volatiles est condensable et forme les goudrons, les parties demeurant à l'état de gaz correspondent au gaz d'éclairage.

La teneur en matières volatiles d'un charbon se détermine en évaluant la perte de poids en % par rapport au poids initial du charbon sec placé dans le creuset.

Il est à noter que sur une locomotive les fumées qui se dégagent par la cheminée (mauvaise fumivorté) représentent une perte importante de calories par défaut de combustion.

Remarque.

Les matières volatiles s'étant entièrement dégagées, il reste au fond du creuset un résidu qui est un coke; ce résidu composé de carbone fixe et de matières minérales (cendres du charbon) présente un aspect pulvérulent ou plus ou moins aggloméré suivant la nature du charbon.

c) Cendres.

Les cendres sont les matières minérales qui subsistent après la combustion complète du charbon. La teneur en cendres d'un charbon s'évalue en rapportant en % le poids de cendres trouvé au poids de charbon sec essayé.

Les cendres sont composées en majeure partie de silice, d'alumine, de chaux et d'oxyde de fer.

C'est la combinaison chimique de ces éléments qui provoque la formation des mâchefers.

Au point de vue des cendres la S.N.C.F. recherche les charbons les moins cendreux (pour diminuer les pertes par imbrûlés et les transports de matières inertes) et dont les cendres ne soient pas fusibles à basse température (pour éviter les incidents de conduite de feu).

En ce qui concerne les teneurs en cendres fixées par la S.N.C.F. nous indiquerons les teneurs fixées par ses accords avec les Mines du Nord et du Pas-de-Calais pour certaines sortes :

Criblés	6 %
Tout-venant	13 à 14 %
Briquettes	9 %

Les teneurs en cendres sont différentes dans les autres bassins français étant donné que les gisements et leur exploitation ne sont pas les mêmes que dans le Nord et le Pas-de-Calais.

Cependant les mines disposant d'un outillage qui leur permet d'améliorer les teneurs en cendres des charbons qu'elles produisent soit en les épierrant à la main, soit en les lavant, la S.N.C.F. a instauré dans tous les bassins un régime de primes et de pénalités qui permet d'encourager les mines à lui livrer des charbons propres et de pénaliser les mines travaillant mal.

En ce qui concerne la fusibilité des cendres, il n'est pas possible pour la S.N.C.F. d'éliminer tous les charbons dont les cendres s'agglomèrent à basse température c'est-à-dire vers 1100/1200°. Il est remédié à cette situation en faisant des mélanges de charbons de différentes provenances.

En général, on considère qu'un charbon a des cendres de bonne qualité lorsqu'elles ne fondent pas à 1300°.

Le degré de fusibilité des cendres est mesuré en confectionnant avec les cendres à essayer des petits cylindres ayant 10 mm. de hauteur et 5 mm. de diamètre; pour confectionner ces cylindres, qu'on appelle montres, on humidifie les cendres et on les comprime dans une forme.

Ces montres sont ensuite placées dans un four dont la température monte progressivement; lorsque la montre a subi une certaine déformation, on note la température qui est considérée comme la température de fusion des cendres du charbon examiné.

d) **Pouvoir agglutinant.**

La S.N.C.F. recherche spécialement les charbons qui, en s'échauffant sur les grilles des foyers, s'agglutinent convenablement pour éviter leur entraînement par l'échappement, ou leur passage à travers les barreaux des grilles dans les cendriers sans être consumés; cette considération conduit à éliminer l'utilisation à l'état pur des charbons donnant à l'essai, pour matières volatiles, un résidu pulvérulent.

Le pouvoir agglutinant se mesure au laboratoire. La méthode consiste essentiellement à déterminer le poids minimum de matière infusible (sable ou anthracite) qu'il est nécessaire d'incorporer à un poids 100 de charbon à essayer pour que le mélange placé dans un dilatomètre, donne un gonflement nul lorsqu'il est porté brusquement à une température de 550° (chauffe brusquée correspondant à ce qui se passe dans un foyer de locomotive lorsque le chauffeur y lance sa pelletée de charbon). Le poids minimum de matières inertes représente l'indice d'agglutination.

On considère que les charbons de bonne qualité doivent donner un indice d'agglutination au moins égal à 90.

e) **Le pouvoir calorifique** ou nombre de calories dégagées par la combustion d'un kilo de charbon varie avec la teneur en cendres.

Un bon charbon pour locomotive doit avoir un pouvoir calorifique de 8.000 calories environ.

12° **Classification par nature**

Les caractéristiques chimiques exposées ci-dessus permettent diverses classifications basées soit sur les teneurs en matières volatiles, soit sur l'aspect du coke laissé par l'essai pour matières volatiles, soit sur le pouvoir agglutinant.

La classification adoptée par la S.N.C.F. est celle qui a été admise par l'Association Française de Normalisation et qui tient compte à la fois des teneurs en matières volatiles et des aspects des cokes.

a) **Les houilles flambantes** ou à longues flammes, contenant plus de 32 % de matières volatiles. Elles s'allument facilement et brûlent très rapidement en donnant une longue flamme brillante et fumeuse. Elles s'agglomèrent peu à la combustion et donnent un coke pulvérulent ou très légèrement agglutiné, poreux, léger et s'écrasant sous la pression du doigt.

L'utilisation de ces charbons dans les foyers des locomotives entraîne une forte consommation.

Ces charbons sont surtout employés dans les industries où l'on a besoin d'une forte température pendant un temps court (industries céramiques, verreries, restaurants) ou encore dans les usines à gaz.

b) **Les houilles grasses ou maréchaies à gaz** contiennent de 26 à 32 % de matières volatiles. Elles brûlent rapidement avec une longue flamme claire fuligineuse et donnent un coke plus ou moins boursoufflé mais bien aggloméré.

Les houilles grasses s'emploient dans les forges, les cokeries, les foyers industriels et ceux des locomotives. On les utilise souvent en mélange avec des houilles maigres pour améliorer celles-ci.

c) **Les houilles 3/4 grasses ou grasses à courte flamme** contiennent de 18 à 26 % de matières volatiles. Ce sont les houilles à coke par excellence. Elles brûlent en donnant une flamme claire, plus courte que celle des houilles grasses et laissent un coke dur, bien aggloméré et dense.

Les houilles 3/4 grasses sont utilisées dans les cokeries, les foyers industriels et ceux des locomotives pour lesquels elles constituent le meilleur combustible.

d) **Les houilles 1/2 grasses** contiennent de 13 à 18 % de matières volatiles. Elles brûlent en donnant une flamme courte et claire et laissent un coke sans grande cohésion.

Les houilles 1/2 grasses sont particulièrement appréciées pour les foyers domestiques; elles sont aussi utilisées par le chemin de fer qui les améliore par mélange avec des charbons gras.

e) **Les houilles 1/4 grasses, maigres et anthraciteuses** donnent de 13 à 18 % de matières volatiles, brûlent presque sans fumée en laissant un coke pulvérulent ou légèrement agglutiné.

Ces houilles sont utilisées dans les foyers continus, dans les chaudières de chauffage central à combustion lente, dans les gazogènes.

Le chemin de fer en consomme mais en mélange avec des charbons gras.

f) **Les anthracites** contiennent moins de 8 % de matières volatiles. Ils s'allument très lentement et brûlent en donnant une flamme courte bleuâtre, ne s'agglomèrent pas en brûlant et laissent un coke pulvérulent.

Les anthracites sont des charbons de choix pour les foyers à feu continu. Ils ne présentent pas d'intérêt pour le chemin de fer en dehors de certains usages spéciaux (gazogènes et chauffage des locaux).

13° Classification des charbons par calibrage

Le charbon tel qu'il est extrait s'appelle le *tout-venant*. Il comporte un mélange de morceaux de toutes les dimensions depuis les fines particules jusqu'aux grosses roches.

Le plus souvent le tout-venant est décomposé en ses divers éléments par passages sur des cribles généralement constitués par des tôles perforées de trous ronds de diamètres variables.

Les principales sortes utilisées par le chemin de fer dans les natures de charbons qui lui conviennent, sont les suivantes :

a) **Les criblés** sont les produits refusés par un crible à trous ronds de diamètres variables.

Les criblés sont généralement obtenus par des cribles à trous ronds de 50 mm. ou de 80 mm. de diamètre.

Certaines mines livrent des *petits criblés* qui sont obtenus par des cribles à trous ronds de 10 ou 20 mm. de diamètre.

Les criblés sont en principe réservés aux services difficiles (rapides et express).

b) **Les calibrés** sont obtenus par le refus du crible d'un calibre inférieur traversant un crible de calibre supérieur.

Exemple : Noix 30/50, ce qui reste sur le crible à trous ronds de 30 mm. et qui passe à travers le crible à trous ronds de 50 mm.

Par ce procédé on obtient un grand nombre de sortes dont les principales sont : 80/120, 50/80, 30/50, 20/30, 10/20.

Ces sortes en charbons flambants sont généralement utilisées pour les machines françaises à stoker.

c) **Les fines ou menus** sont tous les produits passant au travers du crible dont les trous ronds ont généralement 10 mm. de diamètre.

Elles sont utilisées pures ou en mélange avec d'autres fines et du tout-venant.

d) **Le tout-venant** représente, comme il a été dit, le charbon tel qu'il est extrait de la mine. Cependant, à l'état naturel il comporte trop d'impuretés (pierres et schistes) pour être livré tel quel. Il subit donc à la mine une certaine préparation qui consiste à éliminer à la main les grosses pierres et schistes et à améliorer, par lavage, la propreté des petits éléments 0/50.

Le tout-venant est utilisé pur par le chemin de fer ou pour faire des mélanges avec des fines.

e) **Briquettes.** Les briquettes sont obtenues par l'agglomération sous pression et à chaud, d'une pâte constituée par des poussières et fines de charbon mélangés à une matière agglomérante (brai, goudron) dans une proportion de 6 à 8 %.

La fabrication des briquettes permet d'utiliser dans la confection de la pâte des fines de charbons maigres qui ne pourraient être brûlées seules dans les foyers. Mélangées à des charbons 1/2 gras et gras et au brai, on obtient un combustible d'une teneur en matières volatiles plus élevée, et qui peut très facilement brûler sur les grilles.

La teneur en matières volatiles des briquettes pour chemin de fer est recherchée dans les environs de 18 à 20 %.

La manipulation des briquettes ne donne que peu de déchets et il est facile de les stocker en tas ou en murettes et de les conserver très longtemps sans altération sensible.

La briquette, qui brûle plus lentement que le charbon permet notamment de mettre les feux en réserve, de préparer ou de remonter ceux-ci en formant un fond solide de bon charbon.

14^o Organisation du Service des combustibles

Elle est basée sur deux idées fondamentales :

— Création de grands parcs de stockage aux frontières de la Région et dans sa partie centrale, desservis par des moyens de manutention puissants.

— Réalisation d'un charbon « standard » par le mélange rationnel (à proximité du parc de stockage autant que possible) de charbons de consistance et de qualités différentes plus économiques, dans des proportions telles que la teneur moyenne, en matières volatiles du mélange reste comprise entre 16 et 22 %. Ce charbon « standard » peut par exemple comprendre :

- 40 % de tout-venant à 28 % de matières volatiles.
- 10 % de fines grasses à 30 % de matières volatiles.
- 25 % de fines 1/2 grasses à 15 % de matières volatiles.
- 25 % de fines maigres à 10 % de matières volatiles.

ou :

- 40 % de tout-venant à 28 % de matières volatiles.
- 40 % de fines 1/2 grasses lavées à 15 % de matières volatiles.
- 20 % de fines maigres à 10 % de matières volatiles.

Les avantages de l'utilisation d'un charbon moyen, toujours le même sont multiples :

- économie dans l'achat des charbons,
- économie dans la consommation,
- économie sur les frais de manutention,
- amélioration de la rotation du matériel.

Le combustible déchargé au parc de stockage à l'aide d'un portique à grand rendement est repris par le même engin, chargé dans un wagon-trémie qui le transporte à un appareil dénommé toboggan (situé dans un dépôt appelé dépôt-centre) où il est déversé par gravité, dans des silos souterrains en nombre égal au nombre maximum des constituants du charbon « standard », soit quatre.

Les différentes catégories de combustibles sont alors mélangées au moyen de l'appareil et le « standard » réalisé est stocké dans un silo supérieur — comme le gros charbon de choix d'ailleurs — pour permettre le chargement rapide des locomotives qui passent en dessous.

Une autre partie du combustible (gros et standard) ainsi stocké en l'air est chargé par gravité dans d'autres wagons-trémies ou dans des wagons ordinaires pour être dirigés dans les dépôts, appelés dépôts-satellites, voisins du dépôt-centre, alimentés par ce dernier au moyen de trains réguliers. Ceux d'une certaine importance sont munis de toboggans distributeurs alimentés par les wagons-trémies navettes; les autres sont munis de grues qui prennent directement le charbon des wagons ordinaires pour le charger sur les machines.

15° Combustibles liquides

Les combustibles utilisables sont les résidus de la distillation du pétrole (mazout léger et lourd ou fuel oil).

Leur composition en % est sensiblement la suivante :

C	H	O	H ² O	S	Asphalte	Cendres
83 à 85	11 à 11,5	3 à 3,5	0,3 à 0,5	1,4 à 1,7	5 à 8	0,005 à 0,09

C'est la viscosité qui distingue plus particulièrement les diverses qualités de mazout. C'est ainsi que le mazout léger a une viscosité Engler à 20° de 52 et le mazout lourd une de 130.

Les pouvoirs calorifiques sont peu différents, de l'ordre de 10.300 à 10.500 calories.

Leur densité à 15° varie de 0,9 à 0,95.