

ÉTUDES

SUR

L'ALTÉRATION ET LA COMBUSTION SPONTANÉE

DE LA HOUILLE EXPOSÉE A L'AIR

PAR

M. Henri FAYOL

Ingénieur-Directeur des Houillères de Commentry et de Montvicq.

Exclu
BIBLIOT
DE L'

SGN

Mag



La houille, exposée à l'action de l'air, devient le siège de certains phénomènes qui se manifestent quelquefois par la combustion spontanée, d'autres fois par un simple changement dans les propriétés de ce combustible.

Ces phénomènes intéressent l'industrie à un haut degré. Ils ont été déjà l'objet de quelques études ; cependant ils ne sont pas encore bien connus.

Dans un *Rapport sur la fabrication du gaz*, l'illustre Regnault disait, en 1855 (1) :

« 1° Des houilles d'Anzin et de Mons, qui ont été analysées par l'un de nous il y a vingt ans, et qui étaient conservées dans des flacons imparfaitement fermés par des bouchons de

(1) *Annales des Mines*, 5^{me} série, t. VIII.

« liége, ayant été soumises à de nouvelles analyses, ont présenté la même composition que celle qu'on leur avait trouvée il y a vingt ans. Donc, dans les conditions où ces houilles ont été conservées, elles n'ont subi aucune décomposition spontanée, appréciable à une analyse délicate.

« 2° La houille de Mons, en gaillette, extraite de la mine depuis plus de 10 mois, a fourni les mêmes quantités de coke tout-venant et de gaz, que les houilles de même nature extraites depuis peu de temps.

« En résumé, nous ne nions pas que certaines houilles, principalement celles qui renferment des pyrites ou des schistes se délitant à l'air, ne puissent s'altérer à la longue et devenir impropres à la fabrication avantageuse d'un coke de bonne qualité; mais l'expérience que nous venons de citer et qui a été faite spécialement pour cet objet, montre que l'altération n'est pas sensible pour les houilles de Mons, même au bout de 10 mois. »

Ainsi Regnault doutait que l'air eût une action nuisible sur la houille; cependant, les houilles pyriteuses lui paraissaient susceptibles de s'altérer à la longue.

Deux ans après, M. de Marsilly, amené à s'occuper du même sujet dans son *Etude des houilles consommées sur le marché de Paris* (1) concluait ainsi :

« Nous croyons avoir établi d'une manière certaine que les houilles provenant de mines à grisou subissent par leur exposition à l'air une modification véritable dans leur composition; pour les houilles provenant de mines où il n'y a pas de grisou, nous ne voudrions pas exprimer une opinion, car nous n'avons pas suffisamment étudié la question. »

Selon M. de Marsilly, les houilles à grisou exposées à l'air dégagent de l'hydrogène carboné, et, de plus, « elles perdent encore en partie le principe gras qui détermine la formation du coke lors de la calcination. »

(1) *Annales des Mines*, 5^{me} série, t. XII.

Un rapport fait en 1876 par une commission royale anglaise, chargée de rechercher les causes de la combustion spontanée du charbon à bord des navires, signale en première ligne l'oxydation des pyrites que la houille renferme; puis la condensation des gaz et notamment de l'oxygène dans la houille pulvérulente; enfin l'oxydation du carbone et de certains composés qui entrent dans la constitution de la houille (1).

Plusieurs auteurs ont mis en doute l'influence des pyrites à laquelle la Commission anglaise a attribué une grande importance.

L'état de la question vient d'être fixé dans les termes suivants par M. Haton de la Goupillière, dans son *Rapport à la Commission du grisou* (2) :

« Une cause très-fréquente d'incendies réside dans le combustible lui-même, trop souvent susceptible de s'échauffer spontanément.

« L'oxydation des pyrites ou de certaines substances organiques en est souvent la cause première. Le contact de l'air est alors nécessaire. Aussi n'est-ce que dans les menus, ou dans les charbons ou les schistes, qui ont joué sur des remblais, que ces faits se produisent. D'un autre côté, certaines dissociations de carbures donnant naissance à du grisou peuvent y avoir aussi une part. M. Richters énonce même que dans certains gîtes, ce sont les charbons qui renferment le moins de soufre que l'on voit offrir le plus de prise à la combustion spontanée. M. Forster fait remarquer que dans le Staffordshire, c'est la couche de trente pieds, c'est-à-dire la plus pure, que l'on voit s'embraser le plus souvent.....

« On admet aussi que la présence de l'oxygène dans la houille, constatée dans un certain nombre des analyses qui ont été rapportées plus haut, peut être capable d'activer

(1) Voir *Revue maritime et coloniale*, octobre 1876.

(2) *Rapport de la Commission d'études des moyens propres à prévenir les explosions de grisou*, 1878.

« l'inflammation (Burat)..... La condensation de l'oxygène dans
 « les poussières fines de charbon a aussi été signalée comme
 « propre à préparer l'échauffement et l'embrasement. »

J'ai eu l'occasion d'observer depuis 18 ans, sur la houille de Commentry, qui provient d'une mine sans grisou, un grand nombre de faits *d'altération* et de *combustion spontanée*, et j'ai reconnu que ces phénomènes avaient pour cause première *une absorption de l'oxygène de l'air par la houille*.

Des expériences faites sur d'autres combustibles de diverses provenances m'ont prouvé que *toutes les houilles exposées à l'air absorbent de l'oxygène*, et que cette absorption est toujours suivie d'une altération plus ou moins sensible.

Je me propose de décrire, dans ce mémoire, les résultats de ces observations et de ces expériences.

Dans une première partie, je m'occuperai des *altérations* que la houille subit sous l'influence de l'air, surtout au point de vue du coke et des gaz qu'on peut en tirer par la calcination.

Une deuxième partie sera spécialement consacrée à la *combustion spontanée* de la houille.

J'entrerai, au sujet de quelques expériences, dans des explications qui pourront paraître un peu longues, mais sans lesquelles on ne se rendrait pas un compte exact de la valeur des faits. Des détails d'opération, parfois insignifiants en apparence, peuvent avoir une très-grande influence sur les résultats; il importe donc d'être bien fixé sur les conditions dans lesquelles les expériences ont été faites, et de pouvoir au besoin les vérifier et les reproduire.

PREMIÈRE PARTIE

DE L'ALTÉRATION DE LA HOUILLE EXPOSÉE A L'AIR.

Lorsqu'on observe la houille dans les conditions ordinaires

de l'industrie, il est difficile de faire, dans les phénomènes d'altération qui se produisent, la part d'influence de l'air, de la nature du combustible, celle de la chaleur, de l'humidité, etc.

J'ai dû faire agir ces agents soit isolément, soit ensemble ; de là, trois séries d'expériences :

La première série concerne *l'action de l'air* à différentes températures ;

La deuxième série comprend des expériences diverses sur *l'action des gaz, sur celle de l'eau et de quelques réactifs* ;

La troisième série est une étude de *l'action de la chaleur* en l'absence de l'air.

Après avoir décrit ces expériences, je chercherai les conclusions qu'on en peut tirer ; puis j'examinerai les faits pratiques *d'altération et de combustion spontanée*.

CHAPITRE 1^{er}.

Combustibles observés.

Houille de Commentry. — La houille de Commentry a été principalement l'objet de mes observations. C'est une houille grasse à longue flamme, recherchée pour la fabrication du gaz d'éclairage. Elle provient d'une couche sans grisou (1).

En la criblant sur un tamis à trous de 20^m/m de diamètre, on la divise en *gros et carré* et en *menu*.

Gros. — Considéré en masse, le *gros et carré* est d'un noir assez brillant, de dureté moyenne ; sa cassure est généralement rhomboédrique par l'effet des clivages.

Sa teneur en cendres est d'environ 7 p. ‰.

De même que la plupart des houilles, la houille de Commentry, avec une apparence homogène, se compose de morceaux d'inégale pureté, dont la teneur en cendres varie de 0,50 à 15 p. ‰ ; dans chaque fragment, on peut même distinguer des zones dont l'éclat et la pureté sont différents.

(1) C'est de cette houille qu'il sera question toutes les fois qu'une autre désignation ne sera pas spécialement indiquée.

Les matières étrangères les plus abondantes dans le *gros et carré* sont :

1° De l'argile; elle est plus ou moins intimement mélangée à la houille, dont elle ternit l'éclat et qu'elle divise en feuillets.

2° Du sulfate de chaux; on le trouve à l'état de lamelles blanches, remplissant des plans de clivage parfois très-multipliés.

3° Des pyrites réparties dans toute la masse; elles sont tantôt en lamelles, tantôt en paillettes fines, rarement en cristaux.

La proportion moyenne des pyrites est un peu inférieure à 1 p. %; dans les échantillons qui en sont le plus chargés, cette proportion s'élève à 5 p. %.

Couleur des cendres. — Ordinairement blanches ou grises, les cendres du *gros et carré* sont quelquefois de couleur violette, ou rouge-clair ou jaunâtre; ces dernières couleurs se présentent plus fréquemment dans les charbons de qualité inférieure.

Menu. — Le *menu brut* renferme en moyenne de 12 à 13 p. % de cendres; le lavage ramène cette teneur à 7 p. % environ.

Carbonisé au four belge, le menu lavé donne 62 à 63 p. % de coke métallique, aiguillé, brillant, assez dur. Ce coke est employé dans les hauts-fourneaux.

Le tableau suivant donne la nomenclature des autres combustibles que j'ai étudiés et les résultats de la calcination de ces combustibles au rouge blanc.

Ces résultats ayant été fournis par de petits échantillons, peuvent s'écarter notablement de ceux que donne la qualité moyenne des combustibles désignés; mais mes recherches ne sont pas d'ailleurs liées à cette qualité moyenne.

COMBUSTIBLES A L'ÉTAT NATUREL.

N^o 1.

RÉSIDU DE LA CALCINATION AU ROUGE BLANC.

DÉSIGNATION DES COMBUSTIBLES.	LETTRES et signes.	RÉSIDU SOLIDE.			Matières volatiles	Déduction faite des cendres.		NATURE DU COKE.
		Charbon	Cendres	Total.		Charbon	Matières volatiles	
Anthracite de Brassac (Concession de charbonnier).	A + +	80,11	12,89	93,00	7,00	91,96	8,04	Les morceaux de charbon conservent leur forme.
D ^o des Marais (Bassin de Commentry).....	B - - -	84,90	6,51	91,41	8,59	90,81	9,19	
D ^o de Blanzv (Puits Ste-Barbe).....	C - - -	79,91	5,59	85,50	14,50	84,64	15,36	Coke peu solide, houe-soufflé.
D ^o de St-Etienne (1 ^o couche, puits Verpillieux).	D - - -	82,95	3,05	85,10	14,90	84,63	15,37	
D ^o anglaise (8 ^o couche, puits du Treuil) ..	E - - -	69,83	7,54	77,37	22,63	75,52	24,48	Coke bien aggloméré, dur.
D ^o anglaise (West-Pelaw-Main).....	F - - - - -	65,47	4,40	69,87	30,13	68,48	31,52	Coke bien aggloméré, un peu friable.
D ^o allemande (West-Leverson).....	G - - - - -	65,59	9,95	68,54	31,46	67,58	32,42	D ^o de plus ternie.
D ^o allemande (Alma).....	H - - - - -	65,19	2,71	67,90	32,10	67,00	33,00	Coke assez bien aggloméré, friable.
D ^o de (Consolidation).....	I - - - - -	65,12	2,23	67,35	32,65	66,60	33,40	D ^o
D ^o de Commentry (Grande-Couche).....	K - - - - -	57,07	2,80	59,87	40,13	58,71	41,29	Coke métalloïde, peu dur.
D ^o de la Bétraudière (Grande-Couche).....	L - - - - -	62,19	5,99	65,18	34,82	64,10	35,90	Coke bien aggloméré, léger.
D ^o de (3 ^o brûlante).....	M - - - - -	62,45	2,26	64,71	35,29	63,89	36,11	D ^o
D ^o de Blanzv (Puits St-François).....	N - - - - -	56,24	2,98	59,22	40,78	57,96	42,04	Coke mal aggloméré, très-friable.
D ^o de Buxière-la-Grue.....	O + + +	50,53	22,95	73,48	26,52	65,58	34,42	D ^o
D ^o de Bouches-du-Rhône.....	O' + + +	48,08	3,95	52,03	47,97	50,05	49,95	Se houe-soufflé à peine.
Lignite des Vosges.....	O'' + + +	37,04	16,61	64,65	55,35	57,60	42,40	Commencement d'agglomération.
Lignite de la Dordogne.....	O''' + + +	41,07	4,80	41,87	38,13	35,93	61,07	Les morceaux conservent leur forme.
Fusain minéral (Commentry).....	P - - - -	76,66	12,66	89,32	10,68	87,77	12,23	Les morceaux conservent leur forme.
Schistes bitumineux (Buxière-la-Grue).....	R + + + +	45,70	32,61	79,31	20,69	68,83	31,17	D ^o
D ^o compactes (Commentry).....	R' + + + +	32,72	27,75	60,47	39,53	45,18	54,72	Coke imparfait, dur.
D ^o feuilletés d ^o	R'' + + + +	19,63	48,58	68,21	31,79	38,17	61,83	D ^o
D ^o (Menat, Puy-de-Dôme).....	R''' + + + +	22,84	30,71	53,55	46,45	32,96	67,04	Les morceaux conservent leur forme.
Bog-head (Ecosse).....	S - - - -	12,95	24,34	37,29	62,71	17,11	82,89	D ^o
Bois de chêne.....	T - - - -	23,015	0,445	22,46	77,54	22,11	77,89	D ^o

Avec les principales variétés de houille connues, depuis l'anhracite très-riche en carbone de Brassac jusqu'au lignite imparfait de la Dordogne, on trouve sur ce tableau quelques autres combustibles.

J'ai conservé à ces combustibles les noms par lesquels ils sont désignés dans le commerce, quoique ces désignations ne les caractérisent pas toujours exactement. Entre l'*anthracite* de Blanzv et la *houille maigre* du puits Verpilleux, par exemple, la différence est peu marquée, tant sous le rapport de l'aspect que sous celui des produits de la calcination ; il en est de même entre la *houille sèche* de Buxière et le *lignite* des Vosges (1).

Les anthracites de Brassac et du Marais ont à peu près la même apparence extérieure ; leur couleur est noire avec des reflets grisâtres ; ils ont un éclat vitreux caractéristique.

L'éclat vitreux n'existe plus dans les houilles grasses ; ces houilles sont ordinairement d'un beau noir plus ou moins brillant. La couleur se ternit de plus en plus à mesure qu'on approche des lignites.

Le lignite de la Dordogne ne ressemble plus à de la houille ; sa couleur brun-foncé rappelle le café brûlé. On raje assez facilement ce combustible à l'ongle.

La cassure des anthracites est conchoïdale ; celles des autres houilles est en général irrégulière, quelquefois prismatique ou rhomboïdale, parfois feuilletée.

Les autres combustibles dont il sera question dans ces études sont :

Le *boghead* d'Ecosse, sorte de schiste compacte, gris, très-

(1) Les expressions de houille *anthraciteuse* et de houille *ligniteuse*, employées pour houille *maigre* et houille *sèche* me paraissent préférables à ces dernières, parce qu'elles indiquent aussi bien l'absence de pouvoir agglomérant et qu'en même temps elles rappellent la nature du combustible, tandis que les expressions de *houille maigre* et de *houille sèche* peuvent donner lieu à quelque confusion.

léger, employé dans la fabrication du gaz d'éclairage. Les échantillons que j'ai pu me procurer étaient extraits depuis longtemps.

Un autre boghead, provenant d'Autun, a aussi été observé ; sa cassure est noire avec un éclat gras.

Les *schistes bitumineux* de Buxière, gris noir, feuilletés, renfermant de nombreuses écailles de poissons. Ils servent à la fabrication d'huiles d'éclairage et de graissage.

Des *schistes* de Commentry, les uns feuilletés, les autres compactes, qui proviennent de veines supérieures à la grande couche. La cassure est noire avec un éclat gras.

Les *schistes* de Menat (Puy-de-Dôme), dont on tire du beau noir pour la peinture, et du *tripoli* ; leur couleur est brun-foncé.

Du *fusain minéral*, substance tendre, friable, ayant l'apparence et la structure fibreuse du bois carbonisé ; il a été pris au milieu de la couche de Commentry. On en trouve de semblable dans la plupart des houilles.

Du *bois de chêne*, morceau pris dans le cœur d'un arbre depuis longtemps abattu.

Parmi les houilles que j'ai essayées, quelques-unes proviennent de mines à grisou, celles du Trenil et du puits Verpilleux notamment.

CHAPITRE 2^{me}.

ACTION DE L'AIR A DIFFÉRENTES TEMPÉRATURES SUR DIVERS COMBUSTIBLES.

ARTICLE I.

Description des expériences (1),

Etuves. — L'action de l'air et de la chaleur sur les com-

(1) Qu'il me soit permis de remercier ici l'ingénieur des ateliers de lavage et de carbonisation des houillères de Commentry, M. Martinet, dont le concours m'a été extrêmement utile dans ces expériences.

bustibles a été étudiée au moyen d'étuves à température constante, dans lesquelles l'air, venant de l'atmosphère, se renouvelle lentement.

Une batterie de fours à coke en activité me donnait un moyen facile de construire des étuves à toutes les températures comprises entre 25 et 400 ou 500°. J'ai établi ces étuves dans des galeries à parois épaisses qui séparent les groupes de fours.

On règle la température des étuves au moyen de carnaux qu'on bouche plus ou moins.

Jusqu'à 360°, la constance de la température des étuves est vérifiée au moyen du thermomètre à mercure; pour l'étuve de 400°, on a comme point de repère la température de fusion du zinc (423°).

Echantillons. — Je me suis servi dans ces expériences d'échantillons assez purs, extraits depuis peu de temps et conservés en fragments de la grosseur du poing.

Ces fragments ne sont brisés qu'au moment où l'on veut faire les essais. On en forme des grains dont la grosseur est comprise entre 10 et 15 millimètres, et de la poussière passée à travers un tamis à mailles de $\frac{1}{2}$ millimètre.

La plupart des expériences sont faites en même temps sur de la poussière et sur des grains; quelques-unes sur de gros fragments.

Variations de poids. — On a constaté de la manière suivante les variations de poids que subit la houille :

Dans de petits creusets en porcelaine, on met 20 grammes de charbon. Ces creusets sont fermés imparfaitement par un couvercle mal ajusté, afin que l'air puisse entrer et que les gaz puissent sortir.

Pour un même combustible, on prend 4 creusets semblables; on en charge deux de houille pulvérulente et deux de grains. Ces creusets sont placés dans une boîte en tôle qui les protège

contre les chocs et les met à l'abri des poussières en suspension dans l'air.

On pèse, à la balance de précision, assez souvent pour qu'aucune variation de poids ne puisse passer inaperçue. Les creusets maintenus dans la boîte en tôle sont transportés rapidement de l'étuve à la balance et pesés chauds avec leur charge.

Le poids des creusets en porcelaine ne change pas d'une manière sensible avec le temps ni avec la température.

A chaque pesée, on remue le charbon avec une spatule en fer pour faire pénétrer l'air dans la masse.

Essais pour coke. — Pour constater les altérations de la houille au point de vue de la quantité et de la qualité du coke qu'elle peut fournir, on a opéré de la manière suivante :

Le combustible, en poussière ou en grains, est placé dans des vases en fer contenant environ 2 kilogrammes de houille et recouverts imparfaitement.

Ces vases sont placés dans les étuves à côté des creusets qui servent à l'observation du poids. C'est dans ces vases qu'on prend les échantillons de charbon destinés à la calcination.

On calcine 20 grammes à la fois dans de petits creusets en porcelaine placés dans le moufle d'un fourneau (Pl. I).

La température du moufle, maintenue aussi régulière que possible, est au rouge blanc dans le fond, au rouge cerise dans le milieu et au rouge sombre sur le devant.

Le creuset introduit graduellement dans le moufle est laissé au rouge cerise pendant environ 15'
ensuite au rouge blanc 10'

En opérant ainsi, on obtient un rendement intermédiaire entre celui que donnerait le rouge blanc et celui que donnerait le rouge cerise. Le culot de coke est plus solide, moins fendillé, que celui que produirait une calcination faite entièrement au rouge blanc.

Pouvoir agglomérant. — On sait que le *pouvoir agglomé-*

rant est la propriété qu'ont certaines houilles de s'agglutiner sous l'action de la chaleur.

Je l'ai évalué par comparaison avec une échelle conventionnelle établie comme suit :

Les houilles qui, soit en poussière, soit en grains, ne subissent, sous l'influence de la chaleur, ni fusion ni ramollissement, qui en un mot ne changent pas de forme, ont un pouvoir agglomérant nul et ont été cotées avec le chiffre 0

Le pouvoir agglomérant des meilleures houilles à coke donnant un culot bien formé, dur, dense et résistant, a été désigné par le chiffre. 10

Entre ces extrêmes se place le pouvoir agglomérant de toutes les autres houilles.

Pour que l'on puisse bien saisir la signification des chiffres qui désignent le pouvoir agglomérant, j'ai figuré en bas de la PL. I les culots pris pour types avec la cote correspondante au-dessus.

Les culots du rang inférieur sont faits avec du charbon pulvérent.

Ceux du deuxième rang avec du charbon en grains de 3 à 5^m/^m.

Ceux du rang supérieur avec des grains de 10 à 15^m/^m.

La carbonisation industrielle révèle mieux la différence du pouvoir agglomérant que les opérations de laboratoire. Ainsi, un charbon qui donne au creuset des culots encore agglutinés, cotés 5 par exemple, ne produit plus, en grand, que des escarbilles.

Essais pour gaz. — L'étude des modifications que subit la houille sous l'action de l'air à diverses températures, au point de vue des gaz qu'on en peut retirer par la distillation, a été faite de la manière suivante :

On place 20 grammes de charbon dans une petite cornue en fer (PL. I, FIG. 4). Cette cornue est introduite dans le moufle d'un fourneau, comme lorsqu'il s'agit d'un essai pour coke. Les

gaz se rendent dans une cloche en verre graduée ; puis on les fait brûler sans épuration préalable.

Pouvoir éclairant du gaz brut. — Je rappellerai que le *pouvoir éclairant* d'une lumière est mesuré par le nombre de bougies qu'elle peut remplacer.

La bougie prise pour unité de comparaison est celle dite de l'*Etoile*.

J'ai mesuré le pouvoir éclairant des gaz au moyen du photomètre de *Rumford*, à diaphragme fixé contre une feuille de papier blanc (Pl. I, Fig. 1 et 2).

On sait que les intensités de deux lumières, donnant au photomètre des teintes égales, sont entre elles dans le rapport des carrés des distances. Si un bec de gaz placé à 2 mètres de distance du diaphragme donne une ombre égale à celle d'une bougie placée à 1 mètre, l'intensité du bec est quatre fois plus grande que celle de la bougie.

Dans cette mesure, on ne fait pas intervenir la *consommation du gaz*. On tient compte de cette consommation dans le *titre*.

Le *titre* d'un gaz est le nombre de bougies qu'on peut remplacer en brûlant 100 litres de ce gaz par heure.

Pour le déterminer, on apprécie d'abord l'intensité au moyen du photomètre, en notant la consommation de gaz. Avec ces deux éléments, on calcule le titre, en admettant que 100 litres brûlés par heure donneront une quantité de lumière proportionnelle. Cela n'est pas tout à fait exact, car le titre d'un gaz varie en réalité avec la force et la forme du bec employé, avec la pression, la vitesse d'écoulement du gaz, etc. Aussi ai-je cherché dans ces essais à opérer autant que possible dans les mêmes conditions pour tous les combustibles.

La distillation pour *gaz brut* a été faite dans le moufle chauffé au rouge blanc, sauf pour la houille de Commentry qui a été chauffée au rouge cerise.

L'essai photométrique a lieu dans une chambre noire.

Le bec employé est un *bec-bougie* consommant 60 litres par heure sous la pression de 55 millimètres d'eau.

Le pouvoir éclairant ainsi obtenu est loin d'être aussi élevé que celui du gaz épuré ; mais il me suffisait pour constater les modifications produites par l'action de l'air sur un combustible donné. L'essai du gaz épuré exige trop de temps et de trop forts échantillons de charbon pour pouvoir être répété aussi souvent que le comportaient mes recherches. Je n'ai fait cet essai du gaz épuré que pour les combustibles à l'état naturel et de la manière suivante :

Pouvoir éclairant du gaz épuré. — 100 grammes de charbon pulvérisé sont placés dans une cornue en fer (Pl. I, Fig. 1 et 3). Le tampon a pour but de diminuer le volume d'air que renferme la cornue tout en permettant d'allonger assez celle-ci pour pouvoir faire la fermeture en dehors du moufle.

La distillation a lieu dans le moufle du fourneau, comme dans les essais pour coke.

Les gaz se rendent dans un gazomètre G (Fig. 1) en traversant un barillet B et un condensateur C. Du gazomètre ils vont au photomètre en passant dans un épurateur à chaux E.

Pour chasser des appareils l'air qu'ils contiennent et qui, mélangé au gaz, en diminuerait le pouvoir éclairant, il faut faire deux distillations préliminaires ; ce n'est qu'à partir de la troisième opération qu'on peut considérer les gaz comme dépouillés d'air ou des produits d'un précédent essai. On a fait six distillations et noté seulement les résultats des quatre dernières.

Les gaz sont brûlés au *bec-bougie*, consommant environ 75 litres sous la pression de 70 millimètres d'eau.

Le volume et le pouvoir éclairant des gaz d'une houille donnée dépendent beaucoup des conditions dans lesquelles on a fait la distillation et l'essai photométrique. Le volume des gaz

varie avec la température du fourneau ; le *titre* du gaz varie avec la force du bec employé, la pression du gaz, etc.

On trouvera au chapitre 3^{me} de nombreux renseignements à ce sujet ; je me borne à donner ici le tableau comparatif des pouvoirs éclairants du gaz brut et du gaz épuré de quelques combustibles, afin qu'on puisse bien saisir la signification des chiffres inscrits comme *titre des gaz bruts*.

N° 2.

DÉSIGNATION des combustibles.	DISTILLATION								
	au rouge sombre.			au rouge cerise.			au rouge blanc.		
	Volume de gaz.	Titre.		Volume de gaz.	Titre.		Volume de gaz.	Titre.	
		Gaz brut.	Gaz épuré.		Gaz brut.	Gaz épuré.		Gaz brut.	Gaz épuré.
litres.			litres.			litres.			
Anthracite (Marais)	9,75	0 »	0 »	21,50	0 »	0 »	23,87	0 »	0 »
Houille grasse (Treuil)	13,62	0,88	3,35	21,37	0,81	3,34	27,18	0,81	2,28
Houille à gaz (Commentry)	13,75	3,51	9,23	25,50	3,36	7,09	32,81	2,85	5,86
Lignite (Dordogne)	17,87	0 »	2,42	20,75	0,007	2,57	25,87	0,02	2,08
Bog-head (Ecosse)	10,25	19,84	?	18,00	19,28	?	33,25	19,12	?

Pour que ces essais puissent être sûrement rapprochés de ceux qui ont indiqué le pouvoir agglomérant des houilles exposées à l'action de l'air, je me suis toujours servi, pour ces deux séries d'essais, du même charbon pris dans les mêmes vases, contenant au début deux kilogrammes.

Observations sur les autres propriétés de la houille. — L'action de l'air sur d'autres propriétés secondaires de la houille, telles que l'inflammabilité, la densité, etc., a été aussi observée ; de plus, on a noté l'état apparent de combustibilité toutes les fois que des échantillons ont passé sous les yeux.

Indication des résultats.

Les principaux résultats obtenus sont résumés dans des tableaux et des diagrammes qui permettent de suivre facilement la marche des opérations.

Pour représenter les premières modifications qui se succèdent assez rapidement, surtout aux températures élevées, j'ai adopté des diagrammes à grande échelle ne portant que 48 heures ; d'autres diagrammes embrassent toute la durée des expériences, durée qui va de 3 mois à 1 an.

Chaque combustible a son diagramme qui le montre à 25, à 50, à 100, à 200 et à 400 degrés. (Diagrammes n° 1 à n° 20).

Dans les diagrammes suivants (n° 21 à n° 33), on voit l'action d'une même température sur tous les combustibles.

Dans les courbes, malgré la divergence due à la nature des combustibles et à des températures différentes, on constate cependant une allure commune que j'ai cherché à représenter dans les diagrammes 34 et 35. Ces diagrammes sont une moyenne arithmétique des résultats obtenus avec toutes les houilles, en laissant en dehors le lignite, les schistes, le boghead, le fusain et le bois.

Les *chiffres* placés sur les courbes indiquent la température de l'étuve dans laquelle le combustible a été exposé à l'air ; les *lettres* désignent les combustibles.

Pour bien préciser la signification des diagrammes, je prendrai un exemple :

Sur le diagramme n° 12, concernant la houille de Commentry en poussière, on rencontre sur la ligne verticale du 60^{me} jour :

1° Une courbe portant le chiffre 100.

C'est la courbe des poids de la houille exposée à l'air dans une étuve à 100 degrés.

Elle indique qu'une quantité de houille qui pesait d'abord 100 grammes est arrivée à peser 104^{gr.},57 après avoir été maintenue 60 jours dans l'étuve.

K désignant la houille à l'état naturel, appelons K_1 le charbon modifié par cet accroissement de poids. Ce charbon K_1 , soumis

aux essais pour coke et pour gaz a donné lieu aux observations suivantes :

2° Rendement en coke = 60,80. C'est le résidu de la calcination de 100 grammes de charbon K_1 .

3° Pouvoir agglomérant = 0. Ce pouvoir était au début de 8 ; il est devenu nul au bout de 8 jours d'exposition à l'air à 100°.

4° Rendement en gaz = 23 litres 90. C'est le rendement de 100 grammes de charbon K_1 . Le charbon K donnait au début 26 litres 35.

5° Pouvoir éclairant. — *Titre du gaz brut* : il est de 0 le 60^{me} jour. Avant d'être soumis à l'action de l'air, le charbon K avait un pouvoir éclairant de 4,52.

Ainsi, les pouvoirs agglomérant et éclairant sont ceux de la houille modifiée par le séjour dans l'étuve, et les rendements en coke et en gaz sont rapportés à 100 grammes de cette même houille modifiée.

Dans les tableaux chiffrés, les mêmes renseignements se trouvent sur une ligne horizontale en face de la durée de l'exposition à l'air.

Avant d'indiquer les résultats obtenus, je dois faire une observation : les variations de poids ont été constatées sur des charges de 20 grammes, isolées dans de petits creusets, tandis que les échantillons de 20 grammes, dont on s'est servi pour les calcinations, ont été pris dans des vases contenant 2 kilog. Bien que les petits creusets et les vases de 2 kilog. fussent bien dans les mêmes étuves et qu'on en ait agité le contenu avec une spatule aux mêmes intervalles pour faire pénétrer l'air dans la masse, l'action de l'air n'a pas dû être absolument la même dans les creusets et dans les vases ; par suite, les poids et les autres résultats qui figurent à la même date peuvent ne pas correspondre à une altération rigoureusement semblable de la houille ; mais la différence est peu sensible.

ARTICLE II.

CHARBONS EXPOSÉS A L'AIR A DIFFÉRENTES
TEMPÉRATURES.

RÉSULTATS DES EXPÉRIENCES (1^{re} série)

PRÉSENTÉS SOUS FORME DE TABLEAUX.

**CHARBONS EXPOSÉS A L'AIR A DIFFÉRENTES
TEMPÉRATURES.**

RÉSULTATS DES EXPÉRIENCES (1^{re} série)

PRÉSENTÉS SOUS FORME DE DIAGRAMMES.

*(Variations de poids. — Rendements en coke et en gaz. —
Pouvoir agglomérant et pouvoir éclairant.*

Charbons et diagrammes correspondants.

	N ^{os} des diagrammes.
Anthracite de Brassac	1. 2. 3
D ^o de Blanzv	4
Houille de Saint-Etienne	5
D ^o d ^o	6
D ^o anglaise	7. 8
D ^o allemande	9. 10
D ^o de Commentry	11. 12. 13. 14
D ^o de la Béraudière	15
D ^o de Blanzv	16
D ^o de Buxière-la-Grue	17
Fusain de Commentry	18
Schistes bitumineux de Buxière-la-Grue	19
Boghead anglais	20
Etuve à 25°	21. 22
D ^o à 50°	23. 24
D ^o à 100°	25. 26. 27. 28
D ^o à 200°	29. 30. 31. 32
D ^o à 400°	33

Moyennes de l'ensemble des résultats obtenus avec toutes les houilles	34. 35
Houilles diverses exposées dans une étuve à 200°.	36. 37
Houille de Commentry	38
Schistes et lignites à 200°	39

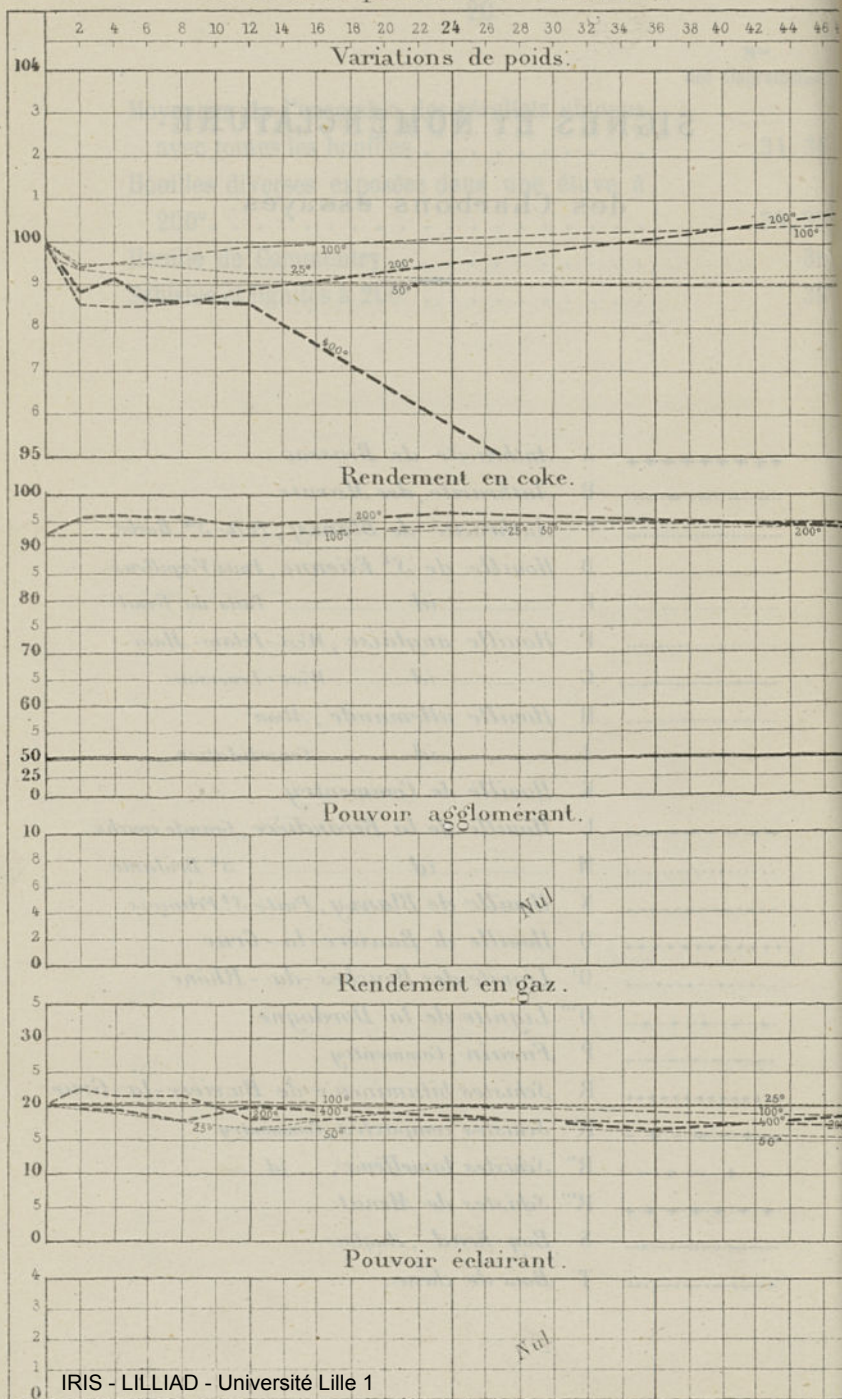
SIGNES ET NOMENCLATURE

des Charbons essayés.

+++++	A	<i>Anthracite de Brassac.</i>
-----	B	<i>Anthracite, des Marais.</i>
.....	C	<i>Anthracite de Blanzay, Puits S^{te} Barbe.</i>
-----	D	<i>Houille de S^t Etienne, Puits Verpilloux.</i>
-----	E	<i>id Puits du Treuil.</i>
.....	F	<i>Houille anglaise, West-Pelaw-Main.</i>
-----	G	<i>id West-Levenson.</i>
.....	H	<i>Houille allemande, Alma.</i>
-----	I	<i>id Consolidation.</i>
.....	K	<i>Houille de Commentry.</i>
-----	L	<i>Houille de la Béraudière, Grande couche.</i>
.....	M	<i>id 3^e Brûlante.</i>
-----	N	<i>Houille de Blanzay, Puits S^t François.</i>
+++++	O	<i>Houille de Buxière-la-Grue.</i>
-----	O'	<i>Lignite des Bouches-du-Rhône.</i>
+++++	O''	<i>Lignite de la Dordogne.</i>
-----	P	<i>Fusain, Commentry.</i>
+++++	R	<i>Schistes bitumineux de Buxière-la-Grue.</i>
-----	R'	<i>Schistes compactes, Commentry.</i>
-----	R''	<i>Schistes lamelleux, id</i>
+++++	R'''	<i>Schistes de Menat.</i>
-----	S	<i>Boq-head, Anglais.</i>
-----	T	<i>Bois de chêne.</i>

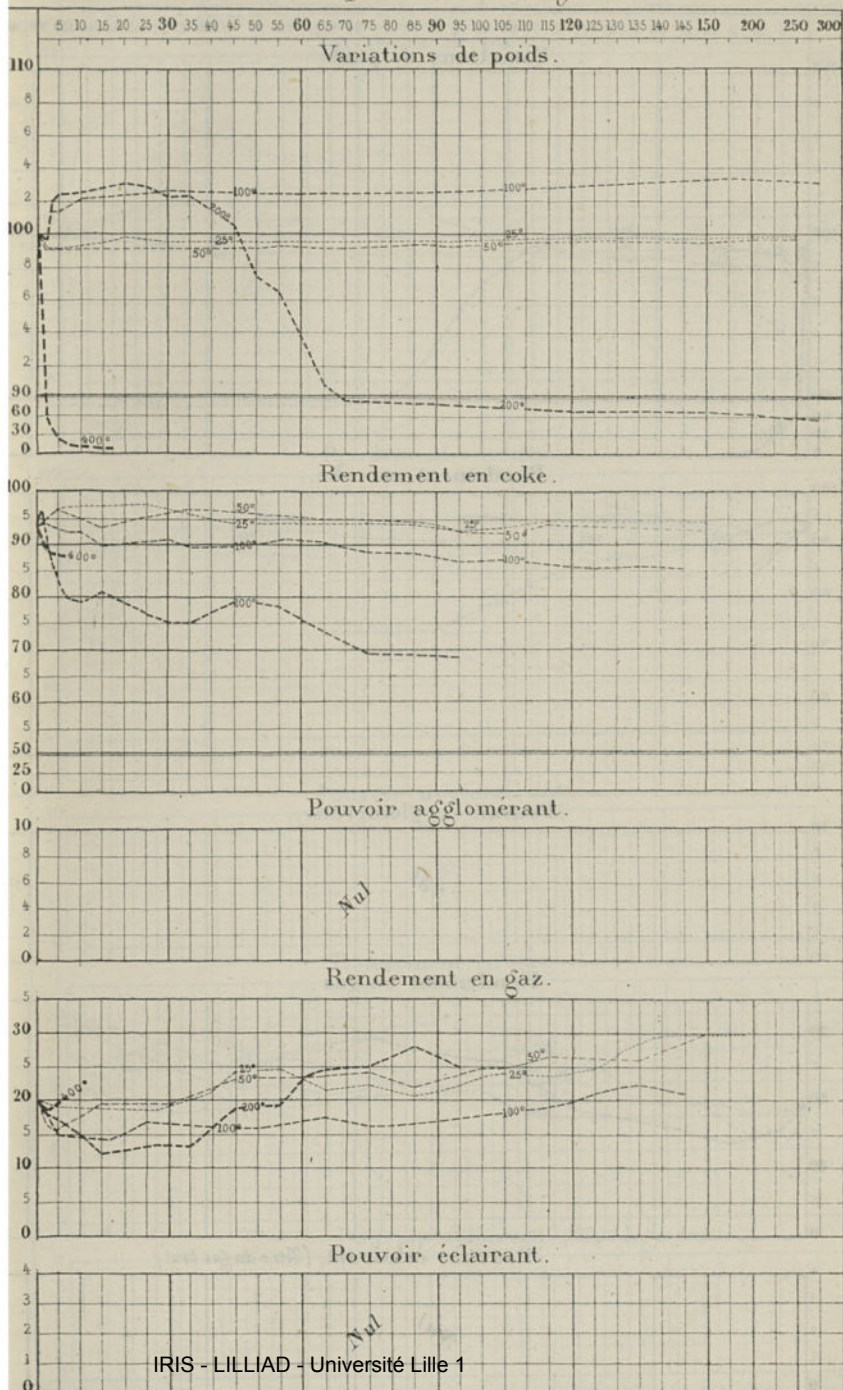
Anthracite de Brassac, en poussière.

Durée de l'exposition à l'air (en heures).



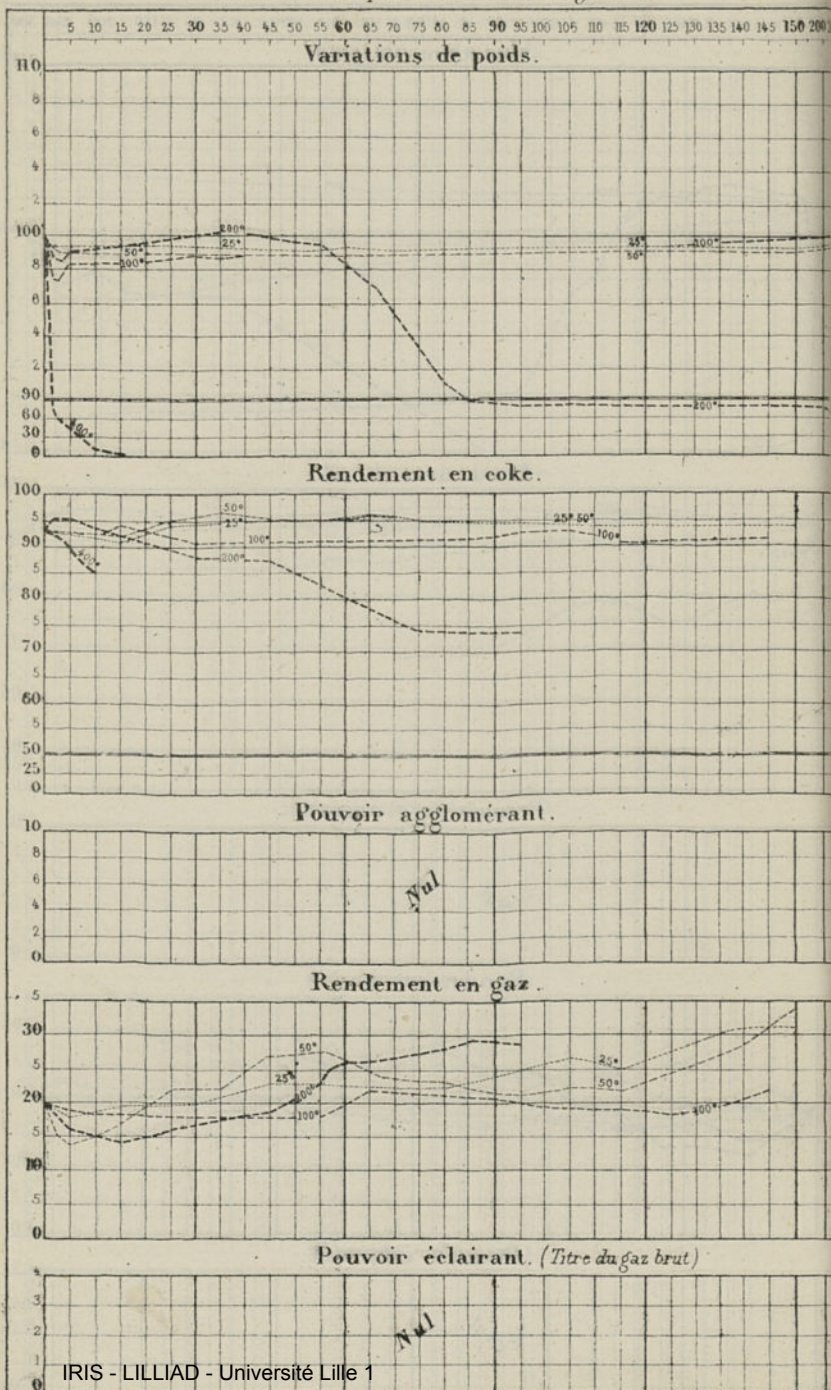
Anthracite de Brassac, en poussière.

Durée de l'exposition à l'air (en jours)



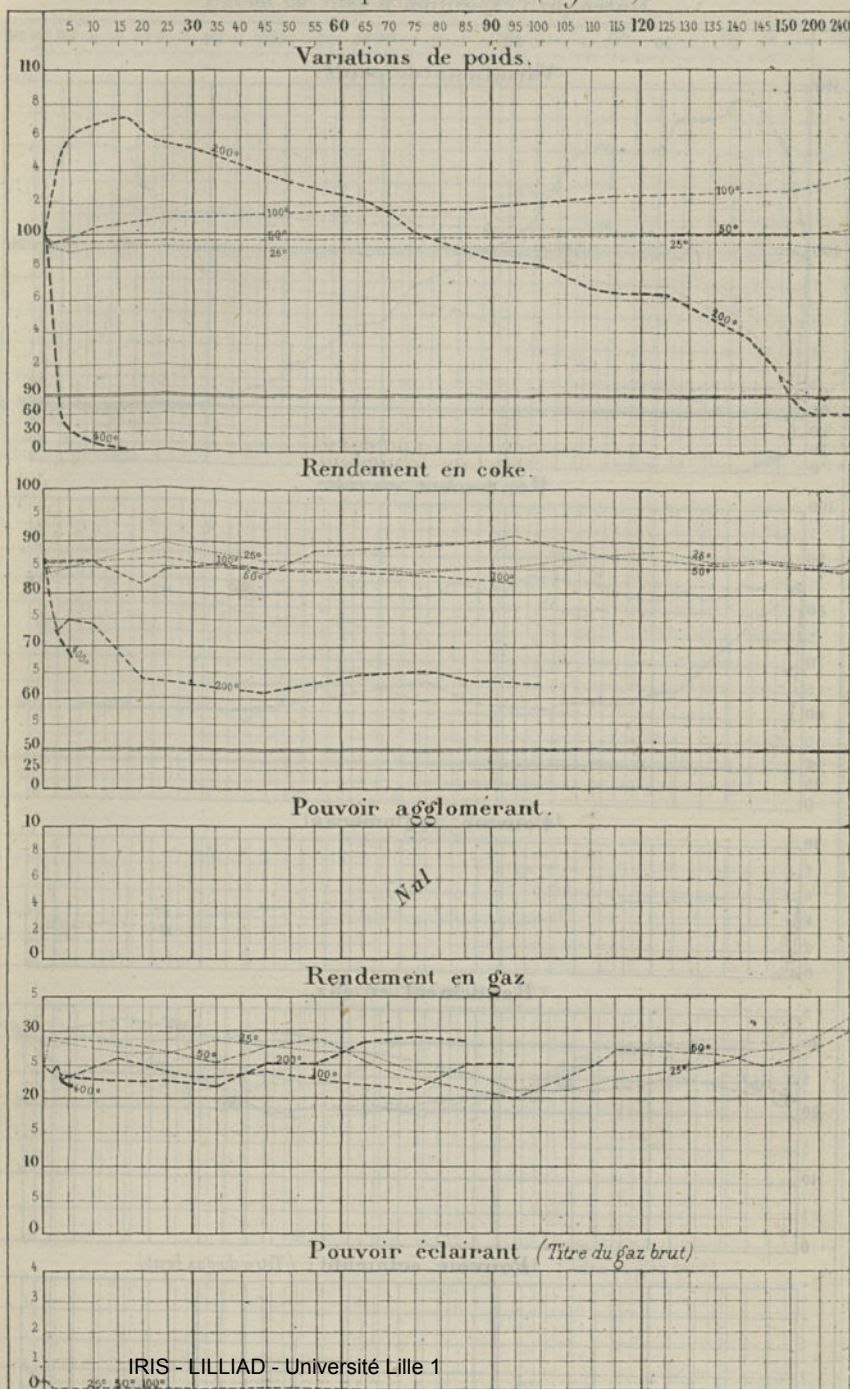
Anthracite de Brassac, en grains.

Durée de l'exposition à l'air (en jours)



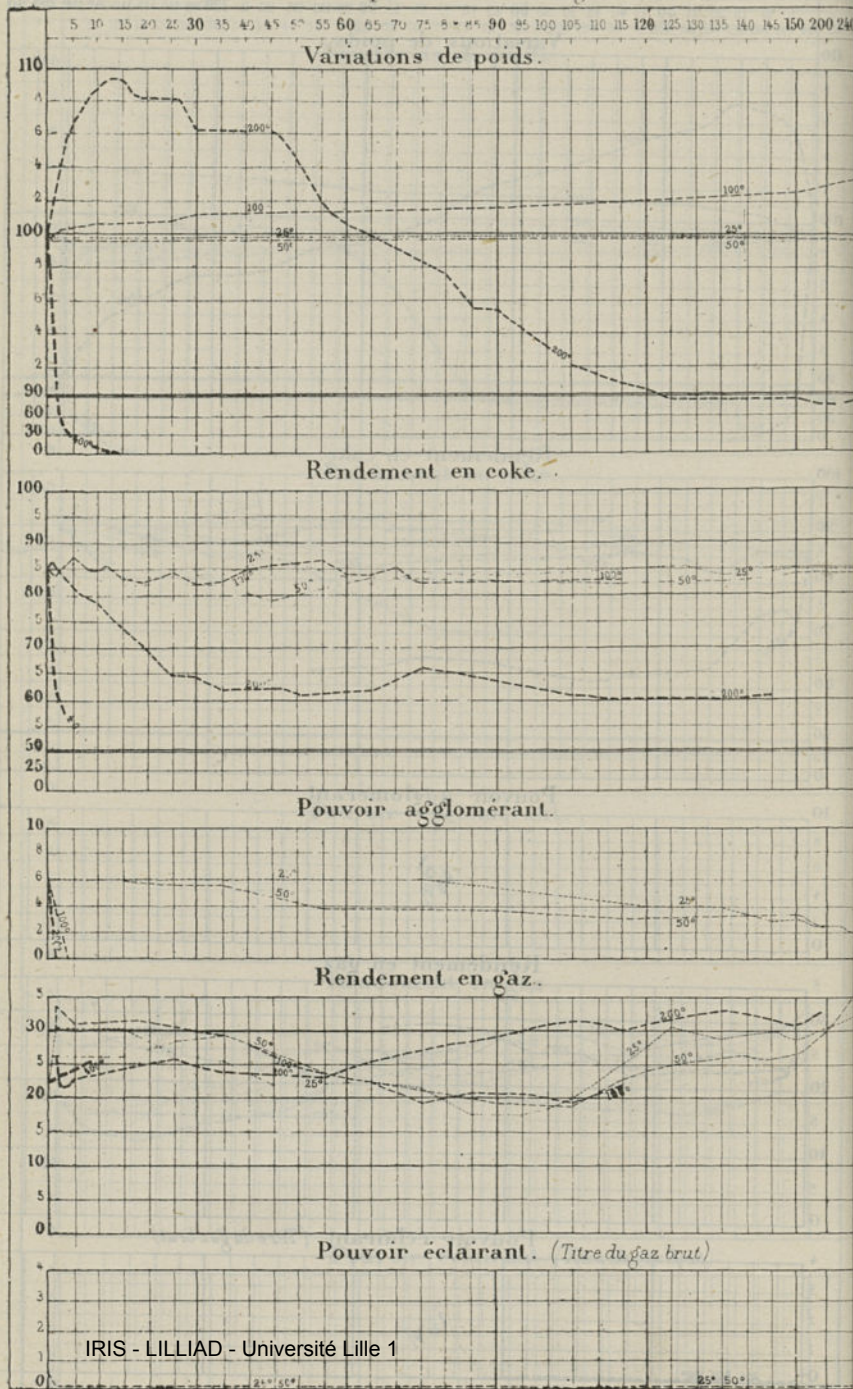
Anthracite de Blanzay, Puits St^e Barbe, en poussière.

Durée de l'exposition à l'air (en jours).



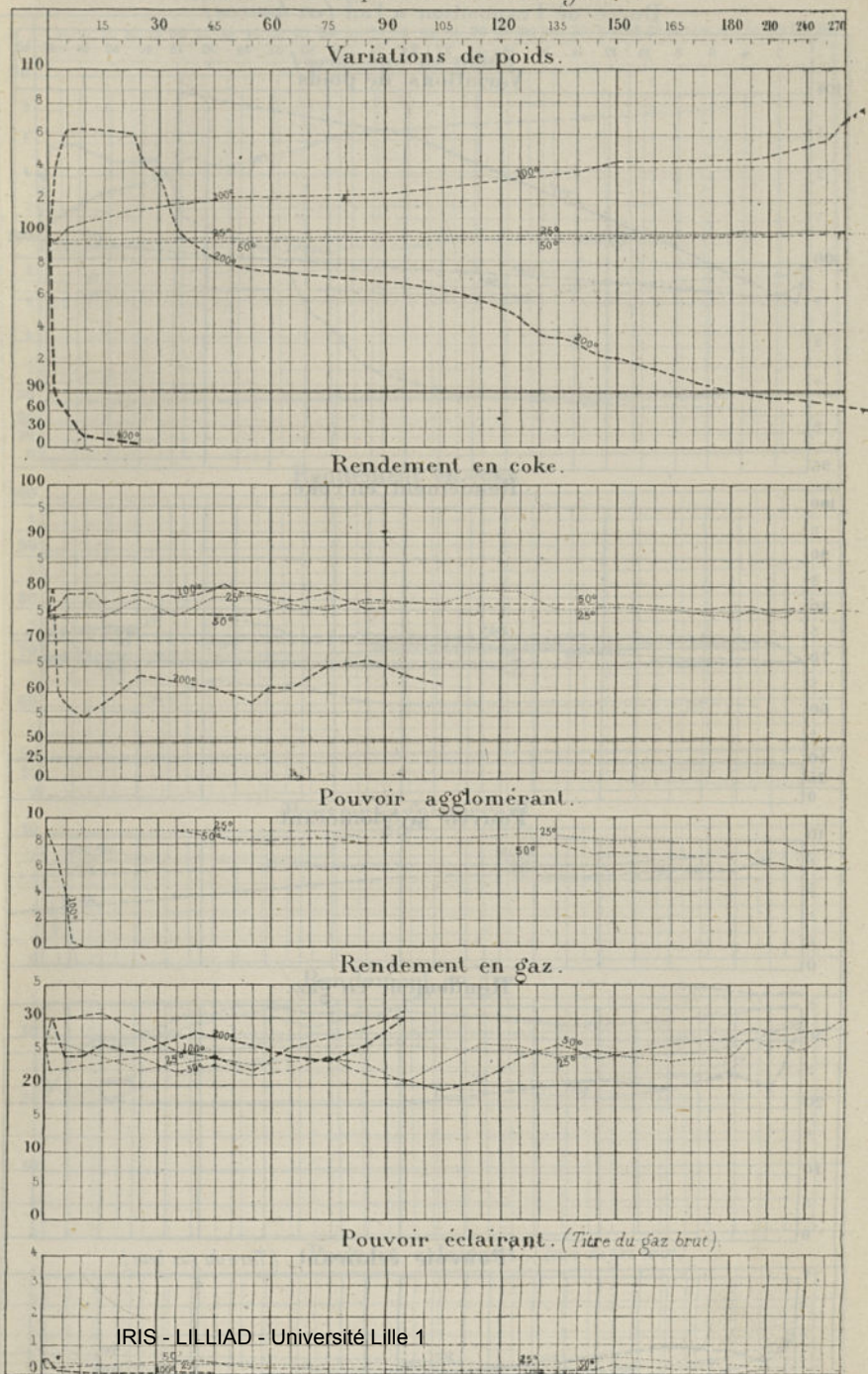
Houille de St Etienne, Puits Verpilloux, en poussière.

Durée de l'exposition à l'air (en jours)



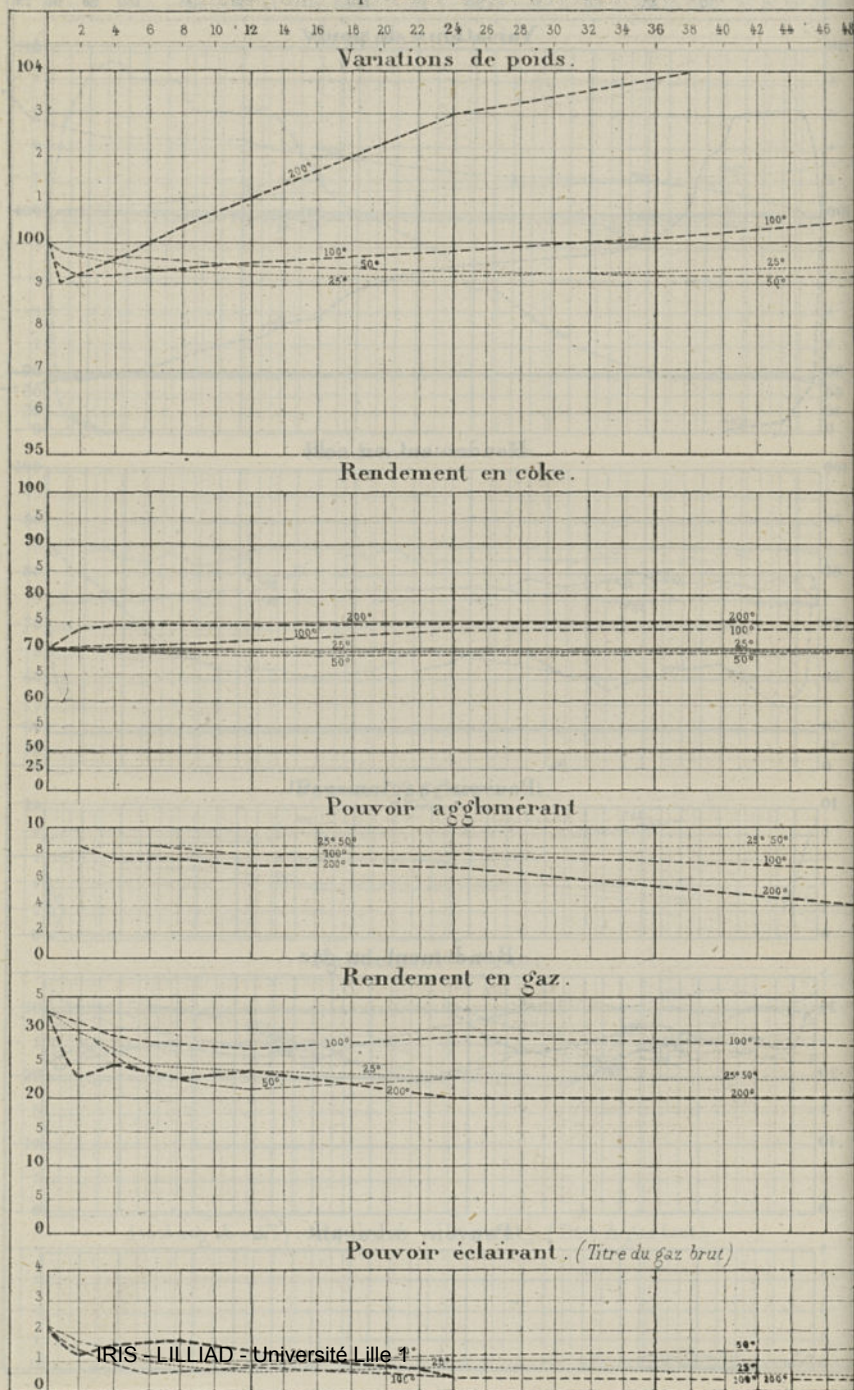
Houille de St Etienne, Puits du Treuil, en poussière.

Durée de l'exposition à l'air (en jours)



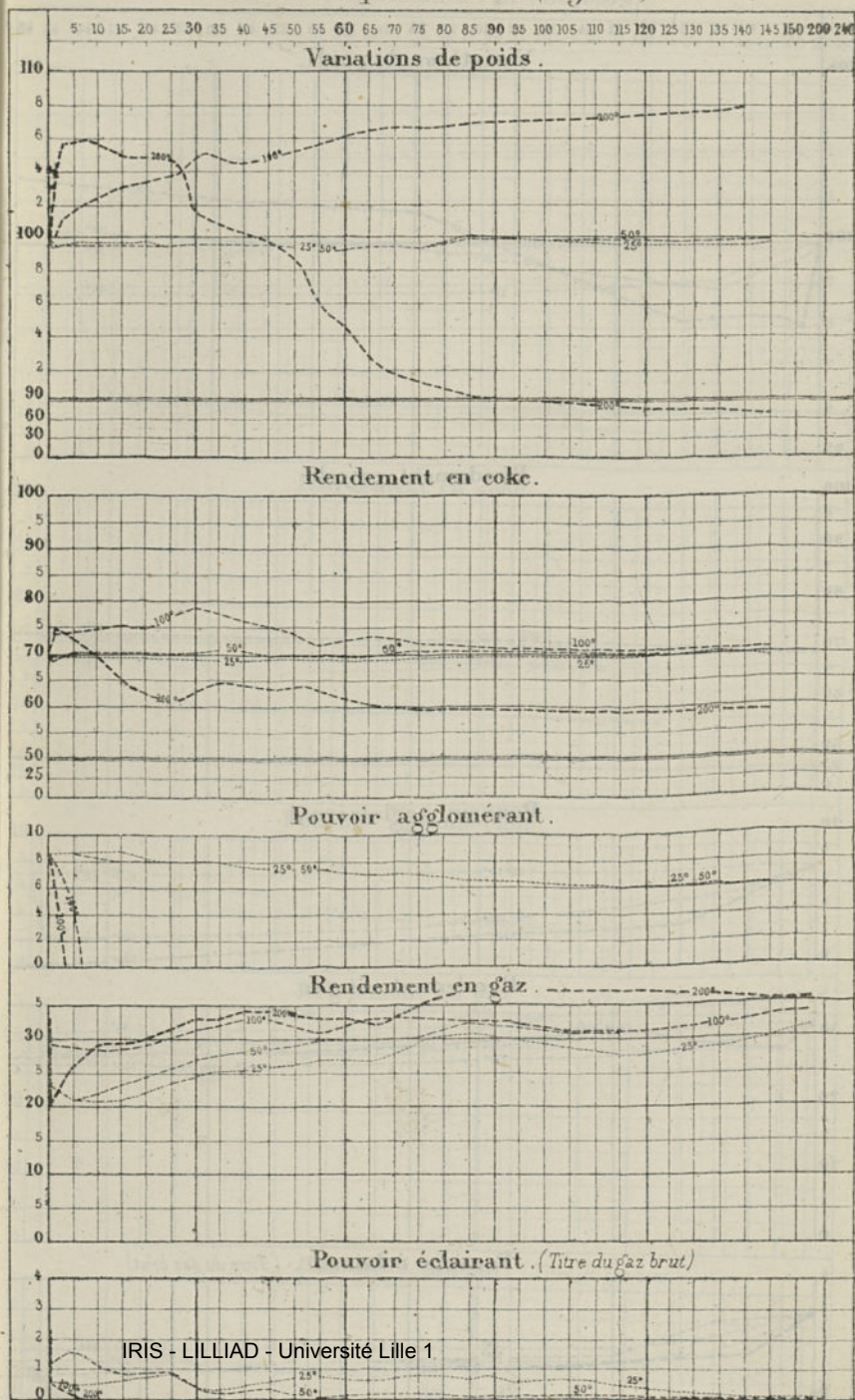
Houille anglaise, West-Leverson, en poussière.

Durée de l'exposition à l'air (en heures).



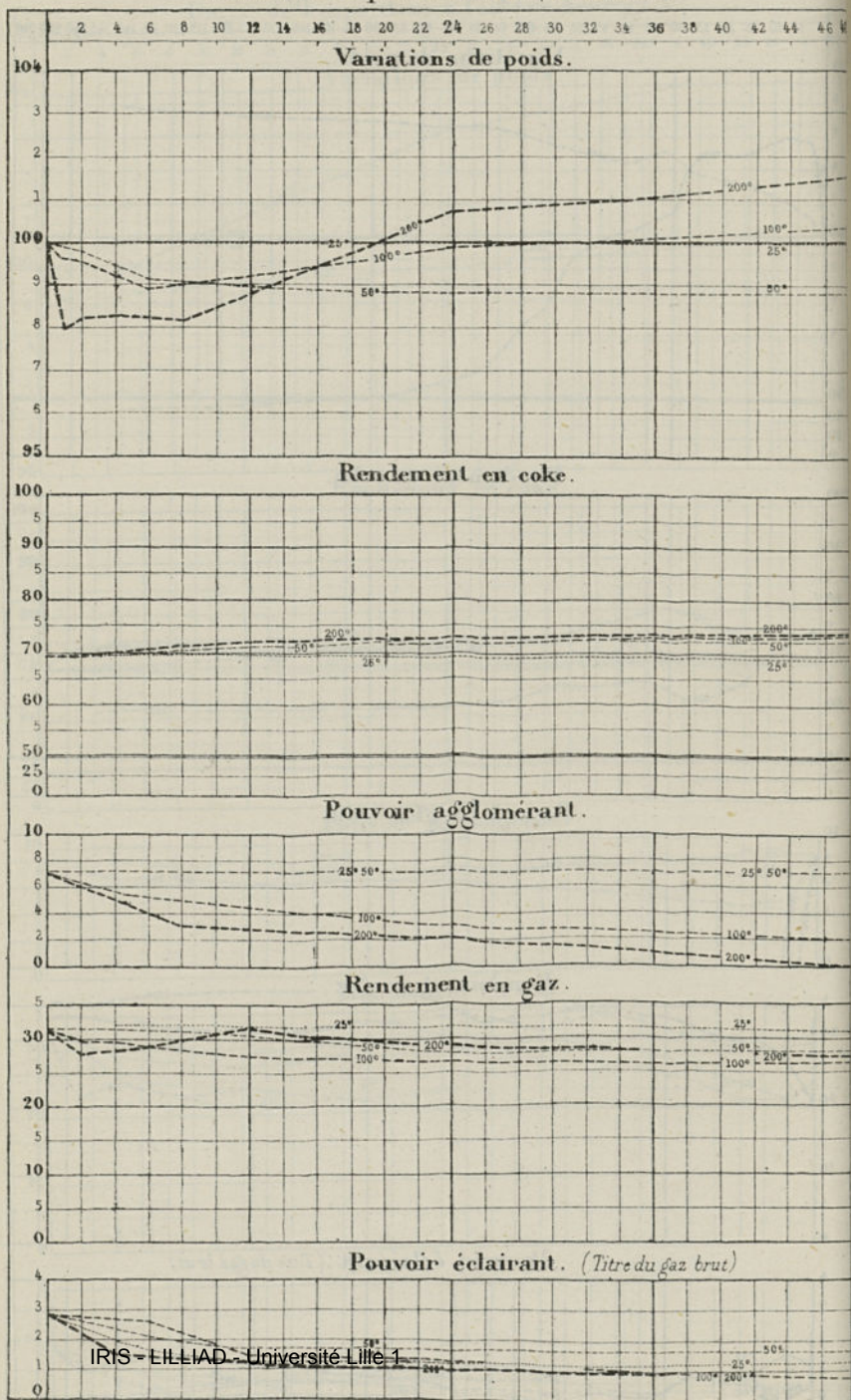
Houille anglaise, West-Levenson, en poussière.

Durée de l'exposition à l'air (en jours).



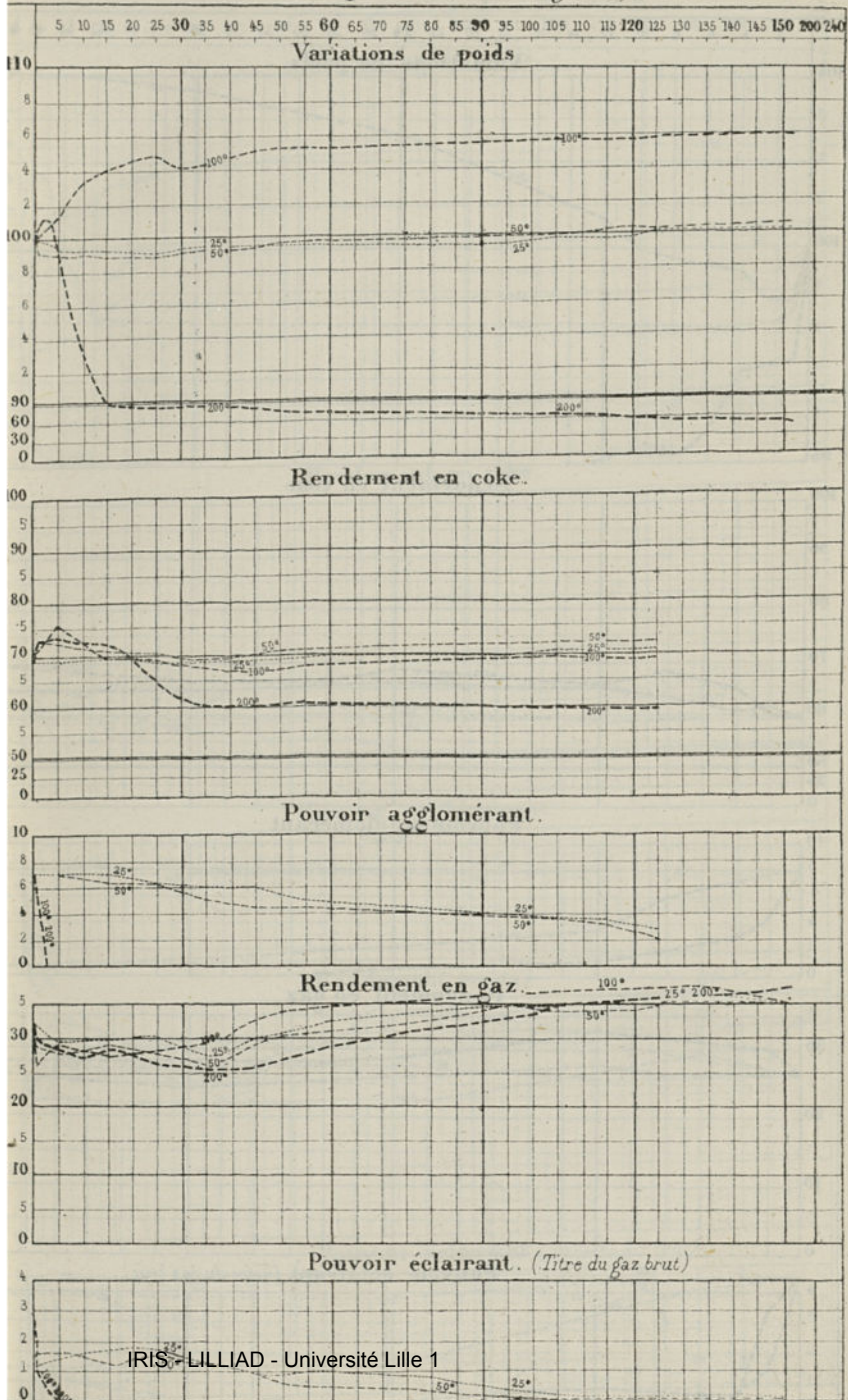
Houille allemande, Alma, en poussière.

Durée de l'exposition à l'air (en heures).



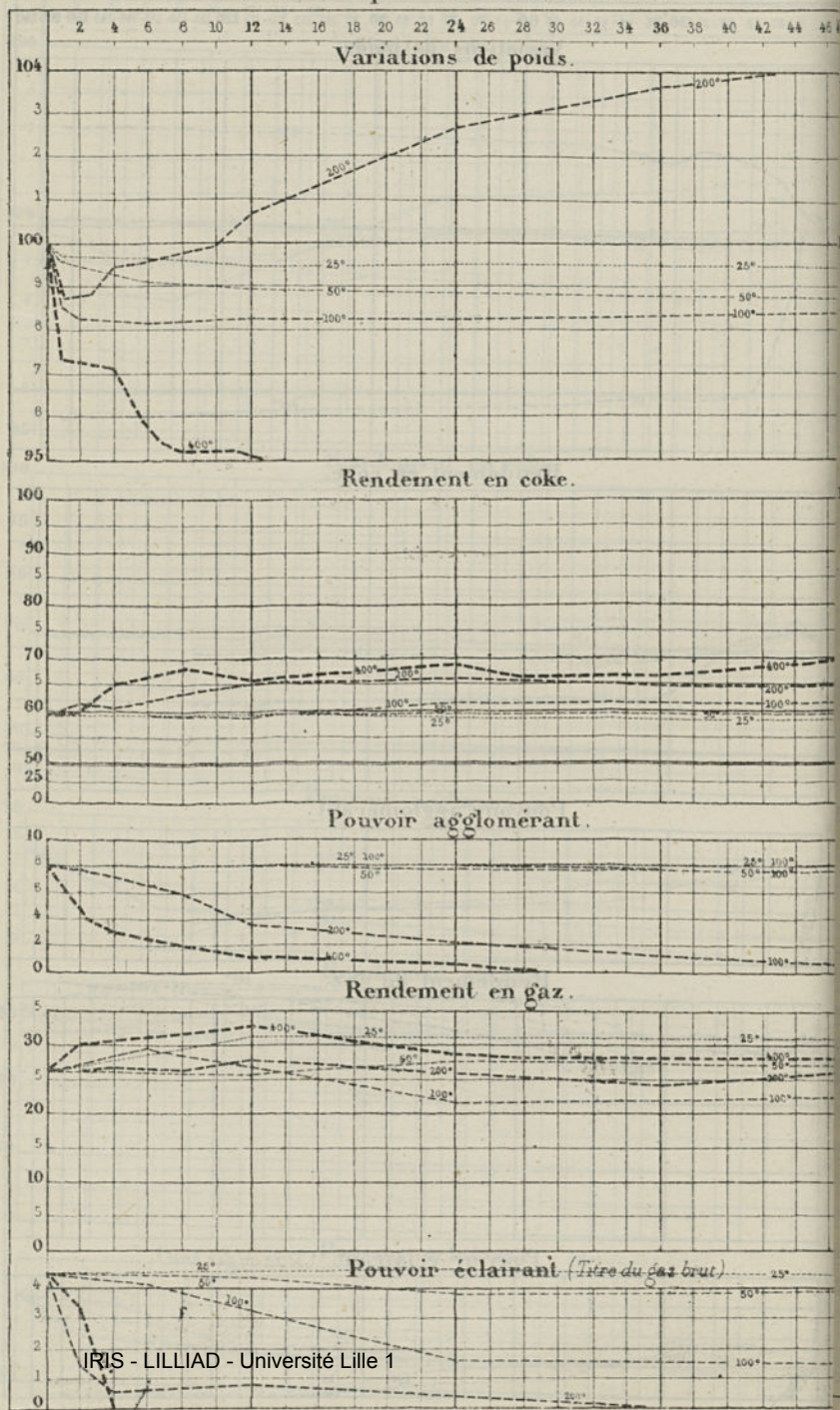
Houille allemande, Alma, en poussière.

Durée de l'exposition à l'air (en jours).



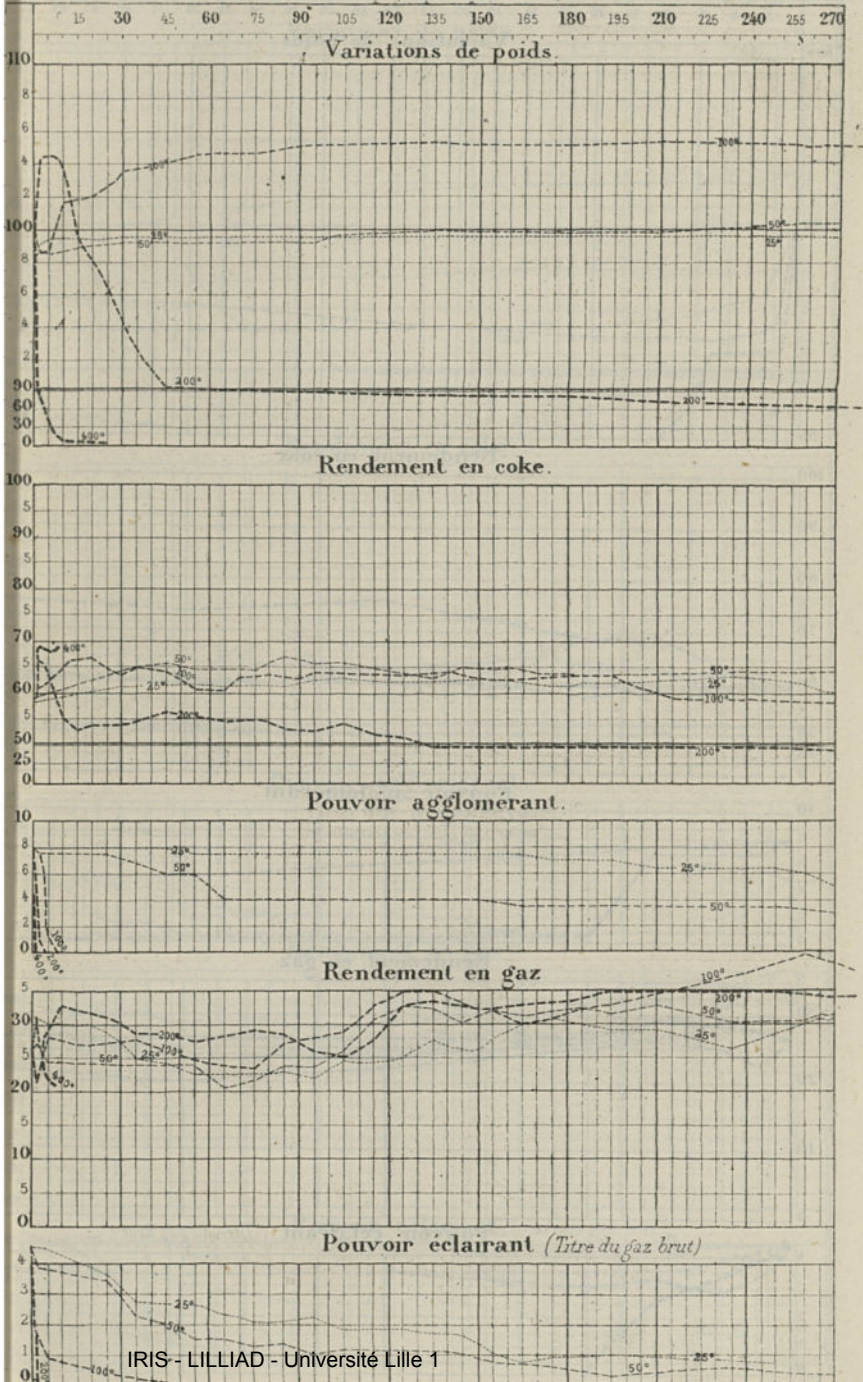
Houille de Commentry, en poussière.

Durée de l'exposition à l'air (en heures).



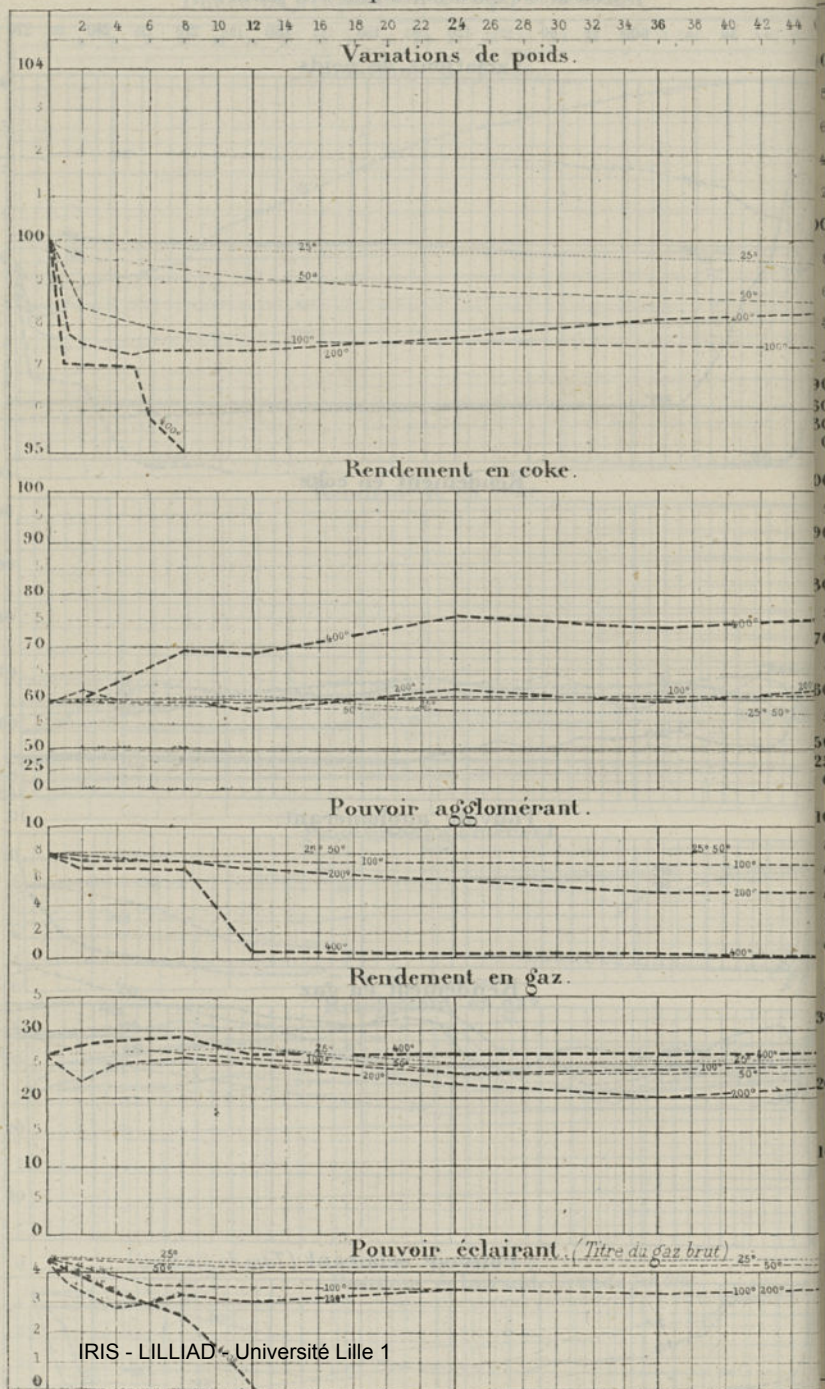
Houille de Commentry, en poussière.

Durée de l'exposition à l'air (en jours).



Houille de Commentry, en grains.

Durée de l'exposition à l'air (en heures)

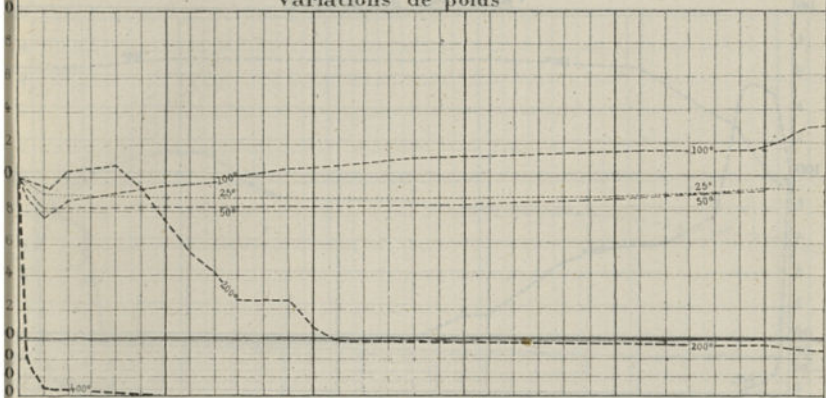


Houille de Commeny, en grains.

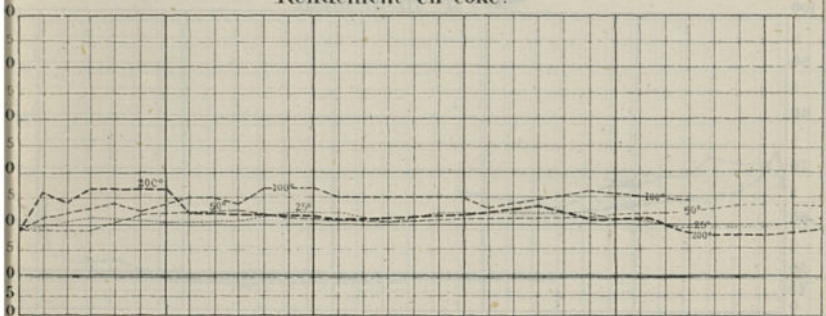
Durée de l'exposition à l'air (en jours)

5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100 105 110 115 120 125 130 135 140 145 150 200 240

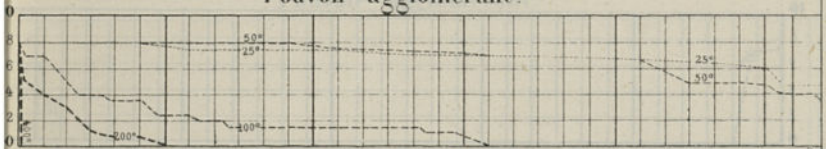
Variations de poids



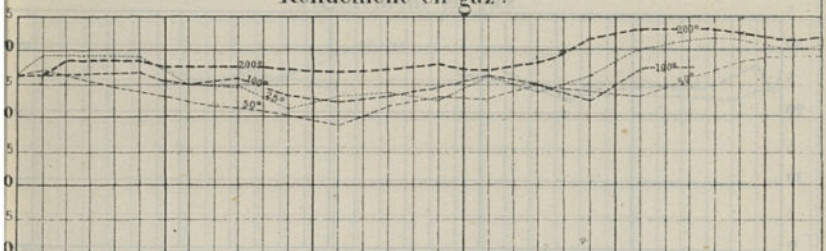
Rendement en coke.



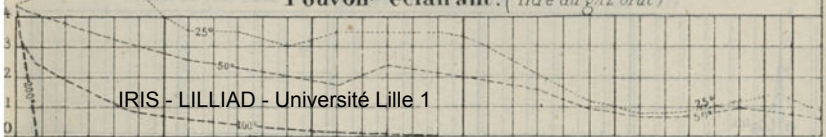
Pouvoir agglomérant.



Rendement en gaz.

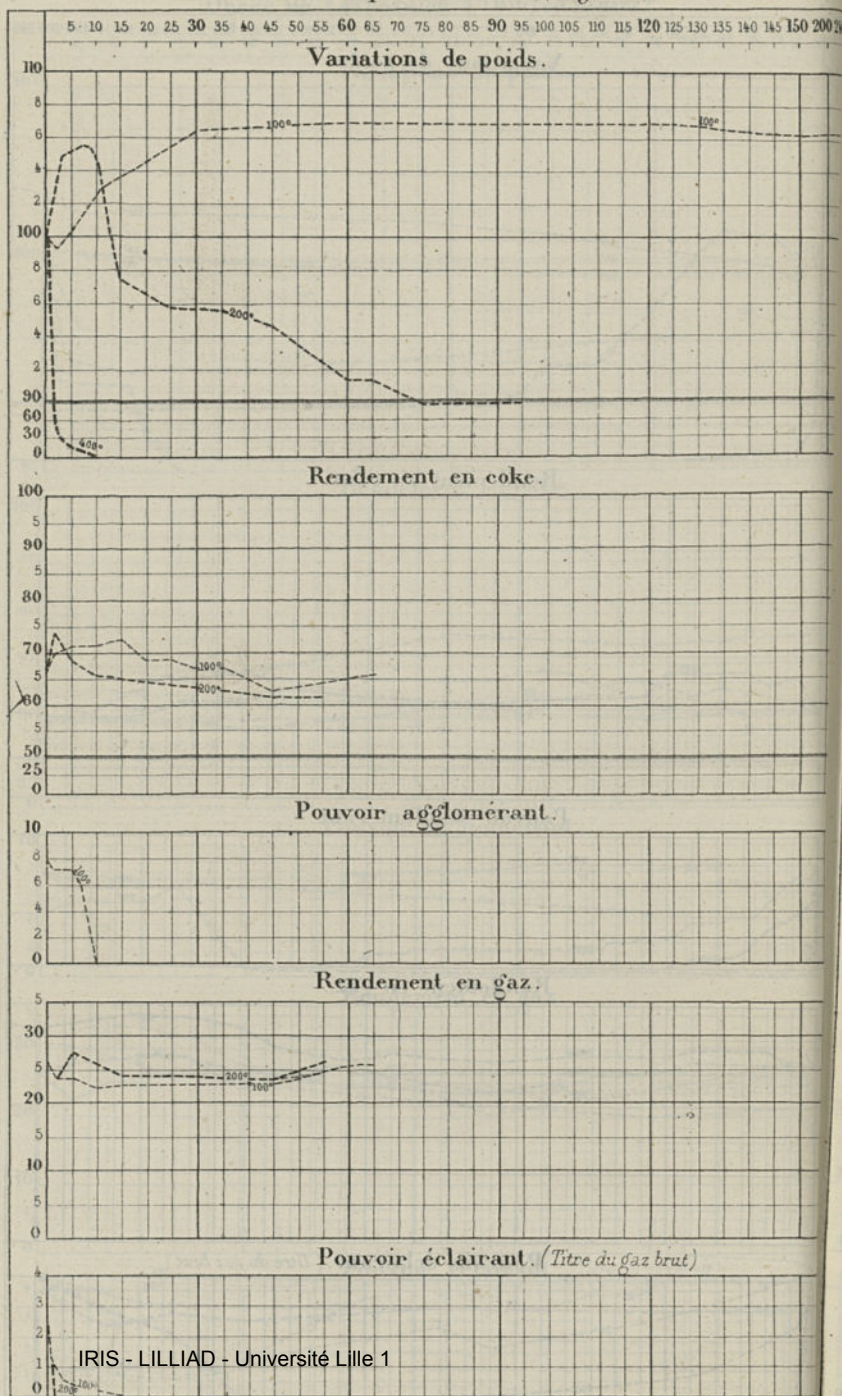


Pouvoir éclairant. (Titre du gaz brut)



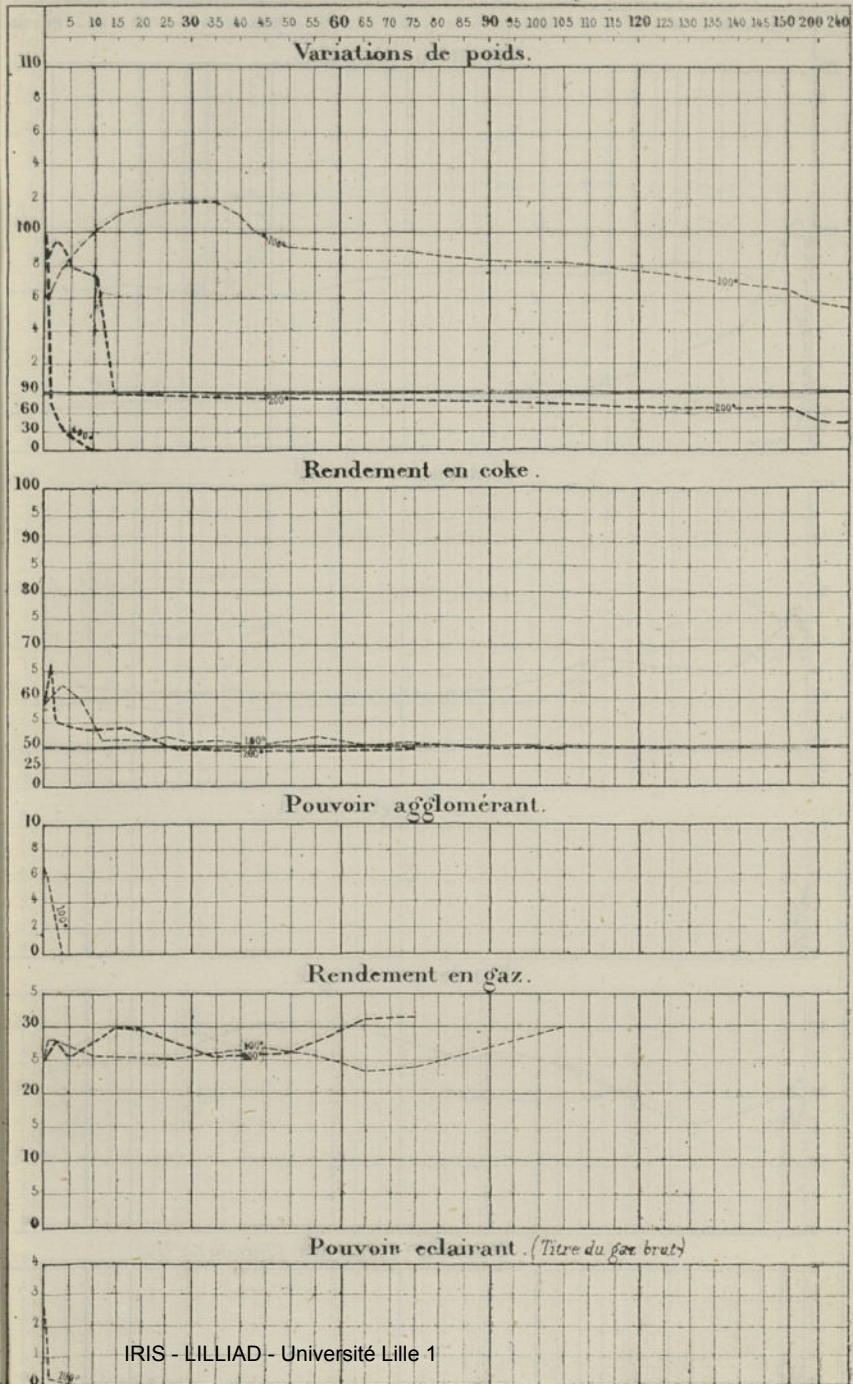
Houille de la Béraudière, Grande couche, en poussière.

Durée de l'exposition à l'air (en jours).



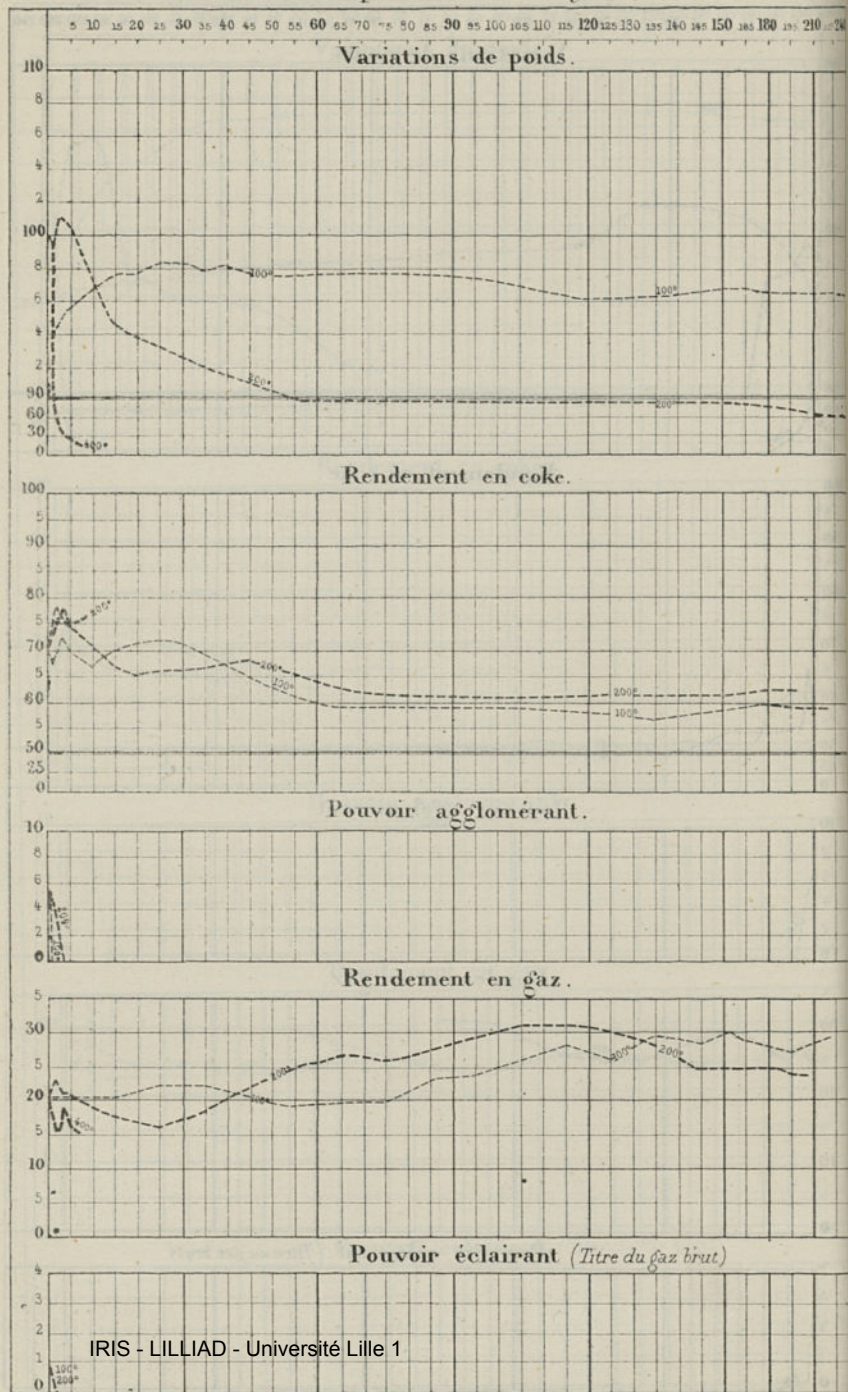
Houille de Blanzy, Puits S^t François, en poussière.

Durée de l'exposition à l'air (en jours).



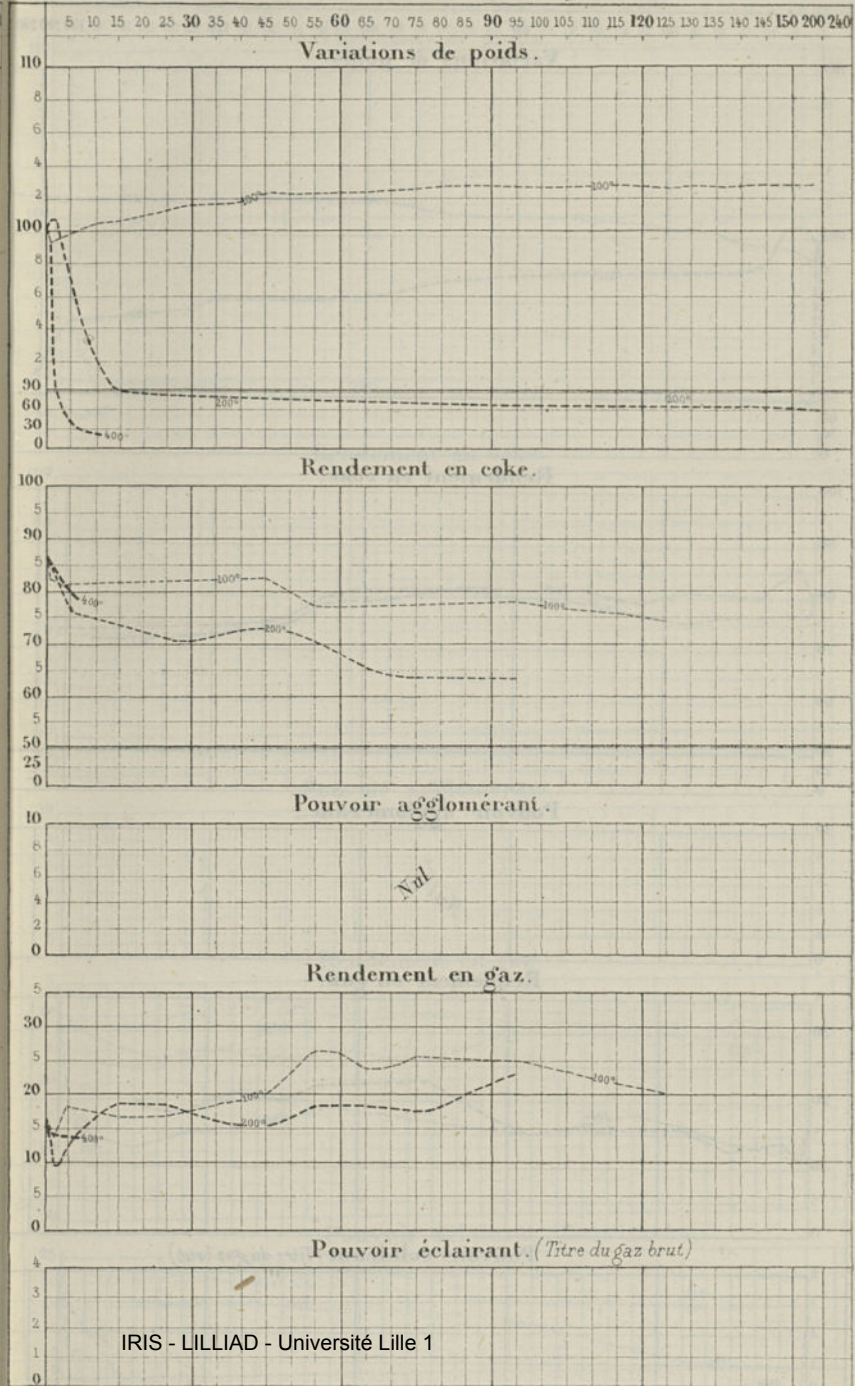
Houille de Buxière-la-Grue, en poussière.

Durée de l'exposition à l'air (en jours).



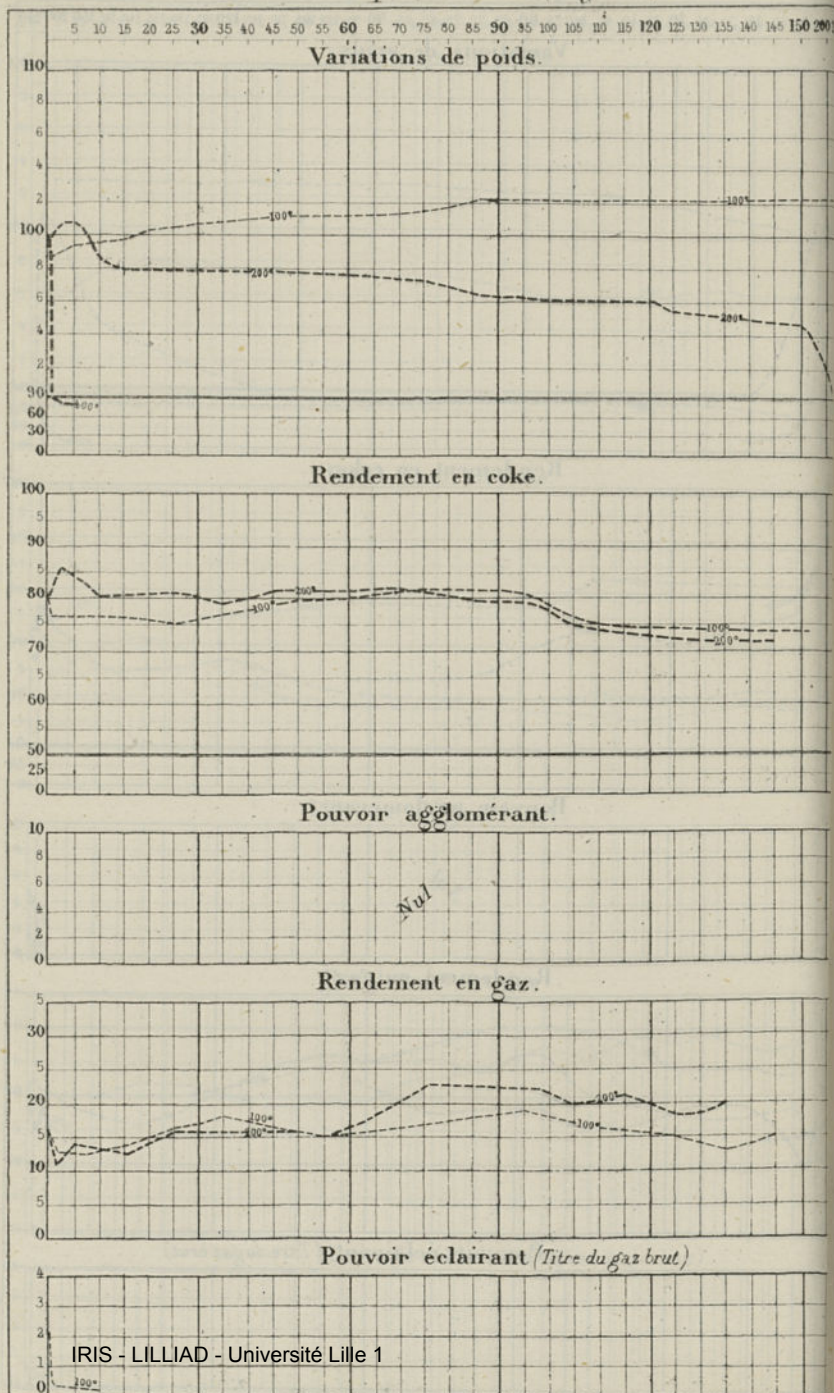
Fusain, Commentry, en poussière.

Durée de l'exposition à l'air (en jours).

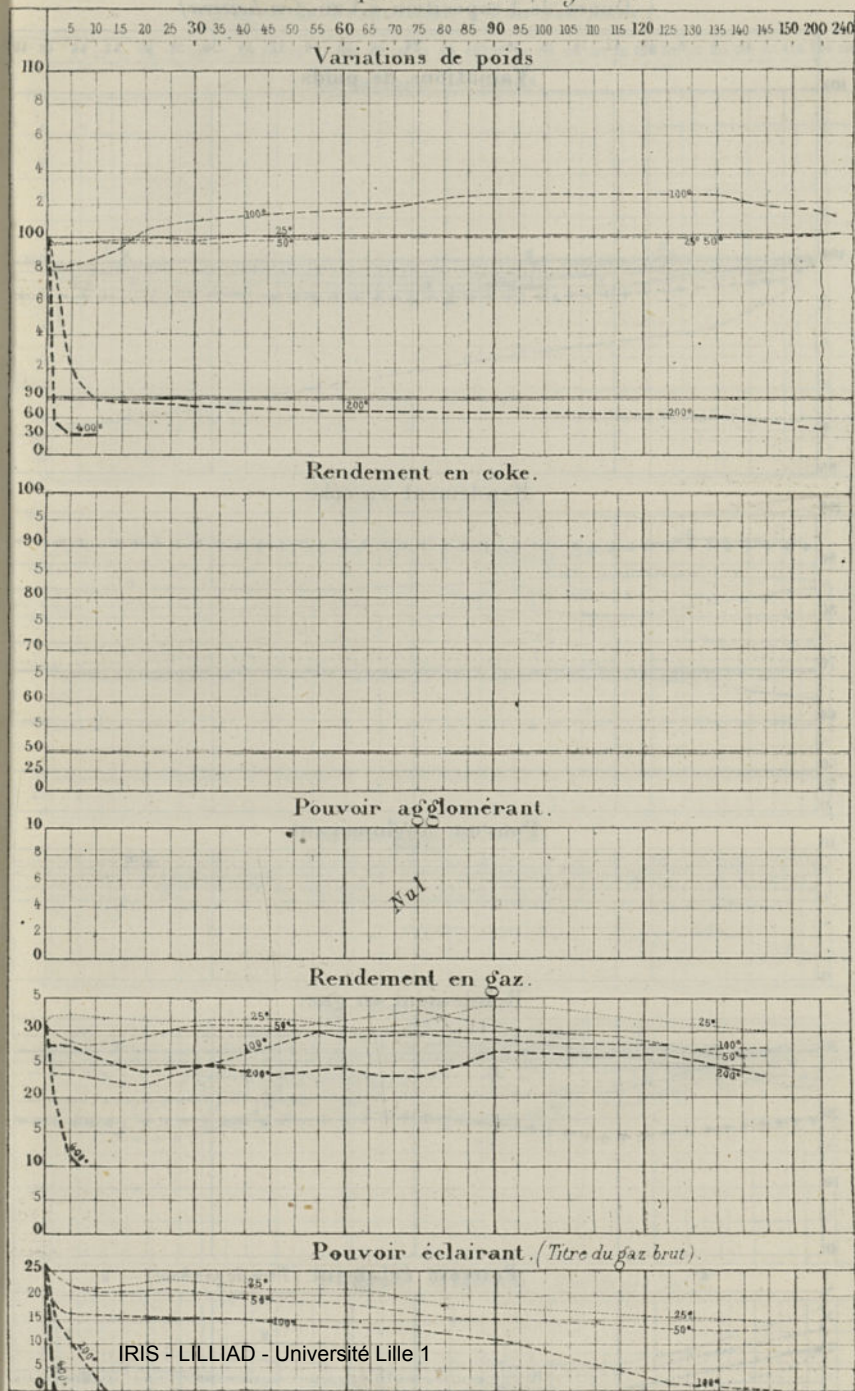


Schistes bitumineux de Buxière-la-Grue, en poussière.

Durée de l'exposition à l'air (en jours)

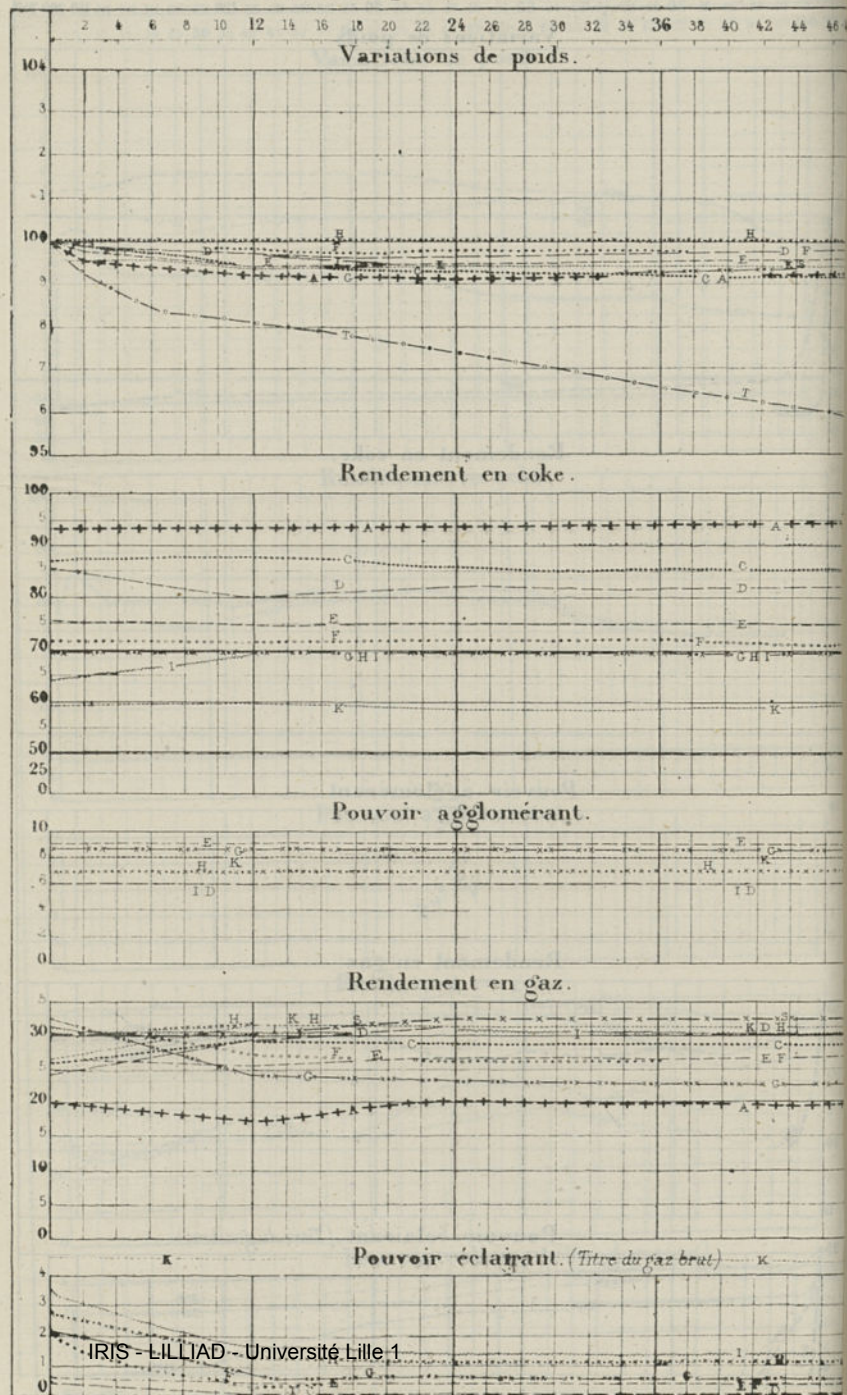


41
Bog-head, Anglais, en poussière.
 Durée de l'exposition à l'air (en jours).



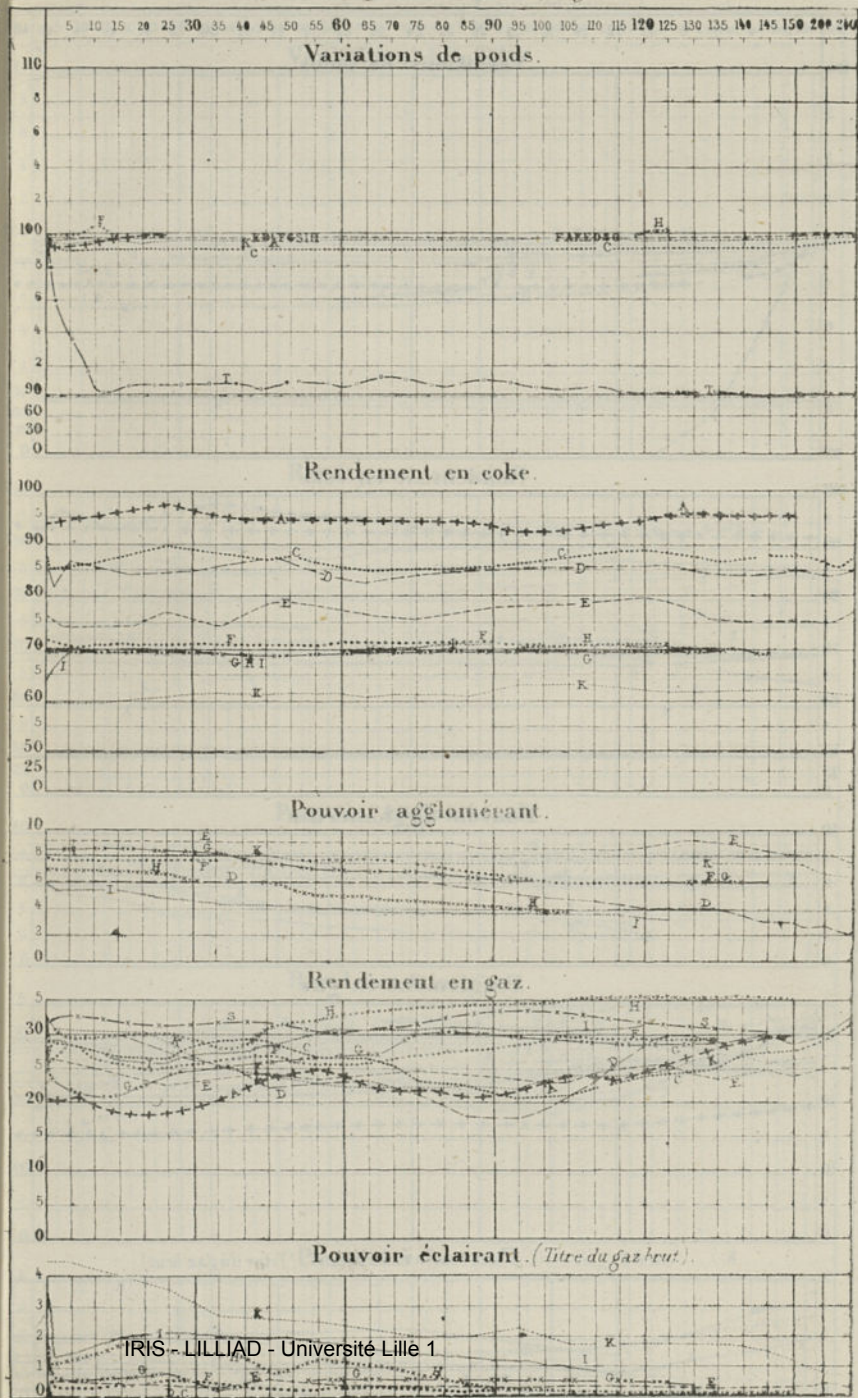
Etuve à 25°, en poussière.

Durée de l'exposition à l'air (en heures)



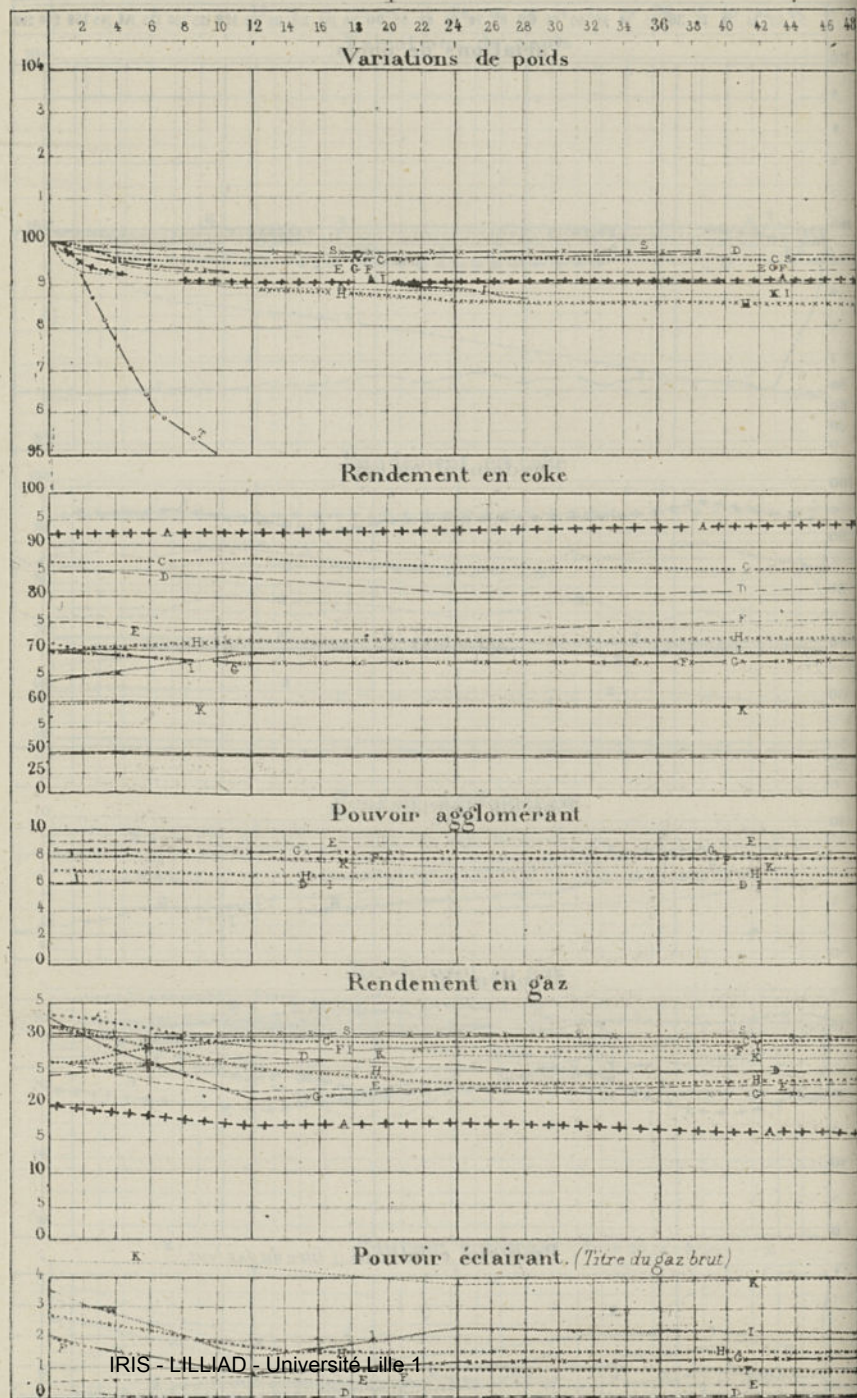
Étuve à 25°, en poussière.

Durée de l'exposition à l'air (en jours).



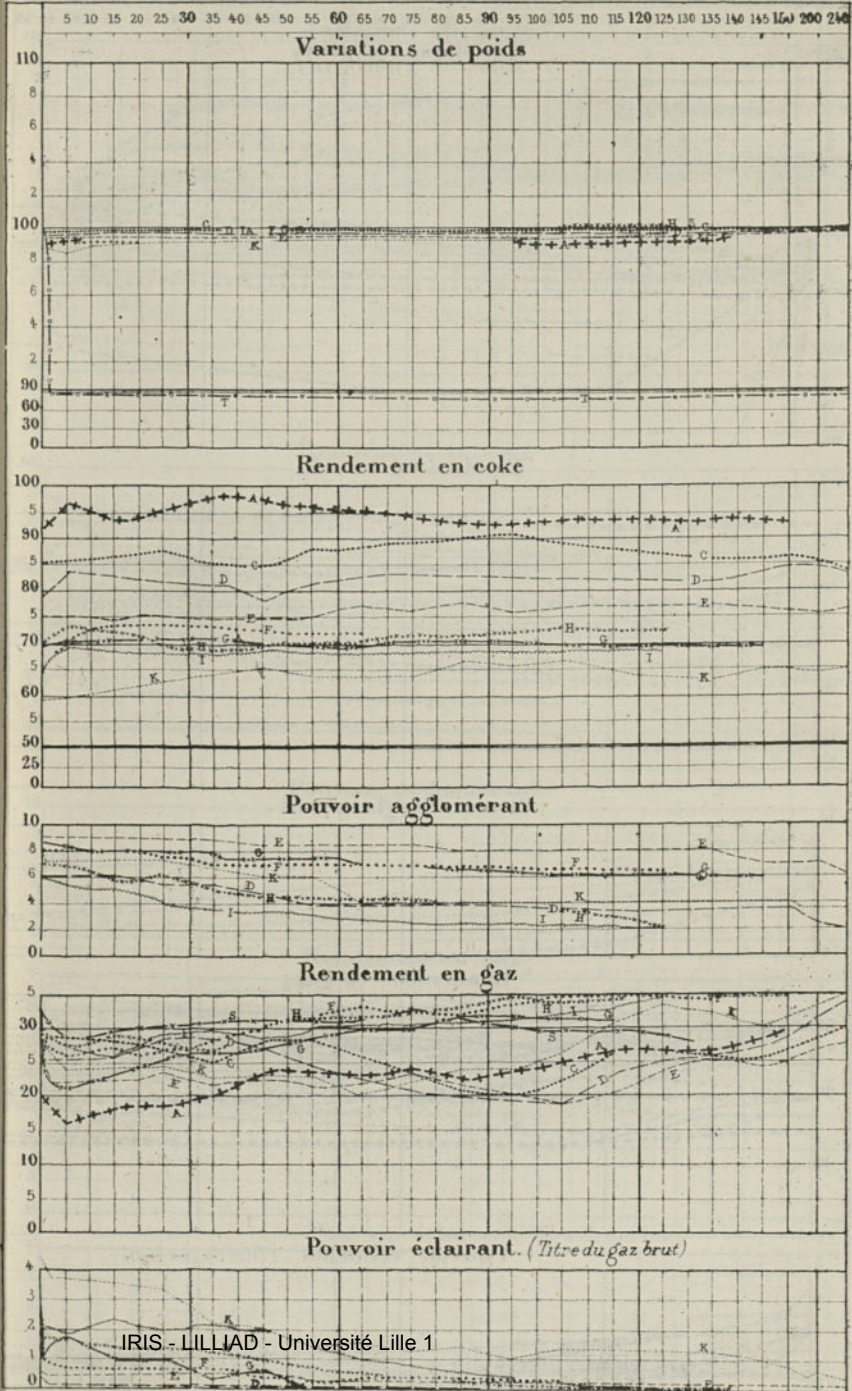
Etuve à 50° en poussière.

Durée de l'exposition à l'air (en heures).



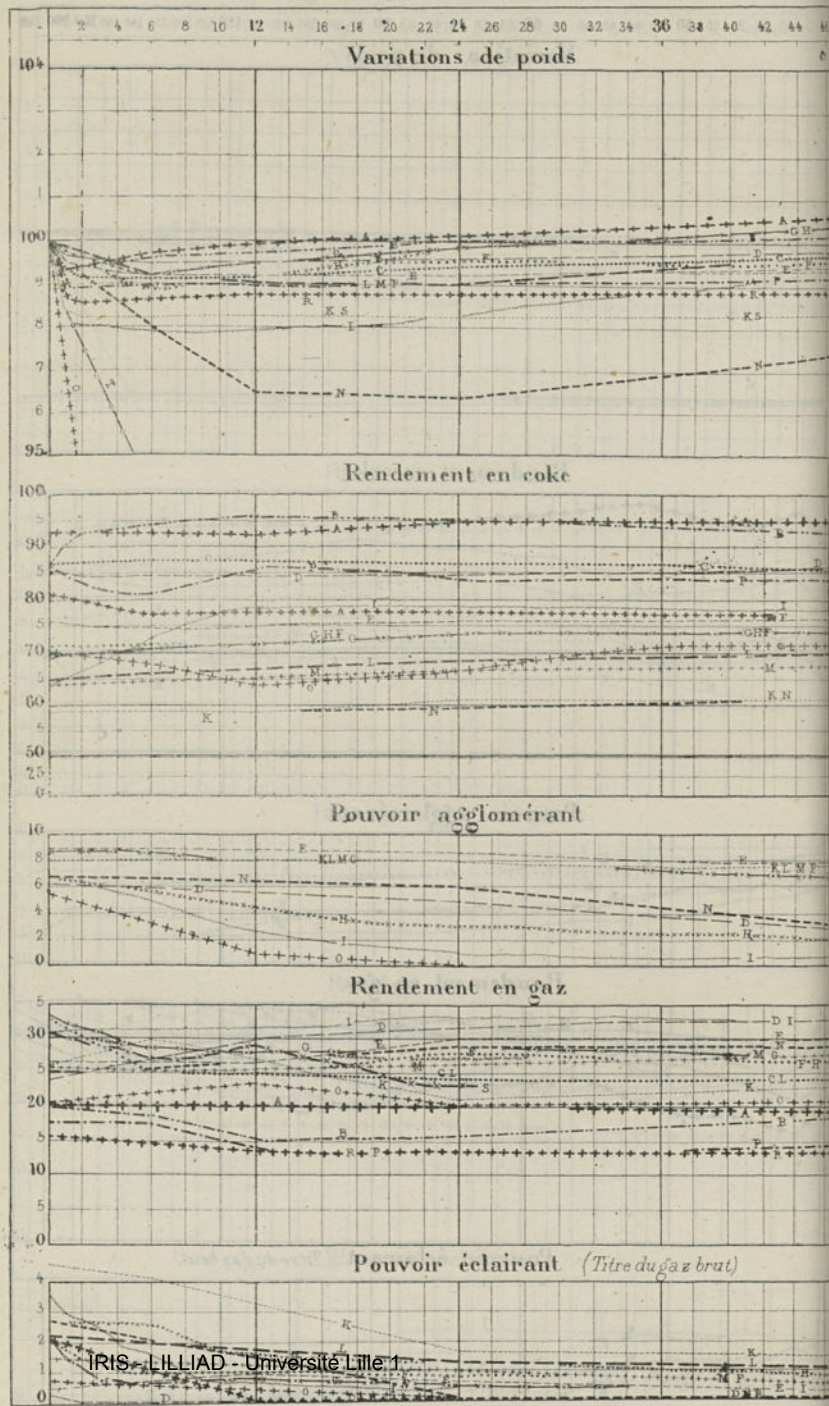
Etuve à 50° en poussière.

Durée de l'exposition à l'air (en jours)



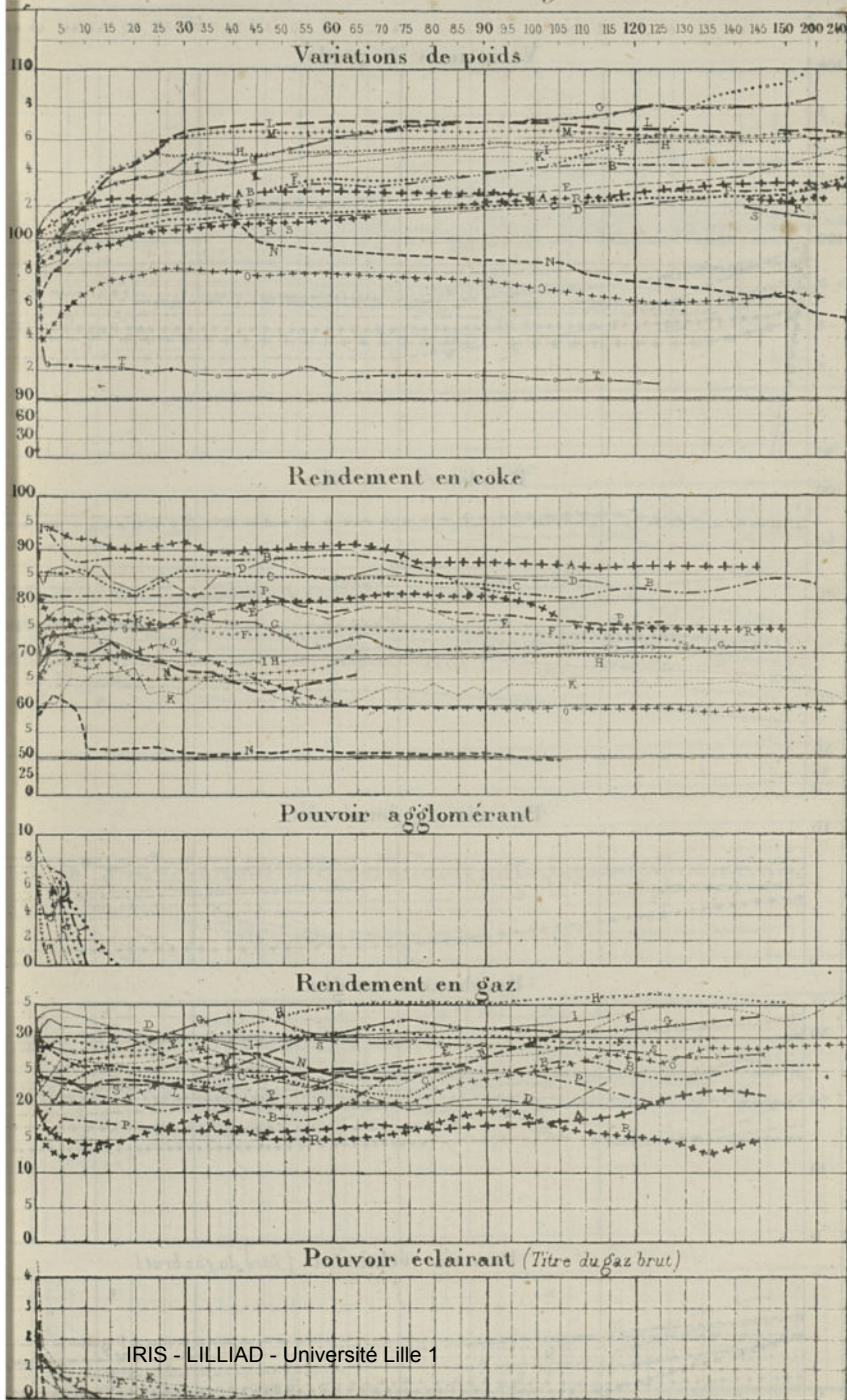
Etuve à 100° en poussière.

Durée de l'exposition à l'air (en heures)



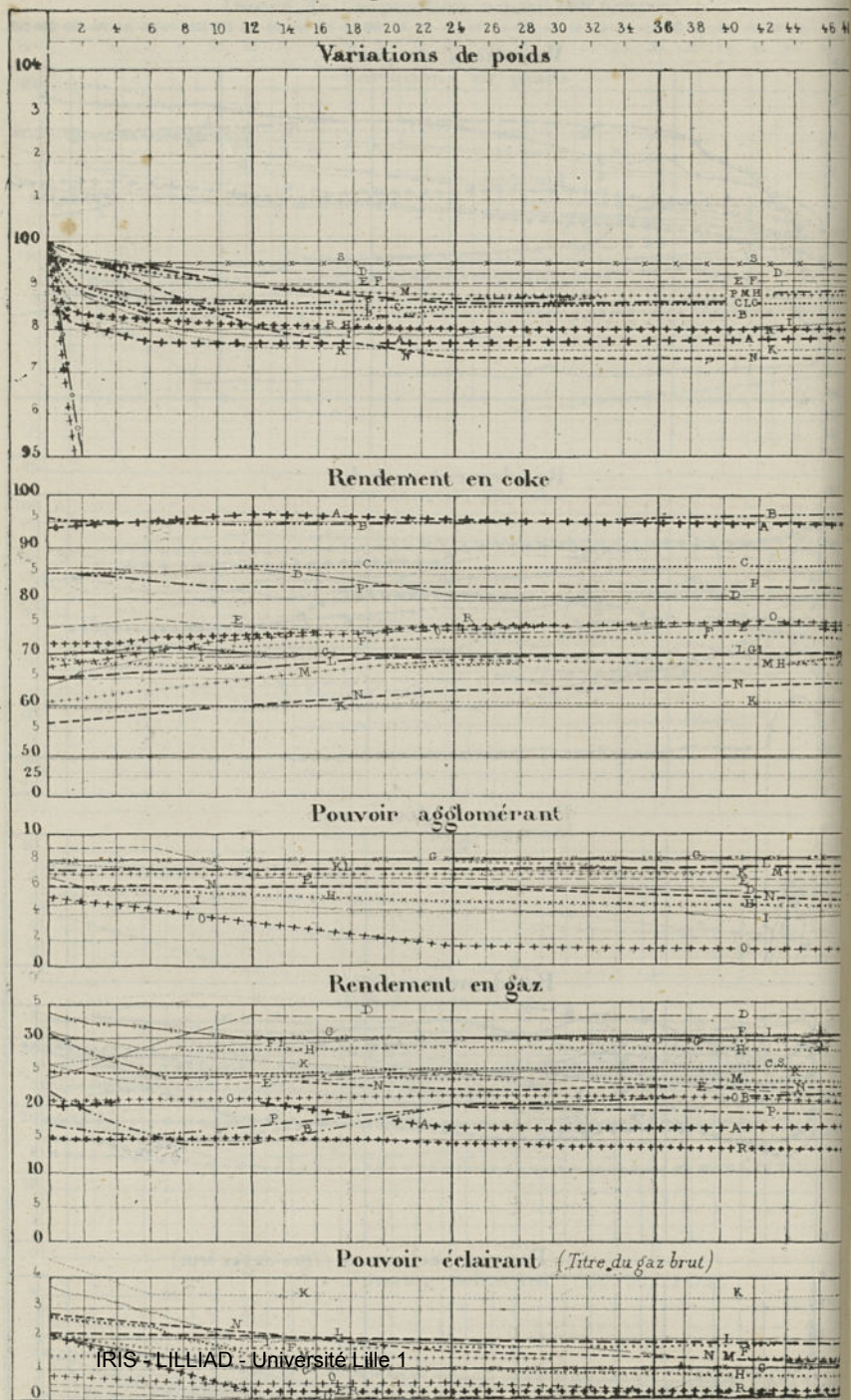
Étuve à 100° en poussière.

Durée de l'exposition à l'air (en jours)



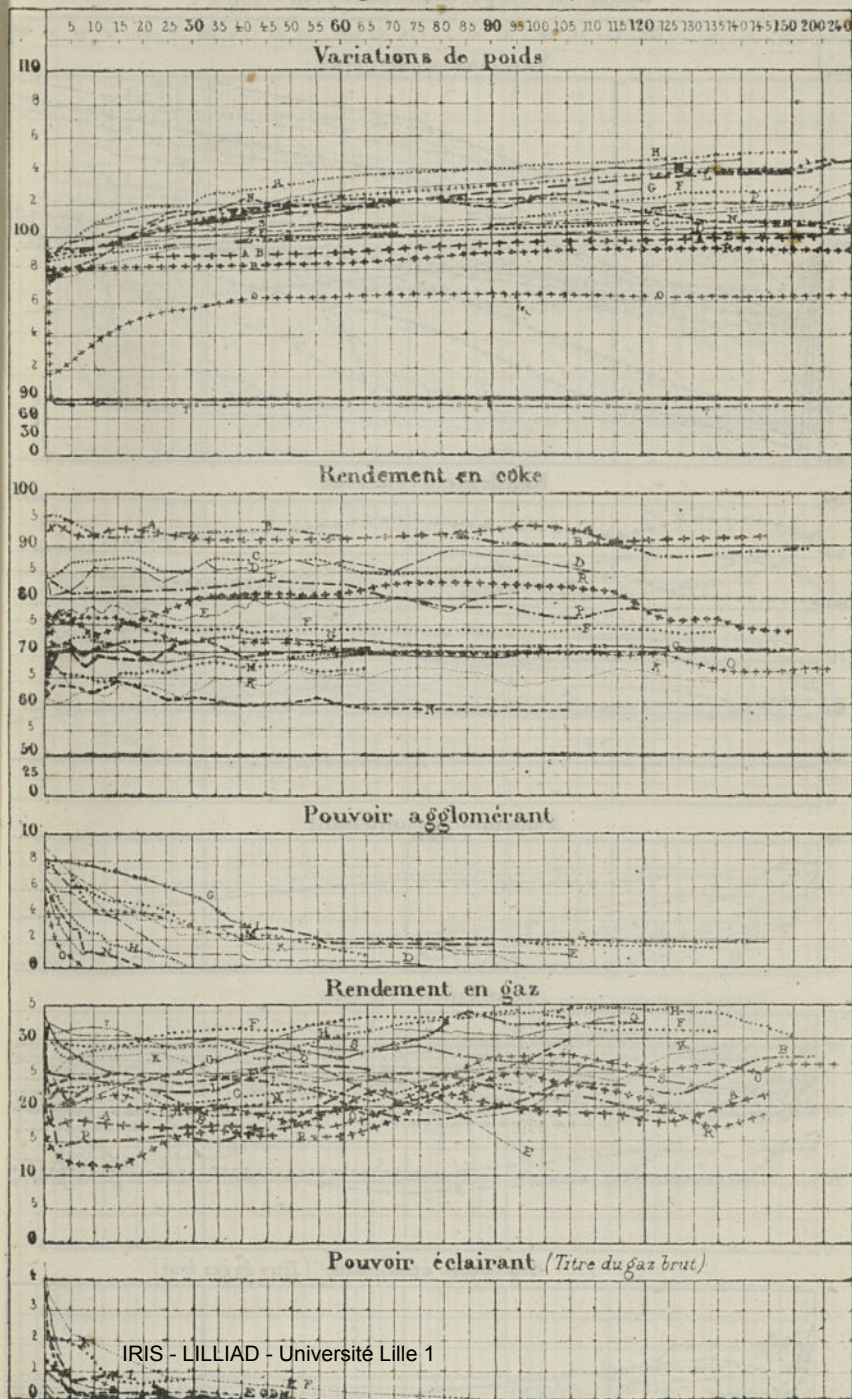
Etuve à 100°, en grains.

Durée de l'exposition à l'air (en heures)



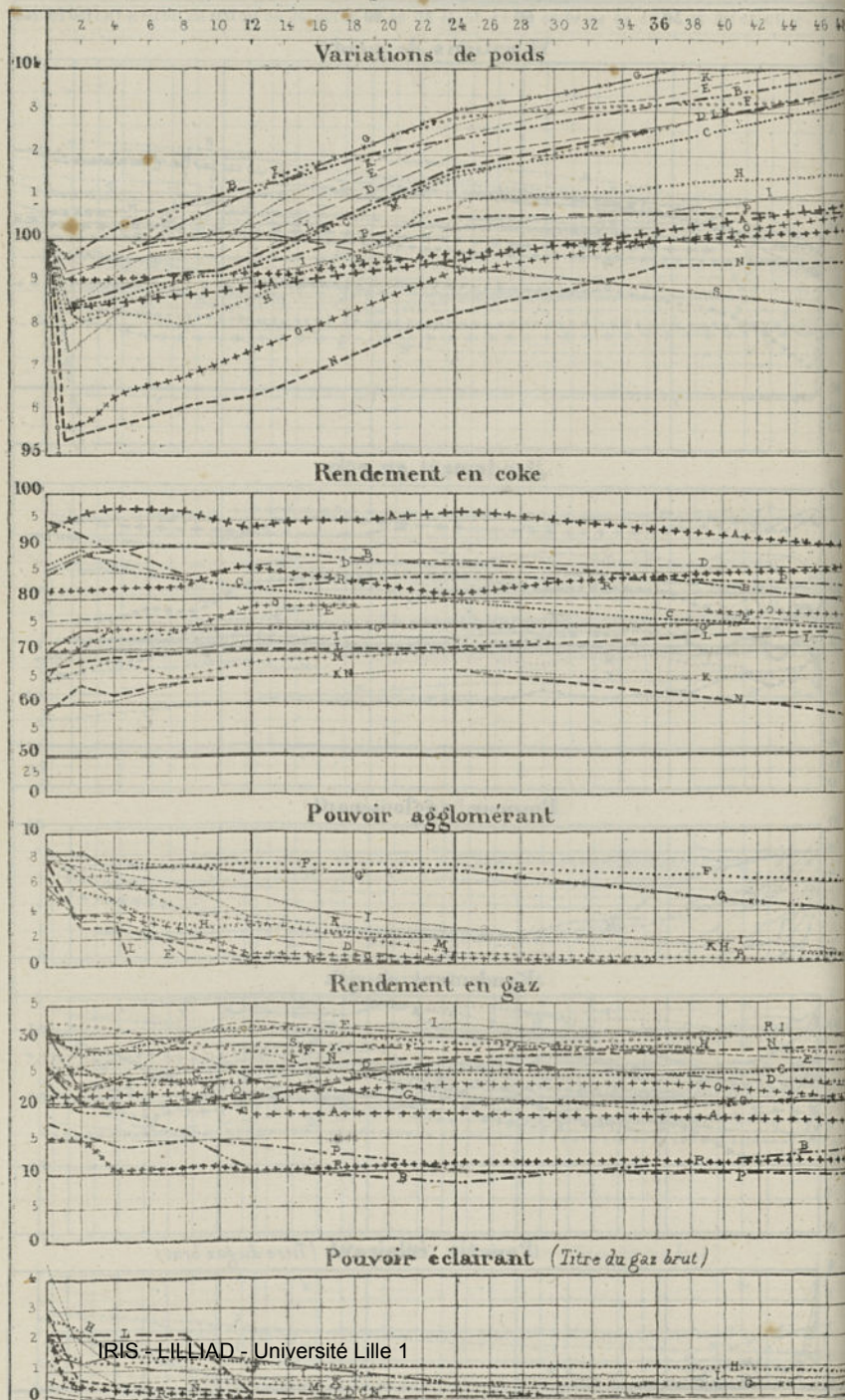
Etuve à 100°, en grains.

Durée de l'exposition à l'air (en jours)



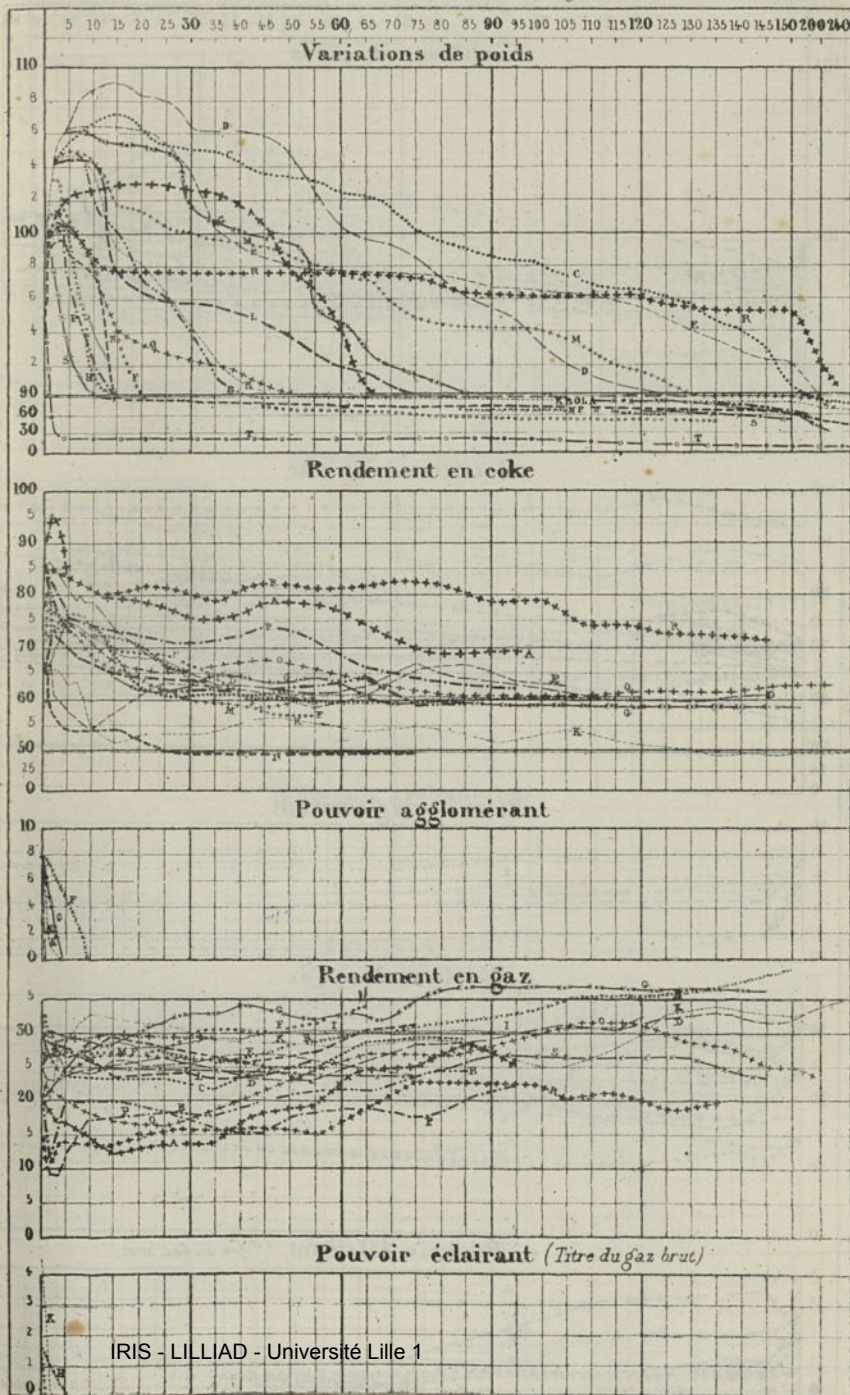
Etuve à 200°, en poussière.

Durée de l'exposition à l'air (en heures)



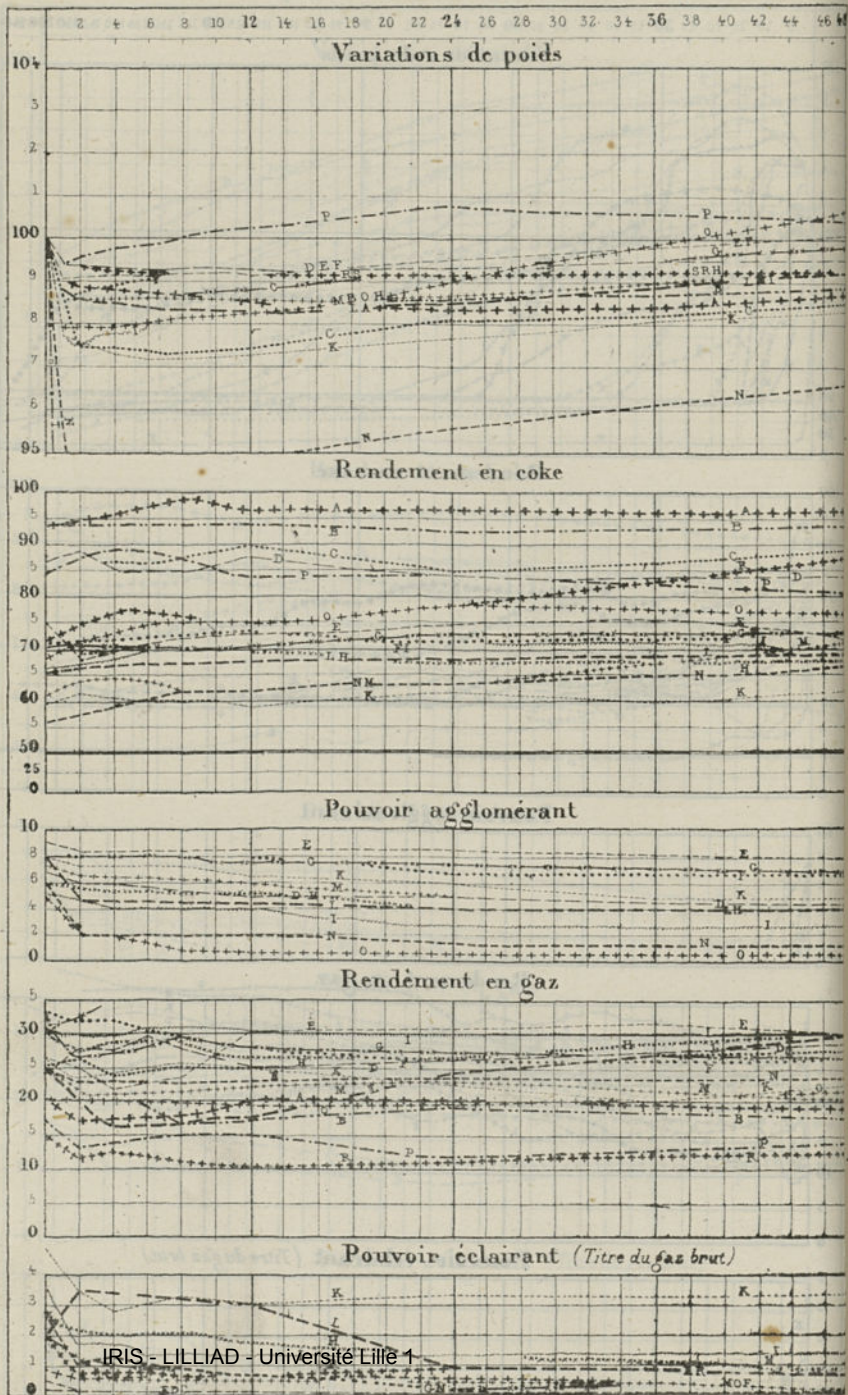
Etuve à 200° en poussière.

Durée de l'exposition à l'air (en jours)



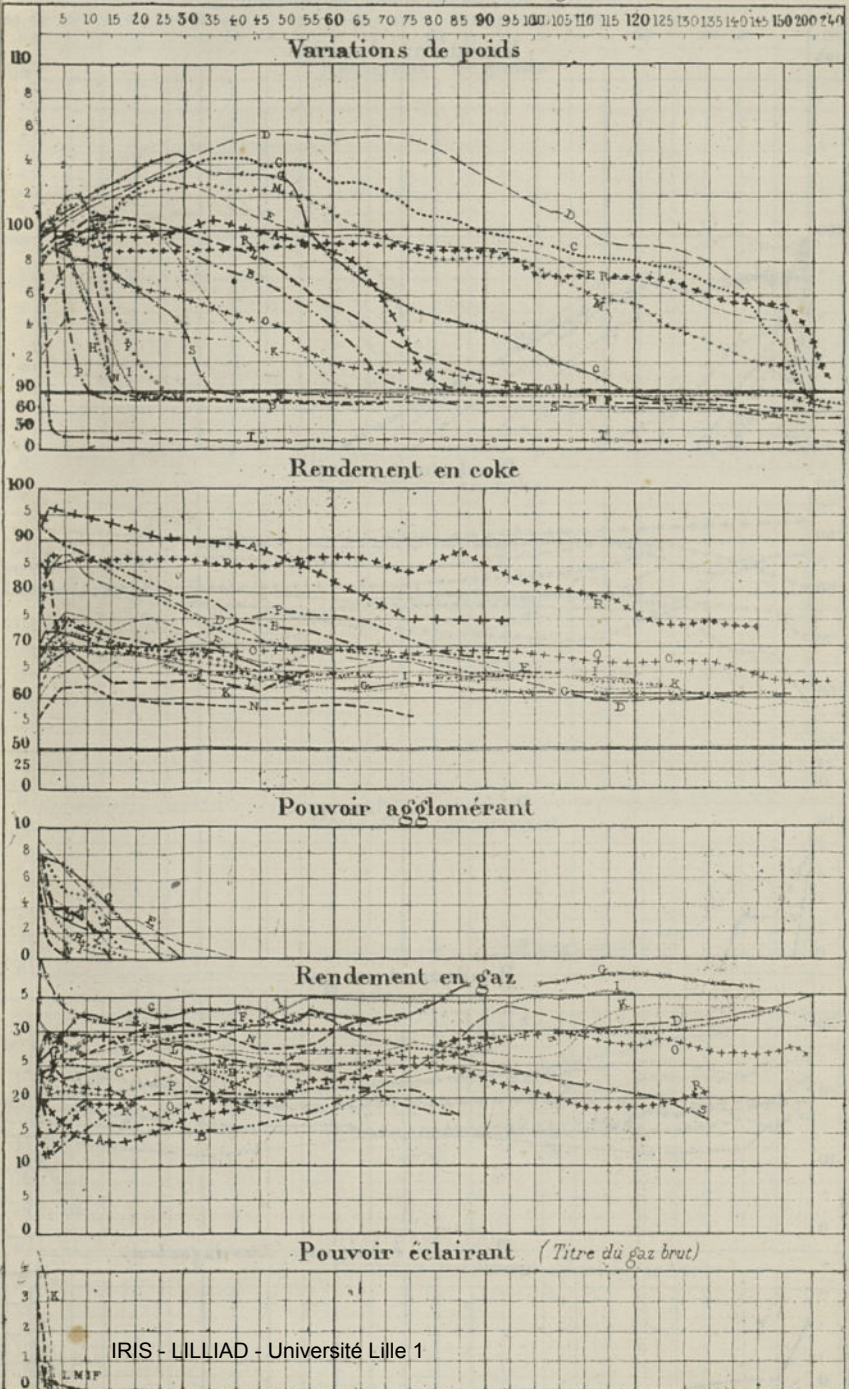
Etuve à 200°. en grains.

Durée de l'exposition à l'air (en heures)



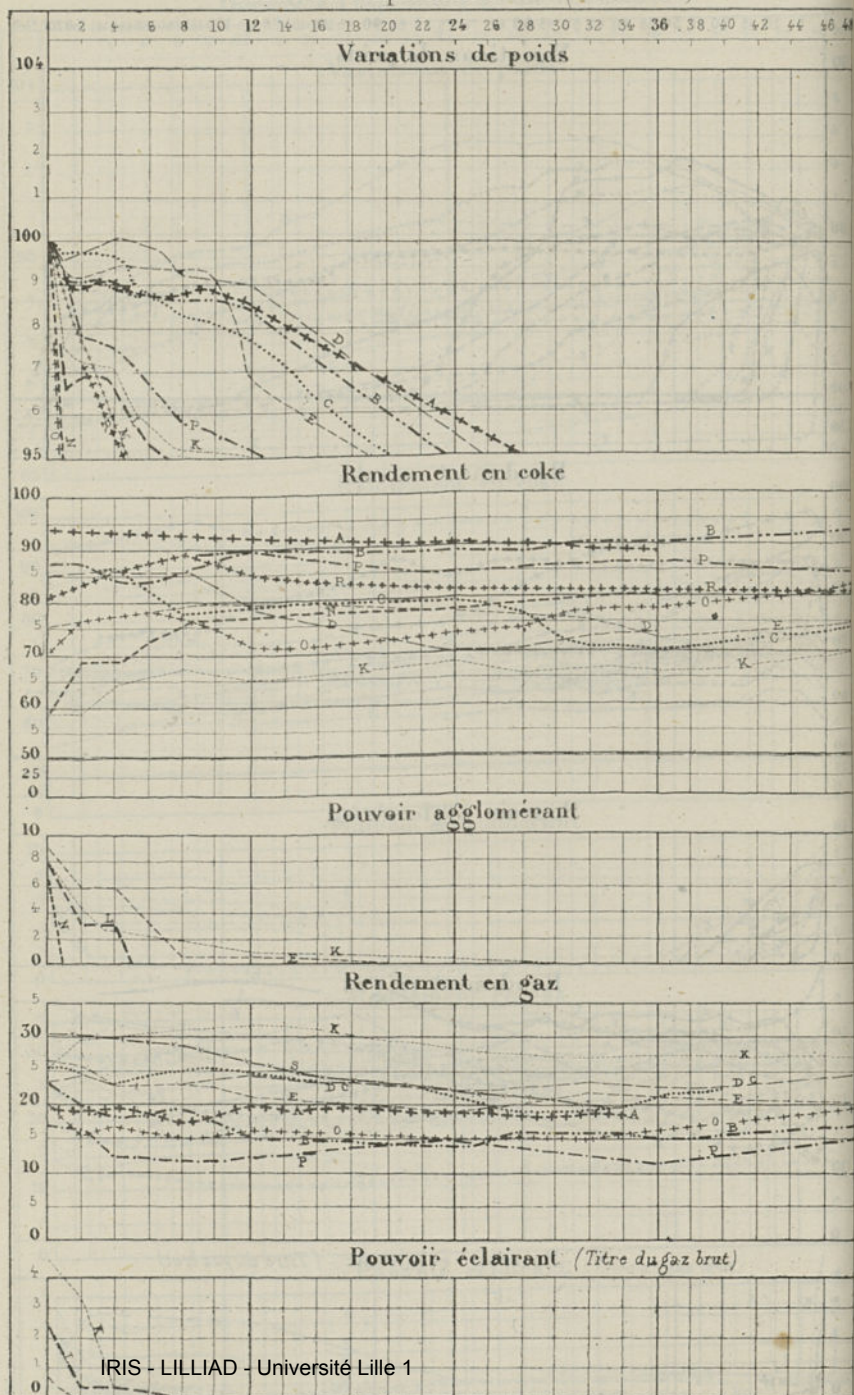
Etuve à 200°, en grains.

Durée de l'exposition à l'air (en jours)



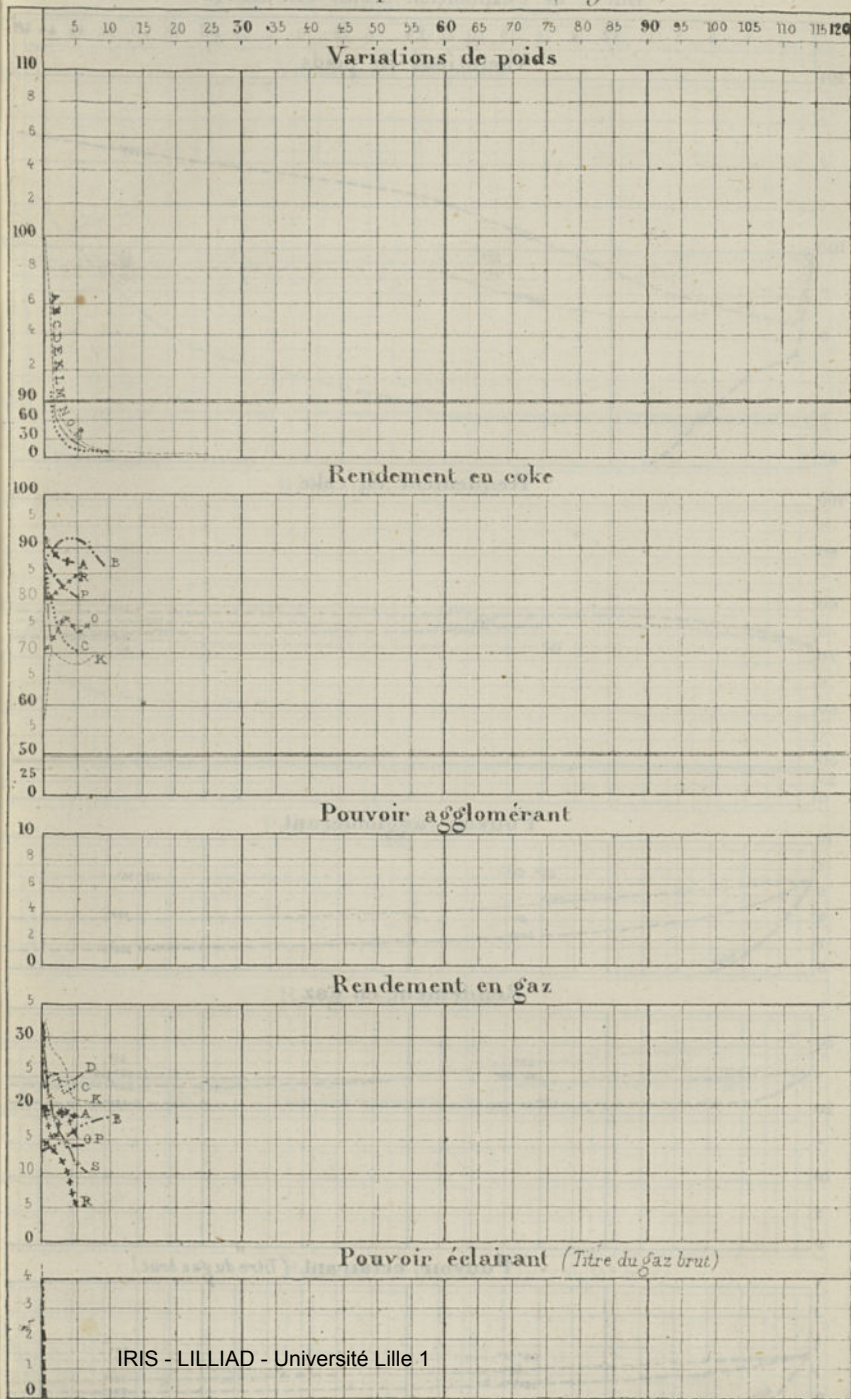
Etuve à 400°, en poussière.

Durée de l'exposition à l'air (en heures)



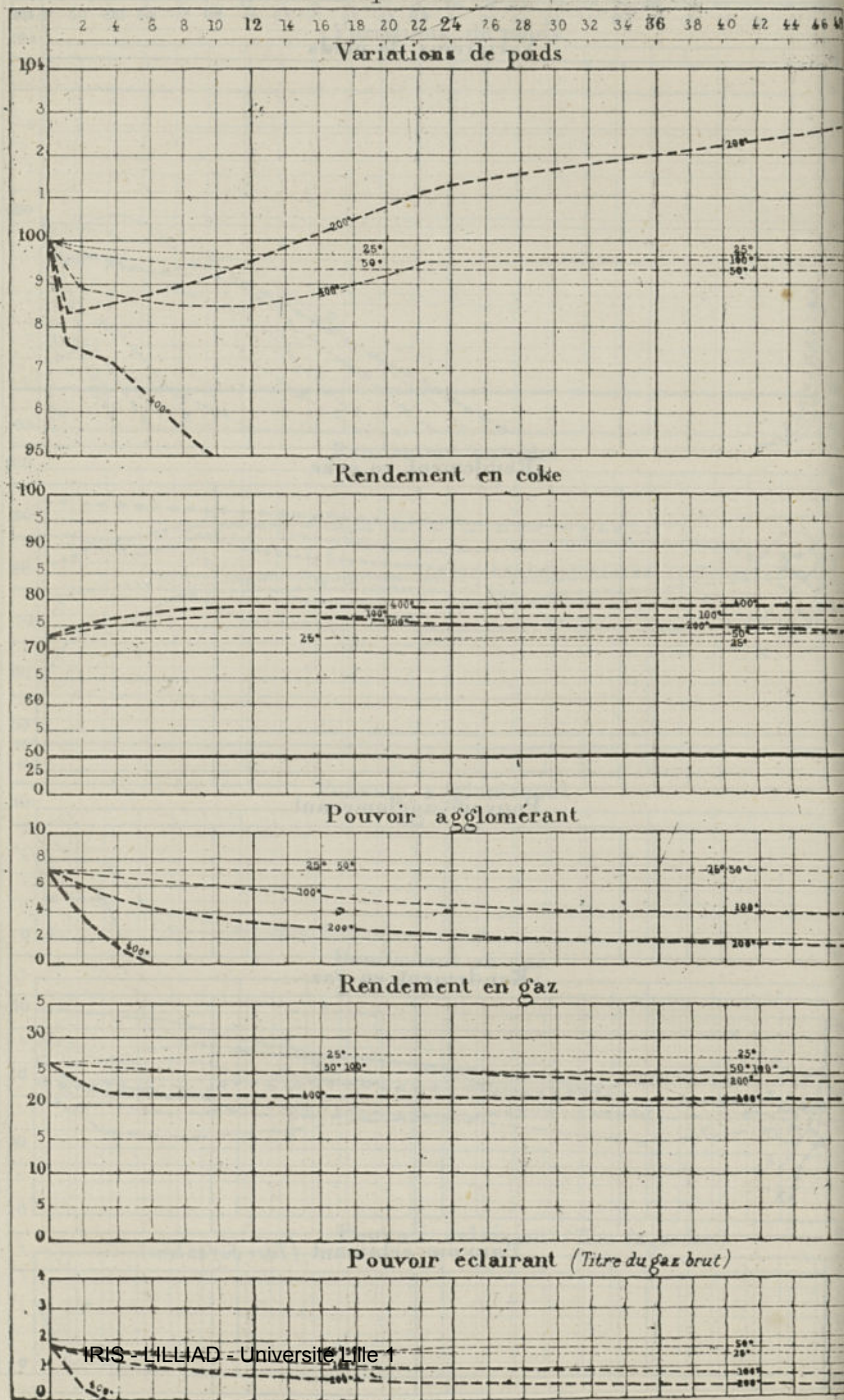
Étuve à 400°, en poussière.

Durée de l'exposition à l'air (en jours)



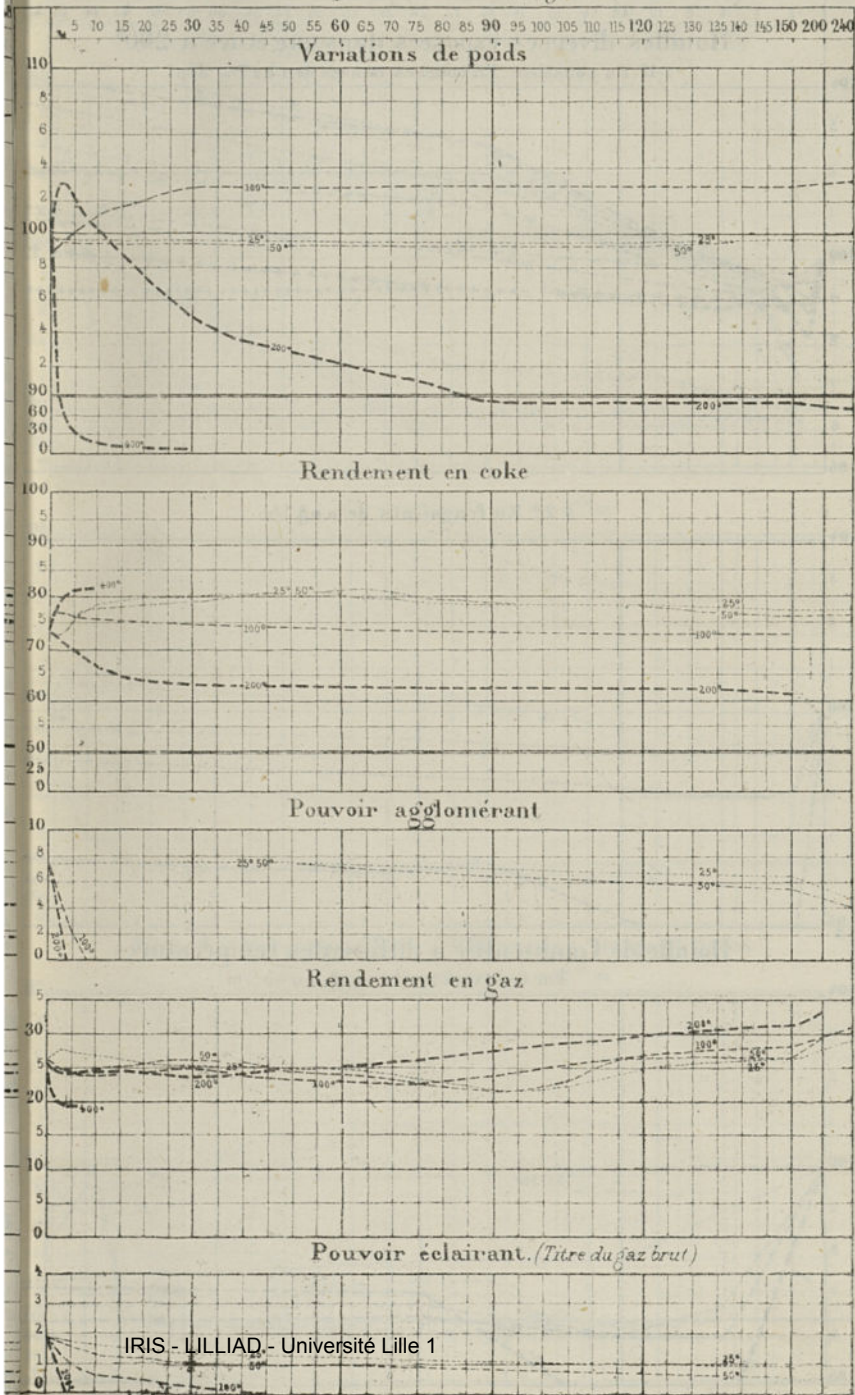
Moyennes de l'ensemble des résultats obtenus avec toutes les houilles essayées, en poussière

Durée de l'exposition à l'air (en heures)

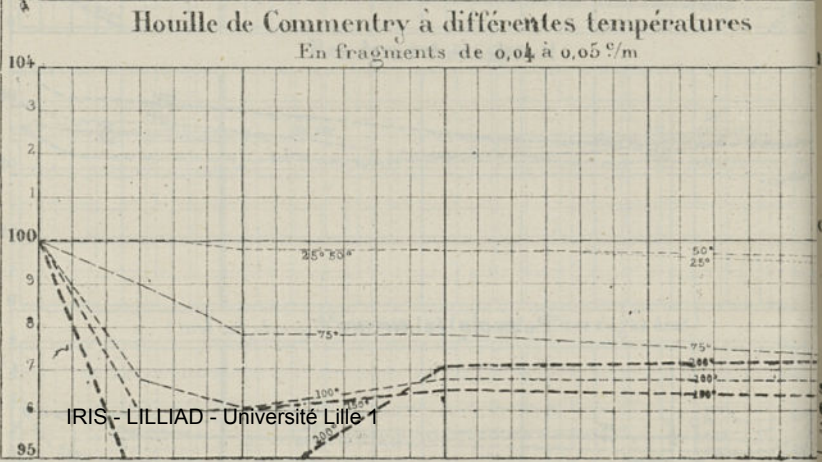
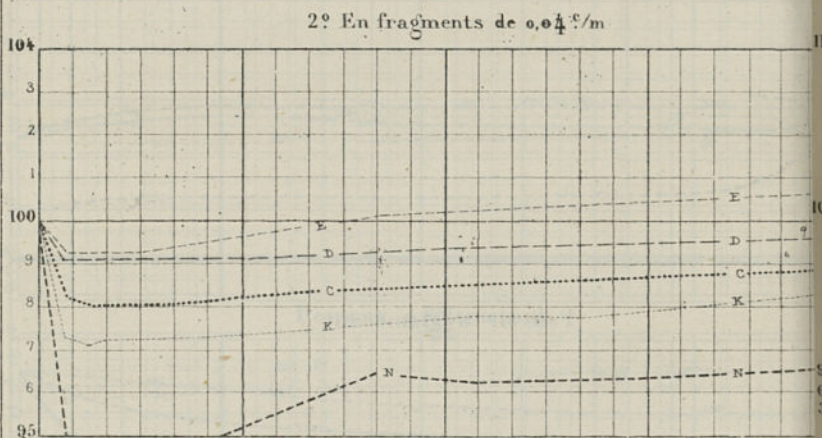
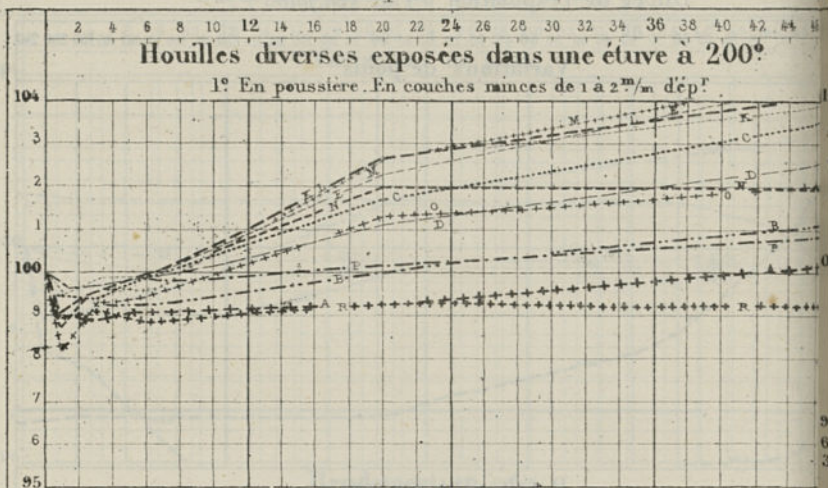


obtenus avec toutes les houilles essayées, en poussière.

Durée de l'exposition à l'air (en jours)



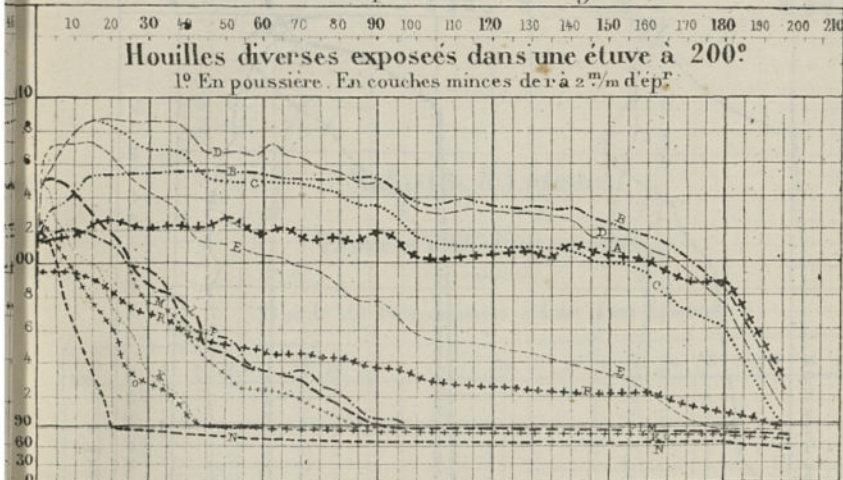
Durée de l'exposition à l'air (en heures)



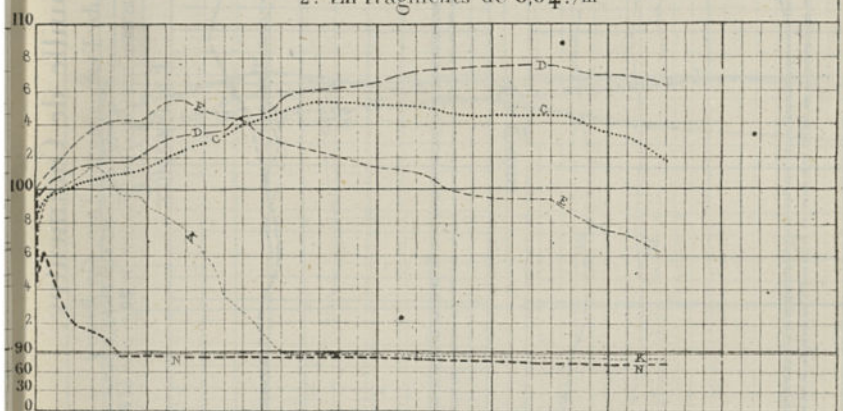
Durée de l'exposition à l'air (en jours)

Houilles diverses exposées dans une étuve à 200°

1° En poussière. En couches minces de 2 à 2 m/m d'ép.

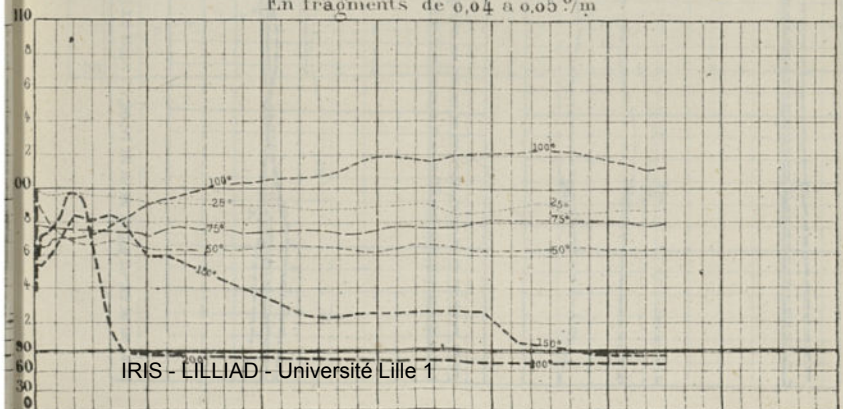


2° En fragments de 0,04 m/m



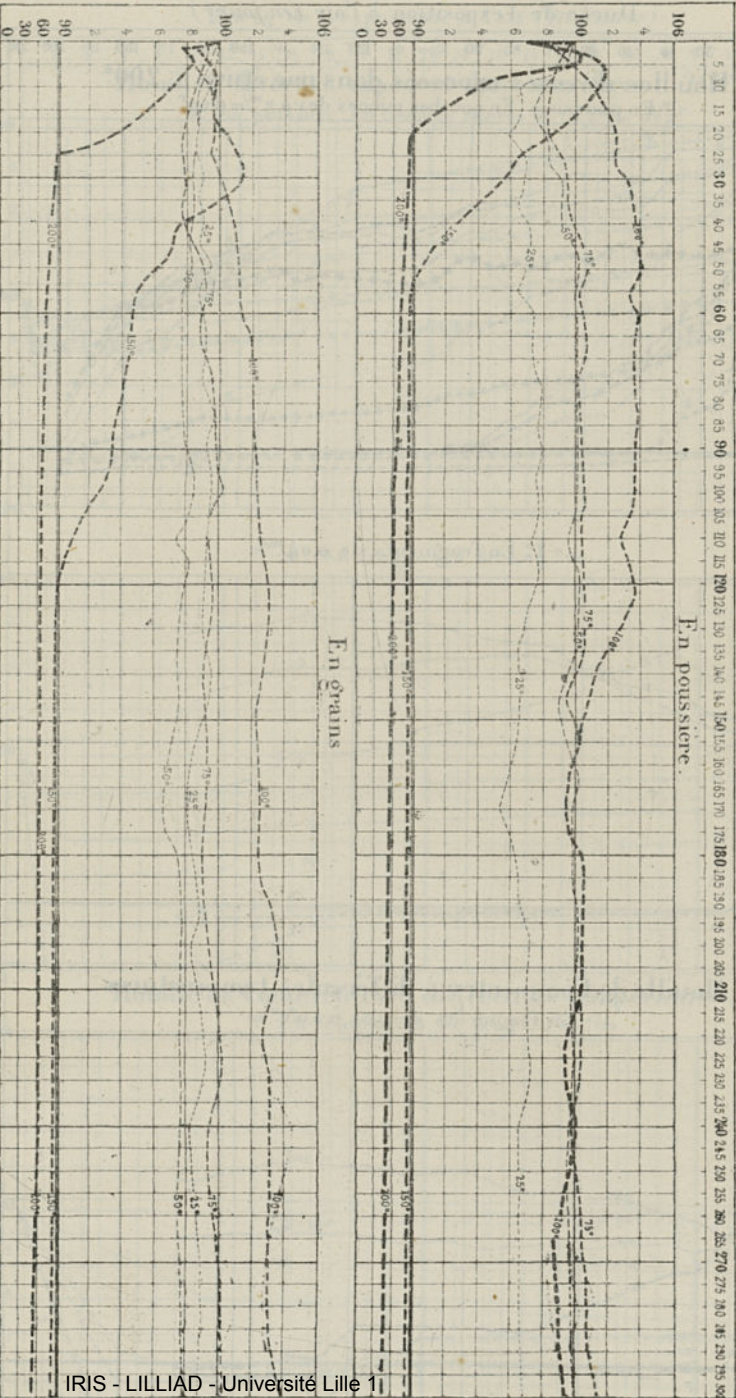
Houille de Commentry à différentes températures

En fragments de 0,04 à 0,05 m/m

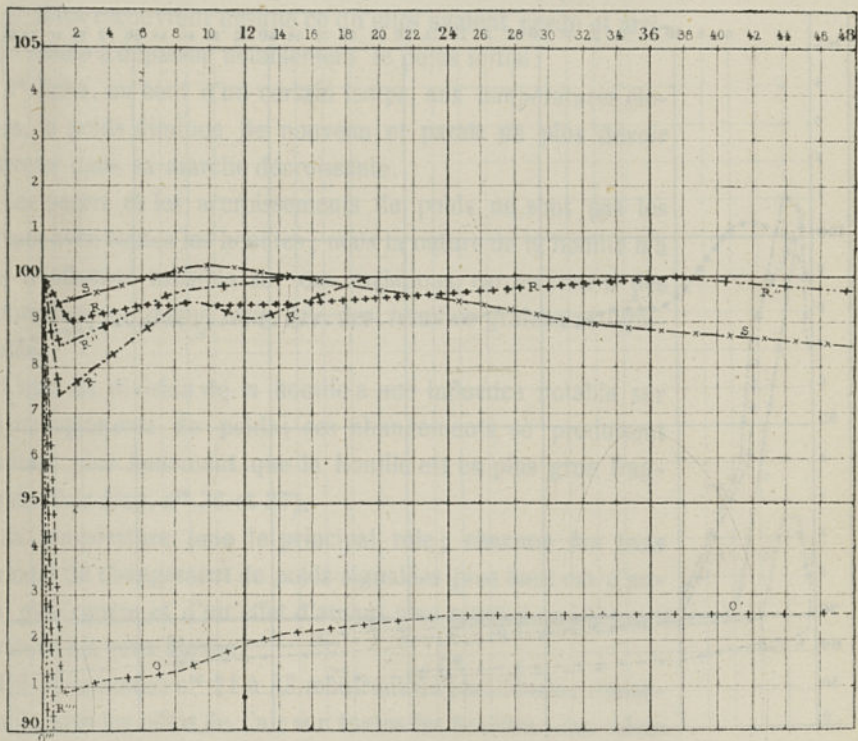


Houille de Commentry.

Durée de l'exposition à l'air, (en jours)



Schistes & Lignites.

*Etuve à 200°-En poussière.*Durée de l'exposition à l'air (*en heures*).

ARTICLE III.

Résumé des résultats obtenus.

Les principaux faits consignés dans les tableaux et diagrammes précédents peuvent se résumer comme suit :

Sous l'action de l'air, entre 25 et 400°, toutes les houilles se comportent au point de vue du poids d'une manière analogue :

1° Elles perdent d'abord une petite partie de leur poids.

2° Elles recouvrent ensuite ce qu'elles avaient perdu et arrivent même à dépasser notablement le poids initial.

3° Enfin, au bout d'un certain temps, aux températures élevées, le poids diminue de nouveau et paraît ne plus devoir s'arrêter dans sa marche décroissante.

Les pertes et les accroissements de poids ne sont pas les mêmes avec toutes les houilles ; mais la nature de la houille n'a pas d'influence sensible sur ces variations, car on trouve des anthracites au même rang que des houilles grasses et ligniteuses.

L'état de division de la houille a une influence notable sur les changements de poids ; ces changements se produisent d'autant plus lentement que la houille est en plus gros fragments (Voir diag. n^{os} 36 et 37).

La température joue le principal rôle ; chacune des trois périodes de changement de poids signalées plus haut est d'autant plus courte et d'un effet d'autant plus marqué que la température est plus élevée.

Les diagrammes n^{os} 21 à 33 montrent un parallélisme remarquable dans les effets de l'air sur toutes les houilles ; ces effets ont pu être résumés dans une moyenne générale représentée par les diagrammes 34 et 35.

On voit sur ces diagrammes que le maximum des accroissements et diminutions de poids n'est pas le même à toutes les températures et n'a pas lieu après le même temps d'exposition à l'air.

Pour la houille pulvérulente, la moyenne des houilles donne les résultats suivants :

N° 8.	TEMPÉRATURE DE L'AIR.				
	25°	50°	100°	200°	400°
PREMIÈRE PÉRIODE :					
<i>Première diminution de poids.</i>			Pour 100		
Maximum de la perte p. %.....	0,53	0,81	1,50	1,60	?
Temps au bout duquel elle a lieu	15 jours.	24 heures.	12 heures.	1 heure.	?
DEUXIÈME PÉRIODE :					
<i>Accroissement de poids p. %.</i>					
Comptée du minimum au maximum.					
Accroissement total	0,20	0,20	4,70	5	?
Durée totale de l'exposition à l'air	150 jours.	150 jours.	240 jours.	8 jours.	?
TROISIÈME PÉRIODE :					
<i>Deuxième diminution de poids p. %.</i>					
Comptée à partir du poids maximum.					
Perte	0	0	0	30	100
Durée totale de l'exposition à l'air	240 jours.	240 jours.	240 jours.	240 jours.	15 à 20 jours.

Les chiffres ci-dessus représentant des moyennes, n'indiquent pas les plus grands écarts constatés dans le poids de certaines houilles. Pour des anthracites comme pour des houilles grasses et des lignites, on a eu des accroissements de poids de 7,8 et même de 10 p. %.

Le tableau des moyennes indique une diminution continue à 400°, quoique un accroissement sensible se soit manifesté avec quelques houilles ; dans tous les cas, l'accroissement a été de courte durée et la diminution a bientôt repris pour ne plus s'arrêter. Au bout de quelques jours, il ne reste plus que des cendres.

Arriverait-on également à l'incinération complète à 200° en laissant la houille longuement exposée à l'air ? Cela paraît probable, si l'on en juge par l'analogie qui existe entre les divers faits constatés. Pour l'ensemble des houilles, la diminution du poids au bout de 240 jours est déjà très-marquée à 200°.

Une autre expérience faite sur la houille de Commentry dans des conditions un peu différentes de celles dont il a été question jusqu'ici, a indiqué les diminutions de poids suivantes, au bout d'un an :

N° 9. — A 200°, pour la poussière, de 57 p. % ; pour les grains, de 50 p. %.

A 150°, pour la poussière, de 22 p. % ; pour les grains, de 21 p. %.

A 100°, pour la poussière, de 4,80 p. % ; augmentation de 4 p. %.

A 75° et au-dessous, la deuxième période, celle de diminution de poids, n'est pas encore commencée.

(On a opéré sur 100 grammes de houille placés dans des creusets en cuivre, et pesés avec une balance ordinaire. Le défaut de précision de la balance et une certaine oxydation des creusets sont deux causes d'erreur dont l'influence peut arriver à 1/2 p. % dans les poids constatés.)

A 200, à 150 et à 100°, on voit un commencement très-sensible d'incinération; la surface des grains est cendreuse.

Si la houille continuait à perdre régulièrement son poids, on arriverait aux cendres à 200° au bout de deux ans.

Le temps nécessaire à la volatilisation totale varie non-seulement avec la température, mais encore avec l'état de division du charbon et l'épaisseur de la couche. L'influence de la division est bien visible dans les diagrammes n° 36 et 37; en comparant la marche pour la houille pulvérulente en couche mince de ces derniers diagrammes, avec celle pour la même houille en creuset, on voit l'influence de l'épaisseur.

Rendement en coke et en gaz.

Les courbes qui représentent les résidus solides et les gaz, en quantité et en qualité, sont loin d'avoir la régularité des courbes de variations de poids. Cela résulte de ce que la calcination et la distillation donnent des résultats forts différents, selon la température à laquelle on opère, et qu'il est très-difficile de maintenir les fourneaux à une température constante. Il faut donc considérer surtout l'allure générale des courbes et ne pas trop s'arrêter aux irrégularités qu'elles présentent.

Je rappelle que les résultats consignés dans les tableaux et sur les diagrammes, concernent la houille prise dans les étuves qui a subi l'action de l'air, et non la houille naturelle.

En général, l'action de l'air se traduit d'abord par un faible accroissement *du résidu de la calcination*, puis par une diminution graduelle qui paraît se poursuivre au-delà du terme de mes expériences.

Le rendement en coke de l'anhracite baisse plus rapidement que celui des autres houilles.

Au point de vue du gaz, l'action de l'air détermine dans les houilles un effet à peu près inverse de celui qu'elle produit au

point de vue du coke ; après un faible accroissement au début, survient une diminution sensible, puis un nouvel accroissement qui atteint d'assez grandes proportions et qui ne paraît point terminé au bout d'un an.

Ces effets sur les rendements en coke et en gaz sont représentés d'une manière générale par les diagrammes 34 et 35.

Les rendements indiqués par les diagrammes étant ceux que l'on obtient en calcinant 100 grammes de houille modifiée par l'action de l'air, se rapportent donc à des quantités différentes de houille naturelle, par suite des changements de poids que cette houille a subis dans les étuves.

Il était intéressant de rechercher les rendements qu'on aurait obtenus en plaçant 100 grammes de houille naturelle dans les étuves et en calcinant cette houille au bout d'un certain temps sans s'occuper des modifications de poids qu'elle aurait subies. C'est ce qu'indiquent les tableaux suivants :

Rendement que donneraient 100 grammes de houille naturelle calcinée, après avoir subi l'action de l'air.

1° RÉSIDU DE LA CALGINATION (TIRÉ DE LA MOYENNE GÉNÉRALE).

N° 10.

	A 25°	A 50°	A 100°	A 200°	A 400°
Avant l'exposition à l'air	72,75	72,75	72,75	72,75	72,75
Après 1 jour	74,60	74,40	74,10	76, »	72,30
2 »	74,50	74,60	75,30	77,08	58,80
4 »	74,60	75,10	75,80	72,60	28, »
8 »	76,60	76,30	76,10	67,50	14,58
15 »	78,10	77,40	77,20	64,35	Cendres
1 mois.....	79,60	78,20	77,10	59,80	
2 »	79,80	80,30	76,30	57,80	
4 »	77,70	77,10	74,60	49,60	
8 »	77,11	76,69	70,50	39,20	

N° 11. 2° VOLUME DES GAZ (TIRÉ DE LA MOYENNE GÉNÉRALE).

	A 25°	A 50°	A 100°	A 200°	A 400°
Avant l'exposition à l'air.....	26,36	26,36	26,36	26,36	26,36
Après 1 jour d'exposition.....	26,70	24,80	24,85	25,30	19,50
2 »	26,70	24,80	24,85	25,30	15,80
4 »	26,50	24,60	24,60	25,30	6,60
8 »	26,10	24,50	24,60	24,80	
15 »	25,70	24,90	24,80	24,70	
1 mois.....	25,10	25,10	26,70	23,60	
2 »	24,40	26,00	26,70	23,90	
4 »	26,80	27,10	27,80	23,80	
8 »	29,15	30,34	29,50	23,45	

On voit que, à toutes les températures, le résidu de la calcination augmente d'abord, qu'il atteint un maximum, et diminue ensuite tant que durent les expériences. Ce rendement, qui est nul au bout de 15 jours à 400°, serait également nul à 200° au bout de 12 à 15 mois, si l'on admet une décroissance régulière.

Le volume des gaz, qui suit une marche inverse, décroît d'abord, augmente ensuite graduellement et reprend enfin une marche décroissante.

Le volume moyen, qui était, avant l'action de l'air, de 26 litres 36, est descendu à 24 litres environ aux températures de 50 et de 100°; il est ensuite remonté à 30 litres au bout de 240 jours.

Pouvoir agglomérant.

Sous l'influence de l'air et de la chaleur, le *pouvoir agglomérant* des houilles va constamment en diminuant, et cela d'autant plus vite que la température est plus élevée et la houille plus divisée.

Le tableau n° 12 page suivante indique la marche de cette altération :

N° 12.

	POUVOIR AGGLOMÉRANT		TEMPS AU BOUT DUQUEL LE POUVOIR AGGLOMÉRANT EST DÉTRUIT PAR L'EXPOSITION A L'AIR											
	du Charbon naturel avant l'exposition à l'air.		A 25°		A 50°		A 100°		A 200°		A 400°			
	Fous- sière.	Grains.	P.	G.	P.	G.	P.	G.	P.	G.	P.	G.		
Anthracite	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»		
Houilles maigres anthraciteuses.....	Plus de d°	de un an.												
D° grasses.....	d°	d°	3 j.	80 j.	24 h.	30 j.	1 h.	32 h.						
D° grasses flamantes.....	d°	d°	10	150	24	40	24	5 j.						
D° ligniteuses.....	d°	d°	9	95	4 j.	30	28	48 h.						
Lignite	»	»	4	20	24 h.	5	1	8						
	Nul.....	»	»	»	»	»	»	»						

La durée du pouvoir agglomérant est en général de 20 à 30 fois plus grande pour les grains que pour la poussière.

Cette durée diminue vite avec la température :

A 25 et 50°, elle est de 20 à 30 fois plus grande qu'à 100°

A 100° — 3 à 4 — 200°

A 200° — 10 — 400°

Le *pouvoir agglomérant* est plus tenace dans les houilles grasses que dans les autres.

Pouvoir éclairant.

Le *pouvoir éclairant* disparaît très-vite aussi sous l'action de l'air et de la chaleur. (Voir le tableau n° 13, page suivante.)

Le pouvoir éclairant subsiste, comme le pouvoir agglomérant, plus longtemps dans les houilles grasses que dans les autres. Il *résiste peu* de temps aux températures élevées et se maintient mieux dans les grains que dans la poussière.

Les modifications dans le *pouvoir éclairant*, qui résultent de l'action de l'air sur la houille, sont évidemment liées aux changements dans la nature des gaz et dans l'aspect de la flamme.

Au moment où sortant de la cornue, ils arrivent dans la cloche, les gaz ont, pour les diverses variétés de houille, la couleur indiquée dans le tableau n° 14, page 558, et la flamme obtenue avec le gaz brut (sous une pression de 55 millimètres avec un débit de 60 litres à l'heure) a l'aspect et les dimensions également indiqués audit tableau.

N° 13.

	POUVOIR ÉCLAIRANT		TEMPS AU BOUT DUQUEL LE POUVOIR ÉCLAIRANT EST DÉTRUIT PAR L'EXPOSITION A L'AIR											
	du Charbon naturel.		A 25°		A 50°		A 100°		A 200°		A 400°			
	Poids- stère.	Grains.	P.	G.	P.	G.	P.	G.	P.	G.	P.	G.		
Anthracite.....	Nul.....	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»		
Houilles anthraciteuses.....	0.25.....	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»		
D° grasses.....	0.40.....	d°	d°	25 j.	45 j.	3 j.	5 j.	3 h.	5 j.	3 h.	12 h.	12 h.		
D° grasses flambantes.....	3.....	d°	d°	55	55	12 h.	15	36	5	4	12	12		
D° ligniteuses.....	1.....	d°	d°	55	95	36	5	4	4	»	»	»		
Lignite.....	0.25.....	»	»	15	15	24	4	»	»	»	»	»		

N° 14. HOUILLE A L'ÉTAT NATUREL (CALCINÉE AU ROUGE CERISE).

ANTHRACITE	HOUILLE GRASSE	HOUILLE FLAMBANTE	LIGNITE (Dordogne)
	GAZ (Couleur au sortir de la cornue).		
Incolore ou blanc-laiteux.	Jaune pâle.	Jaune plus foncé	Jaune pâle.
	FLAMME (Aspect et Hauteur).		
Hauteur totale 0,10 dont bleu et rose 0,9.	Hauteur totale 0,17 dont bleu 0,04.	Hauteur totale 0,20 dont bleu 0,03	Hauteur totale 0, dont bleu 0,05.

La couleur des gaz et l'aspect de la flamme se modifient graduellement sous l'action de l'air, d'autant plus vite que la température est plus élevée.

Les meilleures houilles à gaz arrivent après un certain séjour dans les étuves, à dégager comme les anthracites, du gaz blanc-laiteux ou incolore, dont la flamme a les caractères correspondants.

N° 15. — La couleur blanc laiteux apparaît après les temps ci-dessous indiqués :

	A 100°	A 200°	A 400°
Pour la houille grasse (<i>Trevil</i>) . . .	34 à 40 j.	4 j.	12 h.
— à gaz (<i>Commentry</i>) .	50 à 60 j.	d°	d°

Inflammabilité.

Lorsqu'on place de petits fragments de houille au milieu de la flamme d'une bougie, on constate que certaines houilles rougissent sans s'enflammer, que d'autres brûlent avec une flamme plus ou moins vive tant qu'on les tient rapprochées de la bougie, enfin que quelques-unes s'enflamment facilement et continuent à brûler même après qu'on les a éloignées de la bougie.

L'inflammabilité dépend de plusieurs causes. Elle varie avec

DÉSIGNATION DES COMBUSTIBLES	DURÉE DE L'EXPOSITION A L'AIR																							
	EN JOURS																							
	0	1j.	2j.	3j.	5j.	7j.	9j.	11j.	13j.	15j.	20j.	25j.	30j.	35j.	45j.	55j.	65j.	80j.	100j.	120j.	140j.	160j.	180j.	200j.
	A 100°																							
Anthracites.....	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	»	»	»
Charbon K. de Commentry....	8 1/2	8 1/2	8 1/2	8 1/2	8 1/2	8 1/2	8	8 1/2	9	8 1/2	7 1/2	7 1/2	7 1/2	8	8 1/2	8 1/2	8 1/2	8 1/2	8	6	3	2	1	0
— G. West-Leverson....	7 1/2	7 1/2	7 1/2	7 1/2	7 1/2	7 1/2	7 1/2	7 1/2	7 1/2	7 1/2	7 1/2	7 1/2	7 1/2	7 1/2	7 1/2	7 1/2	7 1/2	7 1/2	7	3	3	2	1	0
— I. Consolidation.....	7 1/2	7 1/2	7 1/2	7 1/2	7 1/2	7 1/2	7 1/2	7 1/2	7 1/2	7 1/2	7 1/2	7 1/2	7 1/2	6	6	5	3	1	1	1	0	»	»	»
— F. Pelaw-Main.....	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6	5	4	4	3
— H. Alma.....	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6	6	5	4	3	1	1	0	»	»	»
— S. Bog-Head.....	9 1/2	9 1/2	9 1/2	9 1/2	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9	»	»	»
	A 200°																							
Anthracites.....	0	0	0	0	0	0	0	0	0	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Charbon K. de Commentry....	8 1/2	8 1/2	9	8	7	7	1	4 1/2	0	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
— G. West-Leverson....	7 1/2	8	8	8	7	8	7	6	4	3	2	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
— I. Consolidation.....	7 1/2	6	6	6	7 1/2	6	5	4	3	2	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
— F. Pelaw-Main.....	7	7 1/2	6	6	7	6	3	4	3	1	0	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
— H. Alma.....	7	7 1/2	7 1/2	7 1/2	6	4	3	1	1/2	0	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
— S. Bog-Head.....	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9 1/2	9	8 1/2	8	7	0	»	»	»	»	»	»	»	»
	A 400°																							
	EN MINUTES																							
	0	1'	2'	3'	4'	5'	6'	7'	8'	9'	10'	12'	15'	20'	25'	30'	35'	40'	45'	50'	55'	60'		
Anthracites.....	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Charbon K. de Commentry....	8 1/2	8 1/2	8 1/2	8 1/2	8 1/2	8 1/2	9	8	7	6	4	2	0	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
— G. West-Leverson....	7 1/2	7	7	7 1/2	6	2	2	1	1/2	0	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
— I. Consolidation.....	7 1/2	7 1/2	8	8	8	7	5	1	1	0	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
— F. Pelaw-Main.....	7	7	7	7 1/2	7 1/2	7	6	2	1	0	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
— H. Alma.....	7	7	7	7 1/2	7 1/2	7 1/2	7	7	5	2	2	0	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
— S. Bog-Head.....	9 1/2	9 1/2	9 1/2	9 1/2	9 1/2	9 1/2	9 1/2	9 1/2	10	10	10	10	10	9	4	5	0	»	»	»	»	»	»	»
0' Lignite de la Dordogne....	3	3	3	2	1	0	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»

GENERAL INFORMATION										LABORATORY TESTS									
PATIENT DATA					PHYSICAL EXAMINATION					HEMATOLOGY					BIOCHEMISTRY				
NO.	NAME	AGE	SEX	DATE	HT.	WT.	TEMP.	PULSE	B.P.	HEALTH	HEALTH	HEALTH	HEALTH	HEALTH	HEALTH	HEALTH	HEALTH	HEALTH	HEALTH
1	J. Doe	45	M	10/15/50	175	70	37.5	72	120/80	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good
2	M. Smith	32	F	11/01/50	160	55	37.2	68	110/70	Fair	Fair	Fair	Fair	Fair	Fair	Fair	Fair	Fair	Fair
3	A. Brown	60	M	09/20/50	180	80	37.8	80	130/90	Poor	Poor	Poor	Poor	Poor	Poor	Poor	Poor	Poor	Poor
4	S. White	25	F	12/05/50	150	45	37.0	60	100/60	Excellent	Excellent	Excellent	Excellent	Excellent	Excellent	Excellent	Excellent	Excellent	Excellent
5	L. Green	55	M	08/10/50	170	65	37.4	75	125/85	Fair	Fair	Fair	Fair	Fair	Fair	Fair	Fair	Fair	Fair
6	K. Black	40	F	10/01/50	165	60	37.3	70	115/75	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good
7	P. Gold	30	M	11/15/50	170	70	37.6	75	120/80	Fair	Fair	Fair	Fair	Fair	Fair	Fair	Fair	Fair	Fair
8	C. Silver	20	F	09/01/50	155	40	36.8	55	95/60	Excellent	Excellent	Excellent	Excellent	Excellent	Excellent	Excellent	Excellent	Excellent	Excellent
9	B. Bronze	50	M	10/20/50	175	75	37.5	75	125/85	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good	Good
10	N. Copper	35	F	11/05/50	160	50	37.1	65	110/70	Fair	Fair	Fair	Fair	Fair	Fair	Fair	Fair	Fair	Fair

la densité, elle est en rapport direct avec le pouvoir éclairant et la proportion des matières volatiles des combustibles : nulle dans les anthracites qui ne font que rougir, elle est notable dans les houilles grasses, plus prononcée dans les houilles flambantes ; elle est remarquable dans le boghead.

Cette propriété paraît augmenter légèrement au début de l'action de l'air, puis elle diminue comme le pouvoir éclairant. Pour chiffrer cette influence, j'ai coté par 10 l'inflammabilité des combustibles qui comme le boghead s'enflamment facilement et continuent à brûler lorsqu'on les a éloignés de la bougie ; les anthracites qui ne s'enflamment pas sont cotés 0. (Voir le tableau n° 16 ci-contre.)

On voit que, à 400°, toutes les houilles perdent en quelques minutes la propriété de s'enflammer ; à 200°, cette propriété subsiste à peu près intacte pendant 5 à 7 jours, puis elle diminue rapidement ; enfin, à 100°, elle ne commence à diminuer sensiblement qu'au bout de 1 mois $\frac{1}{2}$ à 2 mois, et elle n'a entièrement disparu qu'au bout de 4 mois environ. Le boghead a une résistance extraordinaire.

Il y a un parallélisme remarquable entre le pouvoir éclairant et l'inflammabilité des grains de charbon soumis à l'action de l'air chaud.

Pour faire brûler un combustible, il n'est pas toujours nécessaire de le mettre en contact d'une flamme ou d'un corps en ignition. Plusieurs fois, le charbon que j'ai exposé à l'air à 200 et à 400° a pris feu spontanément. On verra, dans la deuxième partie de ce mémoire, que la houille s'enflamme spontanément dans diverses circonstances, et que la plupart des échantillons placés dans les étuves à 200 et 400° auraient pris feu s'ils n'avaient pas été souvent retirés des étuves et agités dans l'air.

Etat physique.

Je terminerai cette description des résultats de la première

série d'expériences en disant quelques mots de l'influence de l'air sur l'état physique des houilles.

Couleur. Eclat. — On ne remarque pas de modification sensible dans la couleur et l'éclat des houilles exposées à l'air à 25, 50 et 75°, même après 8 mois de séjour dans les étuves. En soufflant sur la surface des grains, qui peut être ternie par de la poussière, on lui redonne son aspect ordinaire.

A 100°, au bout de quelques mois, on voit de la cendre autour des fragments ; le charbon pulvérulent est terne.

A 200°, l'éclat diminue plus vite qu'à 100° ; l'incinération est aussi plus sensible.

A 400°, il se produit souvent, au bout de quelques heures, des irisations qui se ternissent ensuite et disparaissent à mesure que la combustion lente laisse des cendres autour du charbon. (Je reparlerai plus longuement des irisations au chapitre 6^{me}.)

Cohésion. Friabilité. — On ne constate pas de changement dans la dureté des grains de charbon, aux températures de 25, 50 et 75°, après un an d'exposition à l'air :

A 100°, au bout de 20 à 30 jours, la friabilité augmente ; elle est telle au bout d'un an, que les grains s'écrasent sous la pression des doigts. En même temps, la structure du charbon change ; elle devient granuleuse.

Les phénomènes qui ont lieu à 100° se produisent beaucoup plus rapidement à 200°. Au bout de 15 jours, le charbon en grains tombe en poussière.

A 400°, le charbon se fendille et se réduit en poussière au bout de quelques heures, s'il ne se fond pas.

Densité. — Quelques observations qui sont, il est vrai, en trop petit nombre pour que les résultats puissent être généralisés, ont indiqué que la houille exposée à l'air diminue de densité lorsque son poids s'accroît ; en prenant du poids, elle prendrait donc en même temps un accroissement de volume relativement plus considérable.

J'ai mesuré les densités au moyen d'une dissolution d'acide sulfurique dans l'eau. Quand le charbon reste en suspension au milieu du liquide, les deux corps ont la même densité qui est donnée par un *pèse-liqueur*.

La densité varie avec la nature des houilles. Elle est d'environ 1,26 pour les houilles ligniteuses pures ;

De 1,27 à 1,28 pour les houilles flambantes ;

De 1,30 à 1,31 — grasses à courte flamme ;

Et arrive à 1,35 pour l'anhracite.

Pour une même houille, la densité est ordinairement en relation directe avec la teneur en cendres. On peut quelquefois utiliser cette relation pour évaluer approximativement la proportion des cendres de houilles dont la nature (des cendres) reste la même, au moyen de la densité mesurée par l'opération simple et rapide que je viens d'indiquer. Les courbes données par les diverses houilles (les abscisses représentant la densité et les ordonnées la teneur en cendres) sont des lignes sensiblement droites convergeant vers un point, qui est la densité du schiste argileux.

Combustibles divers. — Tous les combustibles essayés se sont comportés à peu près comme la houille sous l'action de l'air. Cependant on ne remarque pas d'accroissement de poids dans le bois et le lignite de la Dordogne, à 100 et à 200°, probablement parce que le départ d'une proportion considérable d'eau hygrométrique masque les autres phénomènes qui peuvent avoir lieu.

Le fusain minéral (diag. n° 18) a beaucoup de rapports avec l'anhracite ; ce bois fossile est plus minéralisé que son apparence ne semble l'indiquer.

Les schistes bitumineux et le boghead, après avoir perdu leur eau hygrométrique, subissent un sensible accroissement de poids (diag. n° 39). Avec le temps, ils perdent la propriété de fournir des gaz éclairants.

CHAPITRE 3^{me}.

EXPÉRIENCES DIVERSES.

ARTICLE I.

Action des gaz sur la houille.

Nous venons de voir que dans l'air à diverses températures, le poids de la houille s'accroît d'une manière notable.

Les expériences suivantes montrent que cet accroissement de poids est dû principalement à une absorption de l'oxygène de l'air.

N° 17. — La houille a été mise en présence de divers gaz, air, oxygène, azote, hydrogène, à la partie supérieure d'une éprouvette renversée sur une cuve à mercure ; l'éprouvette a été ensuite portée dans une étuve d'où elle a été retirée pour la mesure du volume des gaz.

De la houille de Commentry, en grains, de 10 à 15 millimètres, préalablement séchée, a donné lieu aux observations suivantes :

A 200 degrés, au bout d'une heure, l'éprouvette à oxygène montre une diminution de volume du gaz égale à 2 fois environ le volume de la houille ; l'éprouvette à air montre une réduction de volume de $\frac{1}{4}$ environ du volume de la houille, il n'y a pas de changement sensible dans le volume de l'azote et de l'hydrogène.

A 100 degrés, les mêmes phénomènes se produisent, mais la disparition de deux volumes d'oxygène exige trois ou quatre heures.

A 75 degrés, il faut plusieurs jours pour arriver au même résultat.

Des éprouvettes disposées de la même manière, renfermant des gaz, mais pas de houille, n'indiquent pas de diminution dans le volume de l'air ni dans celui de l'oxygène après 3 ou 4 heures de séjour dans l'étuve.

J'ai opéré avec de la houille en grains pour que l'absorption ne pût pas être attribuée à l'état pulvérulent du combustible.

Le séchage des grains a été obtenu par un chauffage de six heures à 200 degrés, à l'abri de l'air, dans le petit appareil représenté Pl. I, Fig. 7. Dans une boîte en fer, remplie de sable, on introduit un creuset en porcelaine renfermant le charbon ; sur ce creuset on place un couvercle dont les bords plongent dans le mercure d'une petite cuve annulaire. De la sorte, l'eau peut se vaporiser et la houille est à l'abri de l'air. Après six heures de chauffage, on laisse refroidir, et les grains de houille sont ensuite introduits dans l'éprouvette à mercure. Sans la dessiccation préalable, la vaporisation de l'eau hygrométrique troublerait l'expérience faite à haute température.

Les diminutions de volume d'air et d'oxygène qui ont lieu en présence de la houille et qui ne se produisent pas *sans la houille*, ne peuvent être attribuées qu'à ce combustible ; et elles doivent bien résulter d'une absorption, car la combustion ne ferait pas diminuer le volume des gaz. La combustion, en effet, ne changerait pas le volume des gaz en produisant de l'acide carbonique et elle augmenterait ce volume en donnant naissance à de l'oxyde de carbone.

J'admets donc que la houille a absorbé de l'oxygène. Des analyses de la houille, faites avant et après l'expérience, seraient une contre-épreuve fort utile que je n'ai pu faire, ne disposant que d'un laboratoire tout à fait rudimentaire.

Au bout d'un certain temps (de quelques heures) à 200 et à 100 degrés, le volume des gaz, après avoir diminué en présence du charbon dans les éprouvettes à oxygène et à air, augmente graduellement, mais très-lentement. Après cinq jours de séjour dans l'étuve à 200°, 1/3 de la perte environ se trouve réparé. Cet accroissement de volume s'explique par les gaz que la houille dégage à 100 et à 200°, comme on le verra au chapitre 4^{m^e}.

Action de l'hydrogène.

La première série d'expériences (Chapitre 2^{me}) a montré quelle est l'action de l'air sur la houille, et nous venons de voir que l'air agit surtout par son oxygène.

Bien que l'hydrogène ne soit pas à l'état libre dans l'atmosphère, il m'a paru intéressant de rechercher quelle pouvait être l'action de ce gaz sur la houille.

N° 18. — 30 éprouvettes remplies d'hydrogène, placées sur une cuve à eau, ont reçu chacune 5 grammes de charbon en grains de 5 millimètres, et ont été exposées pendant 72 jours dans une étuve à 75°.

10 éprouvettes renfermaient du charbon de Commentry naturel.

10 éprouvettes renfermaient du charbon de Commentry qui avait séjourné à l'air pendant 105 jours dans une étuve à 100°.

10 éprouvettes renfermaient de l'anhracite de Brassac naturel.

Pouvoir agglomérant. — A diminué un peu dans le Commentry naturel; semble avoir augmenté légèrement dans le Commentry altéré; est resté nul pour l'anhracite de Brassac.

Pouvoir éclairant. — A diminué notablement dans le Commentry naturel; semble avoir augmenté très-légèrement dans le Commentry altéré; est resté nul pour l'anhracite de Brassac.

Rendement. — L'action de l'hydrogène a augmenté un peu le rendement en gaz; elle n'a pas modifié sensiblement le rendement en coke.

N° 19. — On a placé dans des flacons renversés sur une cuve à mercure et pleins d'hydrogène, 10 grammes de charbon en poudre.

2 flacons ont reçu du charbon de Commentry naturel.

2 — — — — — ayant subi pendant 112 jours l'action de l'air à 100°.

2 flacons ont reçu de l'anhracite de Brassac naturel.

Après 47 jours de séjour dans une étuve à 200°.

Le *pouvoir agglomérant* a été de :

3 pour le Commentry naturel.

1 — — : altéré.

0 — l'anhracite de Brassac.

Le *pouvoir éclairant* s'est conservé intact dans le Commentry naturel, tandis que dans l'air il est entièrement détruit au bout de 10 jours ;

Il s'est également maintenu dans le Commentry des étuves ;

Il est resté nul pour l'anhracite.

Il résulterait de ces expériences que l'action de l'hydrogène ne modifie pas sensiblement les propriétés de la houille. Mais ces expériences ont porté sur de trop petites quantités de charbon, et ont été trop peu nombreuses pour qu'on puisse les considérer comme concluantes.

Action de l'acide carbonique.

N° 20. — De la houille de Commentry, en poussière, chauffée à 200° dans un vase rempli d'acide carbonique, pendant 15 jours, a conservé son pouvoir agglomérant presque intact, tandis que dans l'air à la même température et au bout du même temps ce pouvoir est entièrement détruit.

ARTICLE II.

Action des liquides sur la houille.

§ 1. — *Action de l'eau.*

N° 21. — 1° *Eau à la température ordinaire.* — Plusieurs expériences faites sur de la houille de Commentry, en fragments et en poussière, qui avait séjourné 2 ans dans de l'eau à la température ordinaire, ont montré que cette houille n'avait subi d'altération sensible, ni dans son aspect, ni dans ses propriétés.

N° 22. — 2° *Eau à la température de 80 à 90°.* — De la houille de Commentry renfermant 6 p. % de cendres a été immergée dans de l'eau dont la température restait comprise entre 80 et 90°.

La houille était à trois états différents :

1° En morceaux de la grosseur d'un œuf ;

2° En grains d'environ 5 millimètres ;

3° En poussière.

Tous les 5 jours jusqu'au centième jour, on a pris des échantillons que l'on a calcinés.

Après 100 jours d'immersion, le *pouvoir agglomérant* et le *pouvoir éclairant* n'avaient pas encore subi de diminution sensible. L'aspect du charbon était resté le même.

N° 23. — 3° *Eau à 160°.* — De la houille semblable à celle employée dans la précédente expérience a été placée dans une chaudière marchant à la pression de 6 atmosphères.

Des prises faites tous les 15 jours ont indiqué une faible altération graduelle, qui s'est traduite au bout de 100 jours par une perte d'environ $\frac{1}{5}$ pour le *pouvoir agglomérant* comme pour le *pouvoir éclairant*.

L'aspect des fragments ne s'est pas modifié.

N° 24. — 4° *Eau à 400°.* — Dans un tube en fer plein d'eau, on a introduit du charbon en grains de 10 à 15 millimètres, de même nature que celui des expériences précédentes.

Ce tube bien bouché a été maintenu pendant deux jours dans l'étuve à 400°. La pression a dû s'élever à 300 atmosphères.

On a trouvé les grains de charbon fondus en un seul morceau dur, dense, compacte et d'aspect métallique.

La calcination de ce morceau a donné pour 100 gr., 70^{gr.}, 80 de résidu et 20 litres de gaz.

Aucun changement ne s'est produit dans la forme des morceaux calcinés, ce qui indique la disparition complète du *pouvoir agglomérant*.

Le gaz n'a donné qu'une petite flamme bleue rosée, d'un pouvoir éclairant presque nul.

§ 2. — *Action de l'huile de lin.*

N° 25. — De la houille de Commentry sous trois états, en morceaux, en grains et en poussière, a été immergée dans de l'huile de lin et exposée ainsi à l'action d'une température de 200°.

Voici le résultat des observations faites à des intervalles différents sur le pouvoir agglomérant (l'état de division de la houille n'a pas eu d'influence) :

	Pouvoir agglomérant.
Au début	8
Après 10 jours d'immersion	8
— 30 — —	7 1/2
— 50 — —	7
— 70 — —	6
— 100 — —	5

ARTICLE III.

Action des corps acides, basiques et neutres sur la houille.

N° 26. — J'ai soumis diverses sortes de combustibles à l'action de quelques acides, de la potasse et de quelques corps neutres.

Acide azotique du commerce. — L'acide azotique agit peu sur les anthracites et attaque vivement les combustibles ligniteux, ainsi que les schistes bitumineux, en produisant un dégagement de vapeurs jaunes.

La poussière est immédiatement attaquée; les grains résistent un peu, puis ils se divisent et deviennent pâteux.

Au bout de 24 heures d'immersion dans l'acide azotique, la houille à l'état *pulvérulent* a perdu tout pouvoir agglomérant et éclairant; en grains, elle résiste plus longtemps.

Acide sulfurique du commerce. — Effets analogues à ceux que produit l'acide azotique, mais un peu moins puissants.

L'antracite en grains conserve son état apparent après 8 jours d'immersion.

Les pouvoirs agglomérant et éclairant des houilles grasses et flambantes sont nuls au bout de 8 jours pour la poussière, et détruits aux $\frac{3}{4}$ dans les grains.

Acide chlorhydrique. — Les charbons gras et anthraciteux ne paraissent pas attaqués ; les charbons ligniteux le sont un peu.

Le fusain se boursoufle.

Les schistes bitumineux dégagent vivement de l'acide carbonique et se recouvrent de matière d'apparence gélatineuse.

Acide acétique. — Pas d'action.

Potasse. — Agit peu sur l'état physique et ne produit pas de dégagement, diminue un peu le pouvoir agglomérant.

Ether. Sulfure de carbone. — Pas d'action sensible, même au bout de 20 jours d'immersion.

Il ressort des expériences précédentes :

- 1° Que la houille, dans l'air, absorbe de l'oxygène et se modifie ;
- 2° Qu'à l'abri de l'air, dans l'hydrogène, dans l'acide carbonique et dans l'eau, elle se conserve mieux que dans l'air ;
- 3° Que dans l'eau, à la température ordinaire, elle paraît se conserver indéfiniment sans altération ;
- 4° Que l'acide azotique et l'acide sulfurique altèrent profondément la houille.

L'absorption de l'oxygène de l'air par la houille, déduite de l'expérience n° 17, est confirmée par l'expérience suivante :

N° 21 bis. — Une petite quantité d'air a été mise en présence de houilles de nature différente, à diverses températures.

La houille était en grains de 3 à 4 millimètres de diamètre. Pour les températures de 100° et au-dessus, elle avait été préalablement desséchée comme celle de l'expérience n° 17; au-dessous de 100°, elle n'avait pas subi de dessiccation préalable. On en a introduit 10 grammes avec 50 centimètres cubes d'air dans des éprouvettes renversées pleines de mercure; puis les éprouvettes ont été placées dans des étuves à 25, 50, 100 et 200 degrés, d'où on les a retirées après un séjour assez prolongé.

Le gaz restant dans les éprouvettes à la sortie de l'étuve a été analysé au point de vue des proportions d'oxygène et d'acide carbonique qu'il contenait. L'oxygène a été mesuré par la méthode eudiométrique de Bunsen; l'acide carbonique a été absorbé par la potasse.

Ce procédé nous a donné, pour l'air pur, la composition normale 20,8, à 1 ou 2 dixièmes près, et des traces d'acide carbonique.

Ce qui est resté dans l'air des éprouvettes après le séjour dans l'étuve est indiqué dans le tableau suivant :

COMBUSTIBLES.	APRÈS 420 heures à 25° pour 400 volumes d'air.		APRÈS 80 heures à 50° pour 400 volumes d'air.		APRÈS 24 heures à 100° pour 400 volumes d'air.		APRÈS 24 heures à 150° pour 400 volumes d'air.	
	Oxygène	Acide carboni- que.	Oxygène	Acide carboni- que.	Oxygène	Acide carboni- que.	Oxygène	Acide carboni- que.
Anthracite (Marais).....	18,90	traces	19,80	traces	5,30	traces	0,0	2,04
Houille grasse (Treuil)....	19,10	id.	18,50	id.	11,60	id.	0,0	1,80
Houille à gaz (Commentry)..	18,70	id.	17,10	id.	1,50	id.	0,0	1,50
Lignite (Vosges).....	20 "	id.	19,50	id.	4,80	id.	0,0	0,80

Ces résultats complètent et confirment ceux qui ont été signalés dans la première série d'expériences et dans l'expérience n° 17. On voit que l'oxygène de l'air est enlevé et qu'il

disparaît rapidement aux températures de 100 et 200 degrés. Les diminutions de volume constatées dans l'air correspondent à peu près au volume d'oxygène enlevé. On en conclut que l'oxygène ne s'est pas transformé en oxyde de carbone; d'un autre côté, la quantité d'acide carbonique qui s'est produite est très-faible relativement à la quantité d'oxygène disparue. On arrive donc encore à cette conclusion que *la houille absorbe l'oxygène de l'air.*

CHAPITRE 4^{me}.

Action de la chaleur seule.

La 3^{me} série des expériences faites en vue d'étudier les modifications que subit la houille exposée aux influences atmosphériques, a été consacrée à l'action de la chaleur seule.

On verra combien les produits qu'on tire de la houille, en la chauffant, diffèrent avec la température et avec les diverses conditions de la calcination, et, par suite, combien il importe d'opérer dans des conditions identiques pour faire des comparaisons concluantes. C'est ce que j'ai tâché de faire autant que possible.

J'examinerai d'abord les effets directs de la chaleur sur la houille à diverses températures, au point de vue du résidu solide et des gaz; puis le résidu solide sera à son tour l'objet d'expériences spéciales.

ARTICLE I.

Produits obtenus directement par l'action de la chaleur à diverses températures.

Mes principales expériences sont résumées dans les tableaux suivants, au nombre de six, du n° 27 au n° 32 compris :

NOM	DES	COMPTES	DES		DES	DES	DES	DES
			DES	DES				
TABLEAUX								
100	de	la	de	la	de	de	de	de
95	de	la	de	la	de	de	de	de
90	de	la	de	la	de	de	de	de
85	de	la	de	la	de	de	de	de
80	de	la	de	la	de	de	de	de
75	de	la	de	la	de	de	de	de
70	de	la	de	la	de	de	de	de
65	de	la	de	la	de	de	de	de
60	de	la	de	la	de	de	de	de
55	de	la	de	la	de	de	de	de
50	de	la	de	la	de	de	de	de
45	de	la	de	la	de	de	de	de
40	de	la	de	la	de	de	de	de
35	de	la	de	la	de	de	de	de
30	de	la	de	la	de	de	de	de
25	de	la	de	la	de	de	de	de
20	de	la	de	la	de	de	de	de
15	de	la	de	la	de	de	de	de
10	de	la	de	la	de	de	de	de
5	de	la	de	la	de	de	de	de
0	de	la	de	la	de	de	de	de

CALCINATION ET DISTILLATION

N° 27.

DÉSIGNATION DES COMBUSTIBLES.	RÉSULTATS DE LA			
	COKE (cendres comprises).			Matière volatile.
	Charbon.	Cendres.	Total.	
	p. o/o	p. o/o	p. o/o	p. o/o
Anthracite de Brassac..... A	80,11	12,89	93,00	7,00
— des Marais..... B	84,90	6,51	91,41	8,59
— de Blanzv (puits Sainte-Barbe) ... C	79,91	5,59	85,50	14,50
Houille de Saint-Etienne (puits Verpilleux)... D	82,05	3,05	85,10	14,90
— — (puits du Treuil)... E	69,83	7,54	77,37	22,63
Houille anglaise (West-Pelaw-Main)... F	65,47	4,40	69,87	30,13
— — (West-Leverson) G	65,59	2,95	68,54	31,46
— allemande (Alma) H	65,19	2,71	67,90	32,10
— — (Consolidation)..... I	65,12	2,23	67,35	32,65
— de Commentry K	57,07	2,80	59,87	40,13
— de la Béraudière (Grande-Couche)... L	62,19	2,99	65,18	34,82
— — (3° Brûlante)... M	62,45	2,26	64,71	35,29
— de Blanzv (puits Saint-François)... N	56,24	2,98	59,22	40,78
— de Buxière-la-Grue..... O	50,53	22,95	73,48	26,52
Lignite des Vosges O'	48,04	16,61	64,65	35,35
— des Bouches-du-Rhône..... O''	48,08	3,95	52,03	47,97
— de la Dordogne..... O'''	37,07	4,80	41,87	58,13
Fusain de Commentry..... P	76,66	12,66	89,32	10,68
Schistes de Buxière-la-Grue R	45,70	33,61	79,31	20,69
— compacts de Commentry R'	32,72	27,75	60,47	39,53
— lamelleux — R''	19,63	48,58	68,21	31,79
— de Menat N° 1 R'''	14,95	45,45	60,40	39,60
Bog-Head anglais..... S	12,95	24,34	37,29	62,71
Bois de chêne..... T	22,015	0,445	22,46	77,54

AU ROUGE BLANC.

CALCINATION.		RÉSULTATS de la distillation.		POUVOIR éclairant.		POUVOIR AGGLOMÉRANT.	
DÉDUCTION faite des cendres.		VOLUME DES GAZ		TITRE DU GAZ.		CHIFFRES conven- tionnels.	NATURE DU COKE.
Charbon.	Matières volatiles.	Du charbon avec ses cendres.	Déduction faite des cendres.	Gaz épuré.	Gaz brut.		
p. o/o	p. o/o	l.	l.	»	Nul.		
91,96	8,04	19,75	22,67	»	Nul.	0	Coke conservant la forme des morceaux de charbon.
90,81	9,19	23,87	21,78	Nul.	Nul.	0	Coke conservant la forme des morceaux de charbon.
84,64	15,36	27,25	28,86	0,343	0,017	0	Coke conservant la forme des morceaux de charbon.
84,63	15,37	20,37	21,01	1,222	0,237	6 1/2	Coke aggloméré prenant la forme champignon.
75,52	24,48	27,18	29,12	2,28	0,81	9	Coke bien aggloméré, métalloïde, grain fin.
68,48	31,52	33,31	28,76	4,927	1,93	8	Coke bien aggloméré, métalloïde, légèrement friable.
67,58	32,42	27,93	31,35	4,952	0,95	8	Coke bien aggloméré, terne, friable.
67,00	33,00	31,31	31,66	4,452	0,95	6	Coke assez bien aggloméré, métalloïde, grain fin et friable.
66,60	33,40	31,37	32,21	5,619	3,034	5	Coke assez bien aggloméré, métalloïde, friable.
58,71	41,29	32,81	32,53	5,862	2,858	8	Coke bien aggloméré, métalloïde, friable.
64,10	35,90	28,37	29,24	4,939	1,609	8	Coke bien aggloméré, terne et caverneux.
63,89	36,11	30,50	31,20	4,461	3,073	8	Coke bien aggloméré, terne et caverneux.
57,96	42,04	28,75	29,63	3,244	1,750	6	Coke mal aggloméré, métalloïde, très-friable.
65,58	34,42	22,18	28,78	3,200	0,677	5	Coke assez bien aggloméré, très dur et terne.
57,60	42,40	25,37	28,62	3,067	0,047	3	Coke conservant la forme des morceaux.
50,05	49,95	28,75	29,93	3,941	0,937	1/2	Coke à peine aggloméré, conservant la forme des morceaux.
38,93	61,07	25,87	31,92	2,089	0,020	0	Coke conservant la forme des morceaux.
87,77	12,23	20,25	23,18	0,429	0,103	0	Coke conservant la forme des morceaux.
68,83	31,17	18,25	27,48	6,677	0,464	0	Coke conservant la forme des morceaux.
45,28	54,72	29,00	39,79	1,541	0,08	3	Coke mal aggloméré, conservant la forme des morceaux de schistes.
38,17	61,83	24,00	39,01	4,183	0,59	1	Coke non aggloméré, conservant la forme des morceaux de schistes.
27,40	72,60	22,62	42,62	8,046	3,46	0	Coke noir non aggloméré.
17,11	82,89	33,25	45,26	»	19,12	0	Coke conservant la forme des morceaux de charbon.
22,11	77,89	29,37	29,50	1,205	Nul.	0	

COMPARAISON ENTRE LE VOLUME ET LE POUVOIR ÉCLAIRANT DES GAZ
N° 28. Aux températures rouge sombre, rouge cerise et rouge blanc.

DÉSIGNATION DES COMBUSTIBLES	TEMPÉRATURE.	VOLUME des gaz pour 100 gram. de houille.	POUVOIR ÉCLAIRANT (Titre).	
			Gaz brut.	Gaz épuré.
Anthracite des Marais..... B	Rouge blanc.	231,87	0	0
	— cerise.	21,50	0	0
	— sombre	9,75	0	0
Houille grasse (Treuil)..... E	Rouge blanc.	27,18	0,81	2,28
	— cerise.	21,37	0,81	3,34
	— sombre.	13,62	0,88	3,35
Houille anglaise (West-Pelaw-Main).... F	Rouge blanc.	33,31	1,93	4,92
	— cerise.	"	"	"
	— sombre.	"	"	"
Houille anglaise (West-Leverson)..... G	Rouge blanc.	27,93	0,05	4,95
	— cerise.	21,81	1,10	5,25
	— sombre.	11,87	2,02	5,57
Houille allemande (Alma)..... H	Rouge blanc.	31,31	0,95	4,45
	— cerise.	22,87	1,23	5,72
	— sombre.	15,62	1,50	6,00
Houille allemande (Consolidation)... . I	Rouge blanc.	31,37	3,03	5,61
	— cerise.	"	"	"
	— sombre.	"	"	"
Houille de Commentry (Grande-Couche). K	Rouge blanc.	32,81	2,85	5,86
	— cerise.	25,50	3,36	7,09
	— sombre.	13,75	3,51	9,23
Lignite des Vosges..... O"	Rouge blanc.	25,37	0,04	3,06
	— cerise.	22,50	0,15	3,49
	— sombre.	14,50	0,20	4,92
Lignite de la Dordogne..... O'''	Rouge blanc.	25,87	0,02	2,08
	— cerise.	20,75	0,077	2,57
	— sombre.	17,87	0,00	2,42
Bog-Head (Ecosse)..... S	Rouge blanc.	33,25	19,12	"
	— cerise.	18,00	19,28	"
	— sombre.	10,25	19,84	"
Schistes bitumineux. Menat.....	Rouge blanc	22,62	3,46	8,04
	— cerise.	14,87	3,99	10,95
	— sombre.	12,25	4,76	11,08
Schistes bitumineux compactes. Commentry	Rouge blanc.	29,00	0,08	1,54
	— cerise.	20,00	0,06	2,87
	— sombre.	14,75	0,02	3,75
Schistes bitumineux feuilletés. Commentry:	Rouge blanc.	24,00	0,54	4,18
	— cerise.	23,50	0,82	7,66
	— sombre.	13,25	1,83	8,42

POUVOIR ÉCLAIRANT

DES GAZ PRODUITS SUCCESSIVEMENT PAR UNE MÊME DISTILLATION.

N° 29.

	HOUILLE GRASSE. (Treuil).			HOUILLE A GAZ. (Commentry).			LIGNITE. (Dordogne).		
	Au rouge sombre.	Au rouge cerise.	Au rouge blanc.	Au rouge sombre.	Au rouge cerise.	Au rouge blanc.	Au rouge sombre.	Au rouge cerise.	Au rouge blanc.
	<i>Titre du gaz brut.</i>								
Partie	3,47	4,84	5,50	6,64	8,72	7,12	0,02	0,24	0,13
d°	4,62	5,22	5,17	6,60	10,28	8,07	0,02	0,03	0,05
d°	2,07	3,72	2,66	2,94	10,28	9,08	0,016	0,03	0,03
d°	0,11	2,00	1,70	0,28	5,28	2,29	»	0,01	»
d°	0,02	»	»	0,05	»	»	»	»	»
Volume total des gaz.	13,62	21,37	27,18	13,75	25,50	32,81	17,87	20,75	25,87
Pouvoir éclairant moy.	0,88	0,81	0,81	3,51	3,36	2,85	»	0,077	0,02

MARCHE DE LA CALCINATION A 400°

N° 30.

DURÉE du jour dans l'étuve.	PERTES EN MATIÈRES VOLATILES.			
	ANTHRACITE (Marais).	HOUILLE GRASSE (Treuil).	HOUILLE A GAZ (Commentry).	LIGNITE (Dordogne).
15 minutes....	0,75 p. %	0,47 p. %	3,25 p. %	9,42 p. %
30 d°	1,00	1,60	4,85	12,15
45 d°	1,10	1,75	5,17	14,50
1 heure	1,65	2,12	8,40	21,50
1 d° 15' ..	1,85	3,15	9,70	22,35
1 d° 30' ..	2,00	4,15	15,47	25,70
2 d°	2,09	4,35	18,49	29,30

RÉSULTATS DE LA DISTILLATION ET DE LA CALCINATION A DIVERSES TEMPÉRATURES
Houille de Commeny. (TENEUR EN CENDRES 2,80 P. %).

N° 31.

TEMPÉRATURES.	DISTILLATION POUR GAZ.			CALCINATION POUR COKE.			ÉTAT DU RÉSIDU SOLIDE.	
	VOLUME de gaz. — o/ogrammes.	POUVOIR éclairant du gaz brut. — Titre.	DURÉE de la distillation.	méridu solide. — o/ogrammes.	POUVOIR agglomérant.	DURÉE de la calcination.		
Rouge blanc..... environ 1.300°.	32,81	2,85	15'	59,87	8	10'	Coke métalloïde, bien aggloméré, divisé en fragments durs et denses, un peu caverneux au centre. Coke un peu métalloïde, bien aggloméré, assez dur, un peu poreux, caverneux au centre. Coke noir gris, peu consistant, poreux, très-caverneux au centre. Coke noir, brillant, très-boursoufflé et très-caverneux. Léger ramollissement; les morceaux de charbon conservent leur forme. Pas de ramollissement.	
Rouge cerise..... environ 1.000°.	25,50	3,36	30'	61,10	7	20'		
Rouge sombre... environ 700°.	13,75	3,51	45'	64,20	6	30'		
400°.....	6,40	0,10	2 jours.	75,00	3	48 hees.		
300°.....	0,25	0,005	17 —	»	0	17 jours.		
200°.....	0,20	»	40 —	»	0	40 —		
100°.....	0,10	»	40 —	»	0	40 —		
								p

Marche et durée de la calcination aux températures élevées.

N° 32. HOUILLE DE COMMENTRY. (Cendres 5 p. ‰)

	PERTES OU MATIÈRES VOLATILES.		
	Rouge sombre.	Rouge cerise.	Rouge blanc.
1 minute	1,30 p. ‰	6,00 p. ‰	13,16 p. ‰
2 d°	3,15	10,36	17,15
4 d°	7,00	24,64	29,35
8 d°	14,65	32,10	38,60
12 d°	23,15	36,80	38,60
16 d°	26,25	37,65	»
20 d°	31,30	37,65	»
24 d°	32,20	»	»
28 d°	33,20	»	»
30 d°	33,20	»	»

Les résultats consignés dans les tableaux précédents ont été généralement obtenus en opérant sur 20 grammes de houille aux températures élevées, sur 100 grammes à 400°. Quelques opérations à 300, à 200 et à 100° ont été faites sur 15 kilogrammes.

Pour calciner la houille aux températures élevées, on a opéré selon les indications du chapitre 2. L'abondant et rapide dégagement qui a lieu, permet d'éviter facilement l'accès de l'air sur la houille ; pour cela, un simple couvercle bien ajusté et percé d'un trou pour le dégagement des gaz suffit.

Mais à 400° et au-dessous, les opérations étant fort longues, il faut plus de précautions pour que la houille ne puisse prendre dans l'air une certaine quantité d'oxygène. On s'est servi de l'appareil de dessiccation représenté par la FIG. 7 (PL. I). Le creuset à charbon est introduit dans un vase plein de sable sur lequel se place un couvercle dont les bords plongent dans une cuvette annulaire. La cuvette contient du mercure pour les températures inférieures à 300°, du plomb pour

les températures comprises entre 300 et 400°. L'espace laissé à l'air est aussi réduit que possible.

— Les effets de la chaleur varient beaucoup avec la température.

— A chaque température correspondent des produits solides et gazeux distincts.

— Presque insensible et très-lente à la température ordinaire, la décomposition de la houille est rapide et profonde aux températures élevées.

— A la température ordinaire, on recueille des quantités à peine appréciables de gaz.

En plaçant de la houille de Commentry à la partie supérieure d'une éprouvette renversée pleine de mercure, en un mois, on n'en obtient pas $\frac{1}{2}$ litre pour 100 grammes à la température de 100°; à 400° le dégagement est de 5 litres environ en 24 heures; au rouge blanc il est de 32 litres en 15'.

Les gaz dégagés ne sont pas de même nature à toutes les températures; ils diffèrent même complètement du commencement à la fin d'une même distillation.

Le tableau n° 3 montre que les premiers gaz dégagés sont généralement les plus éclairants, et que les derniers produits de la distillation ne sont même pas inflammables.

Ces derniers gaz proviennent des parties centrales de la charge qui avant d'être portée au rouge, a été altérée par l'action d'une chaleur moins intense.

Le pouvoir éclairant est plus élevé aux températures moyennes qu'aux températures très-hautes ou très-basses.

Sur les tableaux précédents on voit que ce pouvoir est généralement à son maximum au rouge sombre, il paraît encore augmenter vers 600°, puis il diminue et les gaz sont à peine éclairants à 400°.

Il est difficile d'apprécier le pouvoir éclairant des gaz dégagés à 400° et au-dessous, à cause de leur faible volume relatif.

En opérant sur de faibles quantités de charbon, on n'obtient qu'un petit volume de gaz qui se trouve mélangé avec une certaine proportion d'air. Or, l'air mélangé au gaz diminue le pouvoir éclairant comme l'indique le tableau suivant :

Influence de l'air mélangé au gaz sur le pouvoir éclairant du gaz.
N° 33.

Proportion de gaz.	Proportion d'air.	Pouvoir éclairant.
10	0	100
9	1	35
8	2	12
7	3	7
6	4	1
5	5	0

On voit que le pouvoir éclairant diminue rapidement à mesure que la proportion d'air augmente et qu'il est entièrement détruit par un volume d'air égal au volume du gaz.

On obtient des gaz inflammables à 400° en opérant sur 100 grammes de houille ; j'en ai obtenu à 300° avec 15 kilogrammes, en ayant eu soin de remplir d'eau la cornue pour en chasser l'air. Cette dernière charge n'a pas donné de gaz inflammable à 200° ; peut-être était-elle encore insuffisante.

Résidu solide. — L'aspect, la forme, la proportion, la dureté et la densité des résidus solides varient avec la température de la calcination.

Jusqu'à 200°, le charbon ne subit que des modifications peu notables.

A 300° les charbons gras subissent un commencement de ramollissement.

A 400°, ils entrent en fusion.

Placée dans un creuset en porcelaine et introduite dans l'étuve de 400°, la houille de Commentry commence à se ramollir au bout de 30' et elle est en fusion au bout de 45'. La fusibilité n'est pas parfaite ; c'est plutôt un état pâteux

touchant à la fusion. Les gaz, traversant difficilement la masse pâteuse, la boursofflent et forment un culot d'une extrême porosité ; ce culot a une forme arrêtée au bout d'une heure environ.

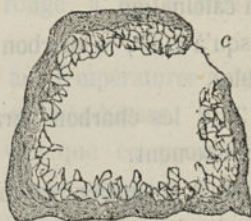
La houille grasse du Treuil fond moins vite que celle de Commentry ; elle n'est tout à fait en fusion dans les petits creusets en porcelaine qu'au bout de 1 heure 30'.

Au rouge sombre, le culot de coke est moins poreux qu'à 400° ; il commence à prendre la couleur métallique.

Cet éclat s'accroît aux températures plus élevées ; en même temps la porosité diminue ; la densité et la dureté du coke augmentent.

Lorsqu'on porte immédiatement au rouge blanc un creuset rempli de charbon, il se produit souvent, au bout de quelques minutes, une explosion plus ou moins bruyante, qui parfois soulève le couvercle et brise même le creuset.

Les charbons du Treuil, de l'Alma, du puits Verpilloux sont particulièrement sujets à ces explosions. Lorsqu'ils ne font pas explosion ils donnent quelquefois naissance à des culots de forme bizarre. (Fig. *a* ci-dessous).

FIG. *a*.FIG. *b*.

En observant la marche de la carbonisation, on s'explique ce fait : la chaleur, saisissant d'abord la partie extérieure de

la charge, la carbonise avant même d'avoir échauffé la partie centrale. Au milieu d'une enveloppe de coke, il reste ainsi du charbon intact, riche en gaz (FIG. *b* ci-contre, où *c* est le trou par lequel le charbon naturel est sorti). Bien que le coke soit poreux, il ne l'est pas assez pour livrer passage aux gaz qui se produisent en grande quantité, lorsque la chaleur atteint une nouvelle zone de charbon. De là l'explosion.

La rupture du culot est quelquefois due au boursoufflement de la partie intérieure qui survient, alors que la partie extérieure de la charge est déjà carbonisée et consolidée.

En examinant l'état du culot après 1, 2, 3 minutes, etc. de séjour dans le moufle, on voit que la cokification a lieu par zones successives concentriques. Une croûte de coke se forme d'abord tout autour de la charge de charbon ; au milieu de cette croûte, le charbon est à peine échauffé. Le coke étant assez bon conducteur de la chaleur, la température rouge blanc passe et atteint une nouvelle zone de charbon qu'elle carbonise ensuite. C'est ainsi que, de proche en proche, toute la charge de charbon se cokifie.

Les zones successivement carbonisées sont souvent reconnaissables à la plus grande porosité de la partie qui les sépare. Cette porosité résulte de ce que, à la limite de chaque zone de coke, le charbon, subissant d'abord l'action d'une basse température, se ramollit et qu'il a perdu une partie de sa fusibilité lorsque la chaleur blanche l'atteint ; entre deux zones on a du coke semblable à celui qui se serait formé à 400°.

Au centre des culots se trouve un vide ou une partie cavernueuse, due aussi au ramollissement ou à la calcination à basse température qui précède l'action du rouge blanc. A mesure que la température s'élève, le volume du coke diminue, et comme il ne peut diminuer extérieurement, la croûte étant consolidée, il en résulte un vide central.

Cette diminution de volume entraîne aussi des contractions

qui brisent la croûte déjà formée. Les culots du rouge blanc sont tous divisés en fragments pyramidaux dont la pointe est au centre ; au rouge cerise, les ruptures sont moins nombreuses ; elles sont rares au rouge sombre, et n'existent pas à 400° parce que la consolidation du culot se fait à la fois dans toute la masse.

La disposition du coke en zones concentriques et les fentes convergentes vers le centre se retrouvent dans les saumons de coke de Commentry fabriqués au four belge.

La partie extérieure du saumon est à grains fins et durs ; on remarque des zones denses et des zones poreuses. La porosité s'accroît graduellement à mesure qu'on approche du centre. Le coke est divisé en aiguilles dont la pointe est au milieu du saumon.

La charge de charbon subit pendant la calcination des dilatations et des contractions ; elle a d'abord 0^m,80 de hauteur ; elle arrive à 0,84 ou 0,85 au bout de 30 à 40 minutes ; puis elle baisse peu à peu. Elle revient à sa hauteur primitive au bout de 5 heures, baisse encore, et à la fin de l'opération (24 heures) elle n'a plus que 0^m,75 environ. Après la dilatation, il y a contraction.

ARTICLE II.

Action d'une température plus élevée sur le premier résidu solide.

Nous venons de voir que la chaleur seule, agissant sur la houille, laisse un résidu solide d'autant plus considérable que la température est moins élevée.

Au-dessous de 400 degrés, les pertes en matières volatiles sont faibles et la houille conserve longtemps ses propriétés.

Ainsi à 300°, au bout de 17 jours de chauffage en vase clos, la houille de Commentry donne un résidu dont le pouvoir agglomérant est de 5
et le titre du gaz épuré de 4,50

A 200°, au bout de 40 jours, le pouvoir agglomérant du résidu est de 6

A 100°, l'altération au bout de 40 jours est à peine sensible.

Mais à 400° la décomposition de la houille marche plus rapidement et les propriétés du résidu solide n'ont plus de rapport avec celles de la houille naturelle.

Le tableau suivant indique la marche de la distillation à 400 degrés et les produits qu'on obtient par une nouvelle distillation au rouge cerise du premier résidu solide :

N° 34.

Houille de Commentry.

ACTION DE LA CHALEUR A 400° sur la houille.					DISTILLATION AU ROUGE CERISE de 100 grammes du résidu solide obtenu à 400°.			
Durée du séjour dans l'étuve.	Résidu solide.	Pouvoir agglomérant.	Volume du gaz.	Titre du gaz brut.	Nouveau résidu solide.	Pouvoir agglomérant.	Volume du gaz.	Titre du gaz brut.
15 minutes.	96,75 ⁰ / ₀	0	1.					
30 »	95,15	0	0,30	S'enflamme.	p. ⁰ / ₀		1	
45 »	94,82	0	0,90	Pouvoir	63,72	5	23,87	2,32
1 heure.	91,60	1	1,50	éclairant	64,97	4	23,25	
1 h. 15'	90,30	1	2,20	presque	66,72	3	23,05	
1 h. 30'	84,52	2	2,75	nul.	67,98	2	22,88	0,250
1 h. 45'	83,67	2	3,25		72,65	1	22,60	
2 heures.	81,50	3	3,35		76,34	1	22,10	
2 h. 15'	81,45	3	3,40		77,00	1/2	22,00	
2 h. 30'	79,59	»	3,82		78,77	0	21,80	0,051
3 h. »	78 »	»	4,15		80,73	0	21,40	Nul.
4 h. »	77,50	»	4,20		80,88	0	21,20	
8 h. »	77,35	»	4,60		82,22	0	21,05	
12 h. »	77,10	»	5,00		86 »	0	20,00	
16 h. »	77 »	»	5,20		88,34	0	19,10	
24 h. »	76 »	»	5,50		88,50	0	19,10	
28 h. »	75,60	»	6,00		88,60	0	19,05	
2 jours.	75 »	»	6,40		89,05	0	18,90	
4 »	»	»	6,40		89,35	0	18,66	
6 »	»	»	»		90 »	0	17,64	
9 »	»	»	»		»	»	»	

On voit que, lorsque la distillation à 400° est terminée, il reste un résidu solide qui, chauffé au rouge cerise, perd encore 10 p. ⁰/₀ de son poids et donne 17 litres 64 de gaz; mais ce résidu n'a plus ni pouvoir agglomérant ni pouvoir éclairant.

Au rouge sombre (700°) la houille de Commentry perd 33 p. % de son poids. Le culot de coke obtenu, porté au rouge cerise, dégage encore 2 p. % de matières volatiles, et le résidu du rouge cerise perd encore 2 p. % sous l'action du rouge blanc.

Les gaz qui se dégagent dans ces distillations successives, ne sont pas inflammables.

CHAPITRE 5^{m^e}.

EXAMEN DES RÉSULTATS OBTENUS.

ARTICLE I.

Variation de poids.

Nous avons vu que la houille exposée à l'air est susceptible d'absorber une quantité notable d'oxygène, et que cette absorption est favorisée par la chaleur s'exerçant entre certaines limites; d'un autre côté, nous avons vu aussi que la chaleur favorise le dégagement de l'eau hygrométrique ainsi que la décomposition et la combustion lente de la houille.

Les accroissements et les diminutions de poids que nous avons constatés dans la houille sont le résultat de ces divers phénomènes.

J'examinerai d'abord les causes de diminution de poids.

§ 1. — *Eau hygrométrique.*

La houille introduite dans une éprouvette renversée, pleine de mercure, et chauffée à plus de 100°, dégage bientôt de la vapeur d'eau que le refroidissement fait condenser en petites gouttelettes.

Du départ de cette eau résulte principalement la diminution de poids qui se manifeste au début de l'action de l'air et de la chaleur sur la houille.

Dans l'air, pendant que l'eau hygrométrique se dégage, une absorption d'oxygène a lieu; de là les différences constatées dans la perte de poids à diverses températures.

En réalité, une charge de 20 grammes de houille pulvérisée, placée dans une capsule, ne perd entièrement son eau hygrométrique qu'après 1 à 2 heures de chauffage à 200°, ou 5 ou 6 heures à 100 degrés.

Les courbes de variations de poids semblaient indiquer que l'eau hygrométrique ne se dégage pas complètement au-dessous de 100° ; j'ai constaté en effet qu'en chauffant à plus de 100 degrés de la houille qui avait séjourné pendant six mois dans une étuve à 50 degrés, on en faisait encore sortir de l'eau.

Si le dégagement de l'eau hygrométrique et l'absorption d'oxygène étaient les seuls phénomènes en jeu quand on chauffe la houille dans l'air, il suffirait de la chauffer à l'abri de l'air pour la dessécher sans modifier sa composition.

Mais la chaleur, comme nous l'avons vu, chasse de la houille d'autres principes.

C'est pour cette raison que M. de Marsilly (1) au lieu de chauffer la houille pendant une demi-heure à 120 degrés comme Regnault, a préféré l'action du vide sec.

Regnault s'appuyait sur les expériences suivantes :

« Je me suis assuré (2), disait-il, que l'eau hygrométrique « était enlevée complètement dans le vide, ou par une température un peu supérieure à 100°. C'est ce que les expériences suivantes font voir clairement. »

« I. — 1.388 d'une houille grasse en poudre séchée à l'air, « ont perdu par une exposition de deux jours dans le vide « sec, 0,019 p. ‰.

« II. — 1.542 de la même houille, exposée pendant une « demi-heure à 100°, a perdu 0,021 d'eau p. ‰.

« III. — 1.557 de la même houille ont été maintenus pen-

(1) Etude sur les houilles diverses consommées sur le marché de Paris. (*Annales des mines*, 5^{me} série, t. XII).

(2) Recherches sur les combustibles minéraux. (*Annales des mines*, 3^{me} série, t. XII).

« dant une heure à une température de 230° ; ils ont perdu
« 0,022 p. % .

« On voit d'après cela que la houille abandonne toute son
« eau hygrométrique à environ 100 degrés. »

D'après mes expériences, la houille ne devrait pas avoir perdu toute son eau après une demi-heure de chauffage à 100° : l'action du vide, entraînant une perte de poids encore plus faible, n'avait donc pu produire, non plus, une dessiccation complète ; enfin, à 230°, au bout d'une heure, la houille après avoir atteint le poids minimum, avait déjà pu regagner une partie du poids qu'elle avait perdu. A 100°, comme à 230°, la houille avait absorbé une certaine proportion d'oxygène.

M. de Marsilly a fait de nombreux essais de dessiccation ;
« toujours la perte dans le vide sec a été moindre qu'à une
« température de 100 ou 120°. Les résultats de ces essais
« sont consignés dans le tableau n° 1. » (1).

En examinant ce tableau, on voit, en effet, que dans 22 opérations triples faites sur des charbons de la Belgique et du Nord de la France, la perte moyenne a été :

Dans le vide sec de. 0,45 %

Et par le chauffage à 100° de. 1,04 %

Mais à 200° la perte n'est plus que de. 0,63 %

Cette perte, plus faible à 200° qu'à 100°, donne la preuve que les houilles essayées par M. de Marsilly se sont comportées comme celles qui ont été l'objet de mes expériences. Après avoir perdu du poids elles en ont regagné, et on le constate surtout à 200°, parce qu'à cette température, l'absorption d'oxygène est rapide et n'est pas compensée par les pertes résultant de la décomposition.

Si l'on considère que la perte de poids subie par la houille à 100 degrés n'indique qu'une partie de l'eau hygrométrique

(1) Etude sur les houilles diverses. (*Annales des mines*, 5^{me} série, t. XII).

éaporée, on en conclut que l'action du vide, dans les conditions où elle a été appliquée, est insuffisante pour dessécher complètement la houille.

Le vide, d'ailleurs, n'est pas complètement à l'abri du reproche qu'on peut faire à la chaleur ; il favorise aussi un peu la décomposition de la houille en provoquant le dégagement de certaines matières volatiles.

Il est donc fort difficile d'arriver, sans modifier la composition de la houille, à lui enlever complètement son eau hygrométrique.

Une forte chaleur fait dégager des hydrocarbures avec l'eau ; une chaleur faible ne chasse pas toute l'eau. Le chauffage en vase bien clos (PL. I, FIG. 7) pendant quelques heures à 100°, me paraît être l'opération la moins défectueuse.

§ 2. — *Décomposition et combustion lente de la houille.*

Sous l'action prolongée de la chaleur en vase clos, à 400°, la houille n'arrive à perdre qu'une faible partie de son poids.

Exposée à l'air à la même température, elle se volatilise complètement en quelques jours, sans qu'il y ait eu inflammation ou ignition ; au bout d'un certain temps, on ne trouve plus que des cendres.

Dans le premier cas, il y a seulement décomposition ; dans le second, il y a, à la fois, décomposition et combustion lente.

On n'a pas exactement la mesure de ces deux actions, parce que, tout en brûlant et se décomposant, la houille absorbe encore de l'oxygène et que cette oxygénation doit la rendre plus facilement décomposable. L'action de l'air et celle de la chaleur s'activent mutuellement.

Les mêmes phénomènes ont lieu, avec moins d'intensité toutefois, aux températures inférieures. A 200°, la volatilisation ne serait complète qu'après deux ans environ d'exposition à l'air ; à 100°, il faudrait beaucoup plus de temps.

La décomposition, la combustion lente et l'absorption d'oxygène paraissent avoir toujours lieu simultanément; de sorte que la courbe des poids n'est qu'une résultante dont les éléments pourraient être représentés approximativement de la manière suivante. (Voir ci-contre les diagrammes n^{os} 40 et 41).

Les phénomènes qui ont lieu aux diverses températures pourraient être représentés par des courbes analogues. Quand les phénomènes seront mieux connus, ce ne sera pas seulement à l'aide de trois composantes qu'on pourra établir le tracé de la courbe des poids, mais d'un plus grand nombre: les unes relatives au dégagement des gaz provenant de la combustion et des hydrocarbures, les autres concernant l'oxydation de la houille, celle des pyrites et probablement d'autres matières, etc.

§ 3. — *Cause des accroissements du poids de la houille exposée à l'air.*

On ne peut attribuer l'accroissement du poids de la houille dans l'air, qu'à une absorption de gaz ou à une absorption d'eau.

Il n'y a pas lieu de tenir compte de la condensation possible de vapeur d'eau, le phénomène qui nous occupe ayant lieu dans l'air sec, ainsi qu'aux températures de 100, 200 et 400 degrés. D'un autre côté nous avons vu que dans l'air la houille absorbe presque uniquement de l'oxygène.

Les accroissements de poids résultent donc principalement d'une *absorption de l'oxygène de l'air*.

Deux questions se présentent alors :

1° L'oxygène est-il absorbé par la houille pure ou par les matières étrangères qu'elle renferme ?

2° L'absorption est-elle mécanique ou chimique ?

1° *L'oxygène est-il absorbé par la houille ?*

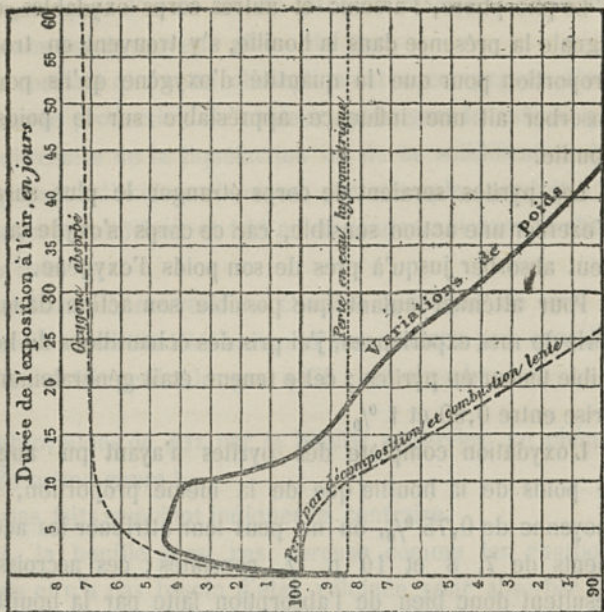
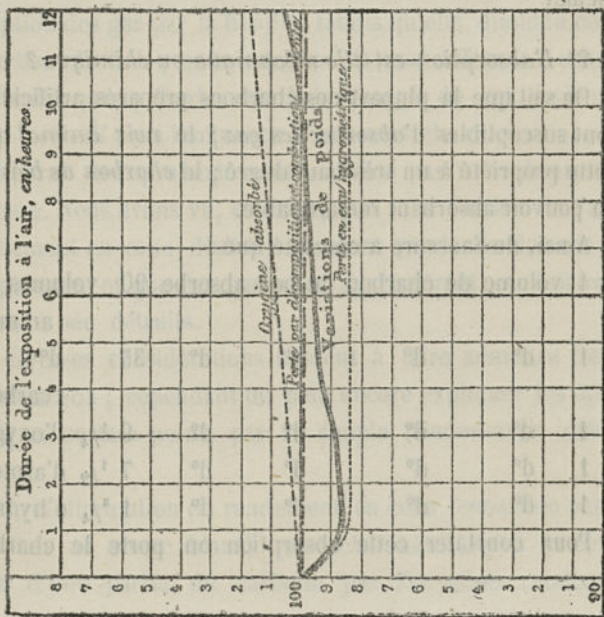
Cette question nous conduit à examiner quelle peut être la part des matières étrangères de la houille dans l'absorption d'oxygène.

N°40

Houille de Commentry, en poussière, exposée à l'air à 200°.

N°41

Composantes de la courbe des variations de poids.



Le phosphore, l'arsenic et autres corps oxydables, dont on signale la présence dans la houille, s'y trouvent en trop faible proportion pour que la quantité d'oxygène qu'ils pourraient absorber ait une influence appréciable sur le poids de la houille.

Les pyrites seraient le corps étranger le plus susceptible d'exercer une action sensible, car ce corps s'oxyde à l'air et peut absorber jusqu'à près de son poids d'oxygène.

Pour atténuer autant que possible son action dans la 1^{re} série de mes expériences, j'ai pris des échantillons de houille à faible teneur en pyrites ; cette teneur était généralement comprise entre 0,50 et 1 %.

L'oxydation complète des pyrites n'ayant pu augmenter le poids de la houille que de la même proportion, soit en moyenne de 0,75 %, on ne peut leur attribuer les accroissements de 7, 8 et 10 p. % constatés ; ces accroissements résultent donc bien de l'absorption faite par la houille elle-même.

2° *L'absorption est-elle mécanique ou chimique ?*

On sait que la plupart des charbons préparés artificiellement sont susceptibles d'absorber les gaz ; le noir animal possède cette propriété à un très-haut degré ; le charbon de bois a aussi un pouvoir absorbant remarquable.

Ainsi, de Saussure a constaté que :

1	d°	d°	d°	d°	35	d°	d'acide ammoniac.
1	d°	d°	d°	d°	9 1/4	d°	d'oxygène.
1	d°	d°	d°	d°	7 1/2	d°	d'azote.
1	d°	d°	d°	d°	1 3/4	d°	d'hydrogène.

Pour constater cette absorption on porte le charbon au

rouge, puis après l'avoir étouffé dans le mercure, on le fait passer dans une éprouvette pleine de gaz.

On a constaté que cette absorption est accompagnée d'une assez grande production de chaleur, plus grande même que celle qui résulte de la liquéfaction ou de la solidification des gaz. 1 gramme d'acide carbonique, par exemple, produit 138 calories en se solidifiant et 148 en se condensant dans le charbon de bois.

En calcinant de nouveau un charbon imprégné de gaz, et même en le soumettant à l'action d'une chaleur peu considérable, on lui fait perdre les gaz qu'il avait absorbés.

Les absorptions de gaz par la houille sont-elles un phénomène du même genre ?

Certains faits semblent indiquer le contraire.

Ainsi, la houille n'est pas poreuse comme les charbons artificiels et n'a pas besoin d'être calcinée pour absorber les gaz ; une élévation de température (de moins de 400°) favorise l'absorption des gaz par la houille, tandis qu'elle diminue celle du charbon de bois ; enfin, et c'est là une différence essentielle, tandis que le charbon de bois chargé de gaz revient à son état primitif sous l'influence d'une nouvelle calcination, la houille paraît être profondément modifiée par une absorption d'oxygène. Nous avons vu, en effet, que sous l'action de l'air, le rendement en coke diminue pendant que le rendement en gaz augmente, et que les pouvoirs agglomérant et éclairant sont peu à peu détruits.

Ces diverses considérations tendent à faire admettre l'état de combinaison ; cependant on peut encore expliquer les faits, jusqu'à un certain point, par la simple condensation mécanique.

Ainsi, la diminution de rendement en coke (constatée par la calcination au rouge blanc) peut être attribuée à la combustion d'une partie du carbone par l'oxygène condensé,

combustion qui doit entraîner un accroissement du volume des gaz. D'un autre côté, les nouveaux gaz acide carbonique ou oxyde de carbone, résultant de cette combustion intime, mêlés aux hydrocarbures, diminueraient le pouvoir éclairant. Enfin il se peut que cette combustion gêne la fusion et diminue le pouvoir agglomérant.

Tous les faits constatés auraient ainsi leur explication.

Cependant je suis porté à croire que le phénomène d'absorption d'oxygène par la houille n'est pas aussi simple, et qu'à la condensation mécanique, s'il y en a une, doit se mêler aussi une combinaison chimique.

Peut-être serait-il facile de se rendre compte de ce qui se passe en soumettant la houille qui a absorbé de l'oxygène à l'action du vide. Si l'oxygène était restitué on concluerait à une absorption mécanique. N'ayant pas les moyens de faire cette expérience, je me borne aux considérations suivantes :

Outre le dégagement de chaleur commun à la condensation et à la combinaison, et les modifications de propriétés (phénomènes qui caractérisent plutôt une absorption chimique) il y a dans la nature même de la houille et dans celle des transformations qu'elle subit sous l'action de l'air et de la chaleur, des raisons d'admettre la combinaison chimique.

La houille n'est point, comme on l'a dit quelquefois, une matière purement minérale, renfermant à l'état de mélange (en dehors des corps terreux) d'une part, du carbone fixe, d'autre part des hydrocarbures et de l'hydrogène, de l'oxygène et de l'azote diversement associés.

Les combinaisons, décompositions, transformations et associations multiples dont la houille est susceptible sous l'influence de la chaleur, de l'oxygène et de certains réactifs acides ou alcalins, ne permettent point de s'arrêter à cette hypothèse. Difficiles à comprendre si l'on est en présence de carbone minéralisé uni à l'état de simple mélange avec les autres éléments de la houille, ces phénomènes ne présentent rien

d'anormal et sont au contraire conformes à ce qui est connu, si on considère la houille comme un *composé défini* ou plutôt comme une *association de principes immédiats définis*, dérivant eux-mêmes des principes immédiats des végétaux. On est naturellement conduit à cette manière de voir par l'origine végétale et le mode de formation de la houille.

Les végétaux sont constitués en grande partie par des principes isomériques dont la composition, encore mal connue, correspond, comme celle de la *cellulose*, à des multiples de la formule $C^{12} H^{10} O^{10}$; on rencontre en outre, dans le bois, des *matières incrustantes* beaucoup plus riches en carbone et plus pauvres en hydrogène; des principes *azotés* qui jouent dans le développement des jeunes tissus un rôle essentiel; divers corps *résineux*, etc. La plupart de ces principes peuvent être représentés par du carbone uni à de l'oxygène et à de l'hydrogène dans les proportions de l'eau; de là, le nom d'*hydrates de carbone* qui leur est souvent attribué (1).

Sous l'influence de la chaleur, des acides et des alcalis, les hydrates de carbone donnent naissance à une nouvelle famille de corps organiques auxquels on a donné le nom de principes *ulmiques et charbonneux*, qui ne diffèrent des précédents que par la déshydratation et la réunion de plusieurs molécules en une seule.

« Les *tourbes*, les *lignites*, la *houille*, l'*anthracite* dans la nature, les divers *charbons* dans l'industrie humaine représentent les produits extrêmes des métamorphoses qui engendrent les produits ulmiques. »

« Principes ulmiques, principes charbonneux, carbone, tels sont dans les laboratoires, comme dans la nature, les termes extrêmes de la métamorphose des composés organiques. » (2).

(1) Voir Berthelot. *Chimie organique*.

(2) Voir Berthelot. *Chimie organique*.

Il est à remarquer que la simple déshydratation d'un amas de végétaux composés de cellulose unie à des corps résineux plus riches en hydrogène permettrait de se rapprocher graduellement des combustibles naturels : lignites, houilles grasses, anthracites. C'est probablement à cette déshydratation opérée lentement et sous pression qu'est principalement due la transformation des végétaux en houille.

La houille peut donc être considérée comme une matière organique ayant déjà passé par diverses métamorphoses ; et dans ces conditions elle doit subir sous l'action de l'oxygène des réactions analogues à celles qui ont lieu dans les matières organiques en présence de ce gaz.

D'autres corps qui se rapprochent de la houille, tels que certaines huiles et essences, absorbent aussi l'oxygène de l'air en se transformant et en produisant un dégagement de chaleur qui suffit quelquefois pour les faire enflammer spontanément.

Si l'absorption était seulement mécanique, un morceau de charbon, exposé à l'air chaud, serait aussi bien imprégné d'oxygène au centre qu'à la surface, et l'altération qui en résulte serait la même en tous points. Or, on constate (n° 40) que le centre est encore intact alors que la surface est profondément altérée.

Enfin une dernière raison qui permettrait de considérer l'absorption d'oxygène par la houille comme un phénomène chimique, est l'analogie qui existe entre les houilles naturellement riches en oxygène et celles qui se sont chargées d'oxygène par absorption. Cette analogie est signalée dans l'article suivant.

J'appellerai donc *oxydation* le phénomène d'absorption d'oxygène par la houille.

ARTICLE II.

Coke et gaz.

Nous avons vu que l'action de l'air et celle de la chaleur

exercer toutes deux une action nuisible sur la houille au point de vue des *pouvoirs agglomérant et éclairant*; nous avons vu de plus que la houille ayant subi l'action de la chaleur seule, rend moins de gaz et plus de coke, tandis qu'elle rend au contraire plus de gaz et moins de coke lorsqu'elle a subi l'action de l'air.

Par l'action de la chaleur seule, on rapproche une houille grasse de l'anhracite; par l'action de l'air, on la rapproche du lignite.

Cette analogie entre une houille grasse ainsi modifiée et les autres combustibles minéraux est remarquable.

Les savantes études de MM. Regnault, Gruner, de Marsilly, ont établi qu'il existe généralement une concordance entre la composition élémentaire des houilles et l'ensemble de leurs propriétés, quoique cette concordance ne soit pas toujours parfaite.

J'ai cherché à représenter les résultats généraux de ces études dans le diagramme suivant, sans tenir compte des irrégularités que l'on rencontre. En regard de la composition élémentaire, j'ai figuré les pouvoirs agglomérant, éclairant et calorifique, ainsi que les résidus solides et le volume des gaz produits par la calcination. (Voir diagramme n° 42 ci-après).

(L'échelle adoptée pour figurer les pouvoirs agglomérant et éclairant est purement conventionnelle. Les meilleures houilles, à chacun de ces points de vue, sont cotées 10).

Ces courbes montrent :

1° Que *le résidu de la calcination et le pouvoir calorifique marchent parallèlement à la proportion de carbone.*

Ce résidu et ce pouvoir vont en diminuant graduellement de l'anhracite au lignite.

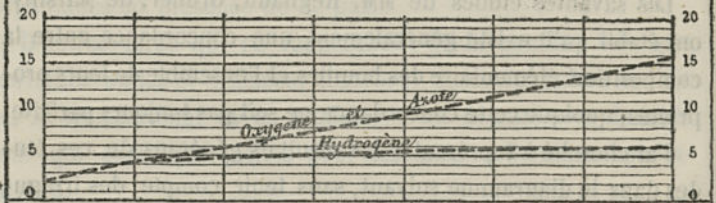
2° Que *le volume de gaz augmente généralement avec la proportion d'oxygène (1).* Il marche en sens inverse du résidu solide.

(1) La proportion d'azote dépasse rarement 1 p. % du poids du combustible.

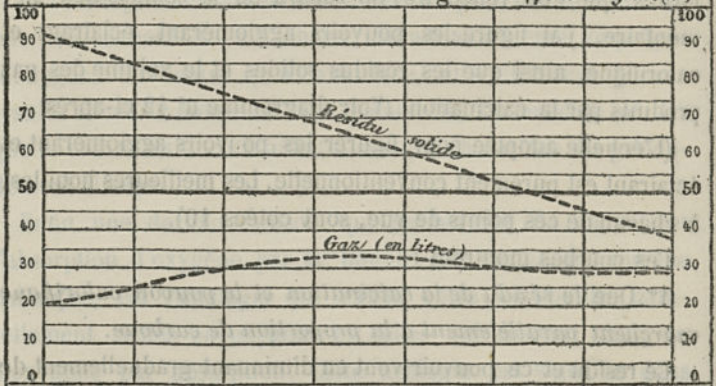
Composition élémentaire et propriétés industrielles correspondantes des houilles .

N° 42.

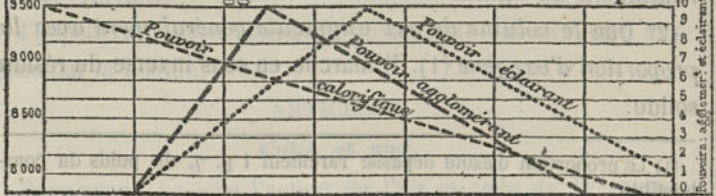
Composition élémentaire .



Produits de la Calcination au rouge blanc (pour 100 grammes)



Pouvoirs : Agglomérant, Eclairant et Calorifique



3° Que le *maximum du pouvoir agglomérant et du pouvoir éclairant* se manifeste en regard de compositions élémentaires peu différentes l'une de l'autre et à peu près également éloignées de celle de l'anhracite et de celle du lignite.

Pour comparer les houilles naturelles aux houilles modifiées par l'action de l'air et de la chaleur, partons de la houille grasse.

Action de la chaleur. — Les effets de la chaleur sont :

Une destruction graduelle des pouvoirs agglomérant et éclairant ;

Un accroissement du résidu de la calcination ;

Une diminution du volume des gaz.

On voit sur le diagramme précédent que les mêmes modifications de propriétés se présentent dans les houilles naturelles, en allant de la houille grasse à l'anhracite.

Action de l'air. — Les effets de l'air sont :

Une diminution graduelle des pouvoirs agglomérant et éclairant ;

Une diminution du résidu de la calcination ;

Un accroissement du volume des gaz.

C'est exactement ce qui a lieu dans les houilles naturelles, quand on passe de la houille grasse au lignite.

On voit que le *pouvoir agglomérant* disparaît aussi bien par l'effet d'une simple addition d'oxygène que sous l'action de la chaleur ; cette propriété semble liée à la composition élémentaire tout entière, et non à la présence en plus ou moins grande proportion de l'un des éléments constituants de la houille. Elle ne dépendrait donc pas, comme on l'a supposé quelquefois, d'un *principe gras* qui existerait dans certaines houilles et que la chaleur en chasserait.

L'action des acides azotique et sulfurique s'expliquerait ainsi : l'acide azotique doit oxygéner la houille, comme il fait

de la plupart des matières organiques ; l'acide sulfurique, très-avide d'eau, doit déterminer la formation de ce liquide, aux dépens de l'hydrogène et de l'oxygène de la houille qui subit ainsi une sorte de carbonisation. L'acide azotique agirait à la façon de l'air, l'acide sulfurique, comme la chaleur seule. Ces deux acides déterminent un changement dans la composition élémentaire de la houille.

Pouvoir calorifique. — L'analogie qui existe, au point de vue des propriétés et dans une certaine mesure au point de vue des compositions élémentaires, d'une part, entre les houilles ayant subi l'action de la chaleur et les houilles anthraciteuses, d'autre part entre les houilles qui ont été exposées à l'air et les houilles ligniteuses, cette analogie existe-t-elle aussi au point de vue du *pouvoir calorifique* ?

C'est probable.

Il est reconnu que le *pouvoir calorifique* croît et décroît avec la proportion de carbone fixe laissé par la distillation. Le résidu des houilles qui ont subi l'action de la chaleur étant augmenté, il doit en être de même de leur *pouvoir calorifique*, et cela les rapproche encore de l'anthracite.

D'un autre côté, on a constaté que « toute chaleur dégagée par le fait de la condensation des atomes chimiques est irrévocablement perdue pour l'acte de la combustion. » (1) La chaleur qui provient de l'absorption d'oxygène par la houille doit donc être enlevée au *pouvoir calorifique*. Cette hypothèse est d'ailleurs confirmée par la diminution du rendement en coke qui résulte de l'oxydation.

Il est donc fort probable que le *pouvoir calorifique* des houilles diminue sous l'action de l'air et augmente sous l'action de la chaleur seule.

(1) Gruner. *Pouvoir calorifique et classification des houilles.* (*Annales des mines*, 7^{me} série, t. IV).

CHAPITRE 6^m.**Observations sur la houille de Commentry dans les conditions ordinaires de l'exploitation.**

La houille de Commentry, comme la plupart des combustibles, perd, sous l'influence prolongée des actions atmosphériques, une partie de sa valeur commerciale ; à l'état de *gros et carré*, elle devient terne et subit une certaine altération ; à l'état de *menu*, elle s'altère davantage.

Le degré d'altération d'une houille exposée à l'air, dépend, comme nous l'avons déjà vu, d'un grand nombre de circonstances : de l'état de division du charbon, de sa pureté, de la masse amoncelée, de la température ambiante, etc.

L'altération de la houille de Commentry, que j'ai pu observer dans des circonstances fort différentes les unes des autres, pourra servir de mesure et d'explication à l'altération des autres houilles, en tenant compte, bien entendu, de leur nature et de toutes les influences qui concourent à en modifier les propriétés.

Mes observations ont porté sur de la houille en gros fragments, sur du menu lavé ou non lavé et sur des schlamms ; elles ont, pour la plupart, été faites sur des tas de charbon volumineux.

Les principaux faits constatés peuvent être résumés comme suit :

1° La houille exposée à l'air s'altère.

L'altération consiste en une diminution du *pouvoir agglomérant* et du *pouvoir éclairant*, et probablement aussi du *pouvoir calorifique*.

2° L'altération est d'autant plus rapide que la température est plus élevée et la houille plus divisée.

3° Dans les fragments, l'altération est plus grande à la surface qu'à l'intérieur.

Dans les tas de charbon perméables à l'air, l'altération est plus grande au centre qu'à la surface. Lorsque l'air ne peut pénétrer au centre, c'est la surface qui subit la plus grande altération.

4° Le menu *lavé* s'altère un peu moins que le menu *brut*.

5° Le *gros* n'éprouve une altération sensible qu'après un certain nombre d'années d'exposition à l'air.

Le *menu* s'altère très-vite, s'il est dans des conditions telles que sa température s'élève. En quelques mois il peut avoir perdu entièrement son pouvoir agglomérant et son pouvoir éclairant.

6° Les tas de *menu* charbon s'échauffent ; les tas de *gros* ne s'échauffent pas d'une manière sensible.

J'exposerai d'abord les faits, puis j'en chercherai l'explication en m'appuyant sur les conclusions des précédents chapitres.

ARTICLE I.

§ 1. — *Houille en gros fragments.*

N° 35. — Du *gros et carré* (1) entassé à l'extérieur en longue butte de 4 mètres de hauteur et de 10 mètres de largeur à la base, a donné lieu, au bout de *deux ans*, aux observations suivantes :

On a fait du coke au four belge avec ce *gros*, mêlé à la poussière que diverses manutentions avaient produite ; le pouvoir agglomérant du charbon fraîchement extrait étant. . . 8
après deux ans d'exposition à l'air, il n'était plus que de. 7 1/2

En criblant ce charbon et en carbonisant ensuite séparément le *gros* et la *poussière*, on a constaté que le pouvoir agglomérant des fragments était. 8
et celui de la poussière 7

(1) Voir la composition du *gros et carré* au commencement de ce mémoire.

Ainsi les fragments n'ont subi aucune altération appréciable au point de vue du pouvoir agglomérant, tandis que la poussière a perdu un peu de sa qualité.

N° 36. — *Fragments tirés des parois d'une galerie faite depuis 6 ans.*

On a pris du charbon sur les parois d'une galerie faite au milieu de la grande couche depuis 6 ans, et dans laquelle la température n'a varié qu'entre 10 et 25°.

L'état de la paroi permet de penser que le charbon est resté en place depuis le percement de la galerie.

Après un nettoyage préalable de la paroi, on a fait une première prise à la surface du charbon, sur 2 millimètres d'épaisseur.

Une deuxième prise a été faite à 0^m,05 de profondeur; une troisième à 1^m de profondeur dans le charbon massif.

Des essais de laboratoire ont donné les résultats suivants :

	Pouvoir agglomérant.	Pouvoir éclairant.
Couche superficielle de 2 ^m /m.	6 1/2	2,20
Prise à 0,05 de profondeur.	7	2,90
Prise à 1 ^m d°	8	3,70
Charbon naturel, non altéré.	8	3,70

N° 37. — *Fragments tirés des parois d'une galerie faite depuis 30 ans.*

Dans une galerie faite depuis 30 ans au milieu d'un charbon très-dur, et dont la température paraît être toujours restée inférieure à 20°, on a pris sur la paroi, après l'avoir bien brossée, une couche très-mince de charbon, de 1 à 2 millimètres d'épaisseur.

Puis à 10 centimètres de profondeur on a fait une deuxième prise.

La calcination au laboratoire a donné les résultats suivants :

	Pouvoir agglomérant.	Pouvoir éclairant.
Partie superficielle.	7	2,10
Partie intérieure.	8	3,70
Charbon naturel intact.	8	3,70

N° 38. — *Charbon extrait depuis fort longtemps.* — J'ai trouvé, dans un fossé qui a dû servir à l'écoulement des eaux de travaux remontant au siècle dernier, de la houille en morceaux de la grosseur du poing, recouverte par 30 à 40 centimètres de terre. La terre était cultivée depuis longtemps lorsqu'une exploitation à ciel ouvert, commencée en 1865, mit au jour ces vieux travaux et le fossé dans lequel j'ai pris les échantillons.

Ce charbon est probablement extrait depuis une centaine d'années. Il n'a pas subi l'action directe de l'air pendant tout ce temps; mais il n'en a jamais dû être complètement à l'abri.

D'après la position des anciens travaux, le charbon du fossé provient de l'une des meilleures parties de la grande couche. La teneur en cendres l'indique aussi.

Le charbon a bonne apparence; il est seulement un peu terne. De plus, il n'a pas de cohésion; il se divise très-facilement suivant des plans de clivage.

Des morceaux pulvérisés et calcinés au rouge cerise ont donné les résultats suivants :

	CENDRES.	RÉSIDU SOLIDE.		GAZ.	
		Rendement.	Pouvoir agglomérant.	Volume.	Titre.
Morceaux entiers.....	p. ‰ 2,61	p. ‰ 60,41	1	l. 26,50	0,20
Surface des morceaux.	3,24	60,76	1	27,87	0,19
Intérieur	2,78	60,90	1 1/2	24,87	0,51

N° 39. — *Fragments de charbon très-pyreux placés pendant un an dans une atmosphère humide dont la température varie de 35 à 45°.* — Les fragments étaient de la grosseur du poing.

Après un an d'exposition à l'air, on a pris, à la surface des morceaux, une mince couche de 1^m/m à 1 millimètre $\frac{1}{2}$ d'épaisseur ; on a mis d'un autre côté la partie intérieure des morceaux.

Les essais au laboratoire ont donné, au point de vue du pouvoir agglomérant et du pouvoir éclairant, les résultats suivants :

	Pouvoir agglomérant.	Pouvoir éclairant.
Surface des morceaux	8	1,24
Intérieur d°.	5	2,07

L'altération superficielle a été grande, probablement parce que la température de l'air était élevée. La chaleur joue un rôle important.

On a vu, sur les diagrammes n° 36 et 37, les modifications que produit l'action de l'air à différentes températures sur le poids de fragments de charbon de 4 à 5 centimètres de côté.

Voici les effets de l'action de l'air à 200°, sur les propriétés de la surface et de l'intérieur des fragments.

N° 40. — *Fragments de qualité ordinaire, exposés à l'air à 200°.* — Les fragments étaient de la grosseur du poing.

4 morceaux ont subi l'action de l'air à 200° pendant 4 heures.

4 autres morceaux d° d° d° d° 8 »

4 d° d° d° d° 12 »

et ainsi de suite.

Chacun des résultats ci-dessous est la moyenne de quatre essais.

DURÉE DE L'ACTION DE L'AIR.	POUVOIR AGGLOMÉRANT.		POUVOIR ÉCLAIRANT.	
	Surface.	Intérieur.	Surface.	Intérieur.
4 heures.....	6	6	1,50	3,05
8 »	5	5	1,25	2,91
12 »	4 1/2	4 1/2	1,13	2,74
1 jour.....	4	4	0,017	1,40
1 1/2 »	3	3 1/2	0	1,32
2 »	3	3	0	1,29
2 1/2 »	2 1/2	3	0	0,27
3 »	1	3	0	0,61
4 »	1 1/2	3	0	0,60
5 »	0	2	0	0,41
6 »	0	1/2	0	0

Les expériences précédentes prouvent que le charbon de Commentry exposé à l'air, en *gros fragments*, s'altère très-lentement à la température ordinaire. L'altération va de la surface au centre ; elle est à peine sensible au bout de 2 ans ; elle ne pénètre qu'à quelques millimètres de profondeur au bout de 6 et même de 30 ans ; elle est notable au centre des morceaux qui ont subi l'action de l'air pendant une centaine d'années.

A la température de 40 degrés environ, l'altération des *gros fragments* marche beaucoup plus vite.

A 200°, elle est complète au bout de quelques jours.

§ 2. — Houille à l'état de menu. (1)

CHARBON ENTASSÉ A L'EXTÉRIEUR, EN COUCHES ÉTENDUES, DE 1^m ET 2^m D'ÉPAISSEUR.

N° 41. — *Menu brut*. — Du menu brut, renfermant 11 p. % de cendres, a été entassé à sa sortie de la mine, en couches de 1^m et 2^m d'épaisseur.

On a fait avec ce charbon, d'abord avant l'exposition à l'air, puis de 3 mois en 3 mois, des carbonisations dans les fours à coke qui servent à la fabrication du coke pour hauts-fourneaux.

(1) Voir pour la composition de ce *menu* au commencement de ce mémoire.

Ces fours sont du système belge, à sole et à parois chauffées. Ils reçoivent 30 hectolitres de charbon à la fois. La cuisson dure 24 heures.

Voici le résultat de ces carbonisations :

NATURE DU COKE.

Avant l'exposition à l'air. — Brillant, aiguillé, dur, de bonne qualité pour hauts-fourneaux.

Après 3 mois d'exposition à l'air. — Coke un peu moins beau qu'au début ; quelques morceaux sont mal agglutinés.

Après 6 mois. — Coke terne, fritté, peu solide. On remarque des morceaux de charbon qui n'ont point changé de forme, surtout dans le coke du tas de 2^m d'épaisseur.

Après 9 mois. — Coke plus mauvais que le précédent ; le coke du tas de 2^m renferme une notable proportion d'escarbilles.

Après 12 mois. — La proportion d'escarbilles s'élève à $\frac{1}{3}$ environ dans le coke du tas de 2^m ; elle n'est que de $\frac{1}{8}$ environ dans le coke du tas de 1^m d'épaisseur.

N° 42. — *Menu lavé*. — Des tas, semblables aux précédents, faits avec le même charbon, ramené par un lavage à 7 p. % de cendres, ont présenté aussi une altération croissante, mais moins forte que celle du *menu brut*.

N° 43. — *Menu lavé avant la mise en tas, puis relavé* immédiatement avant les carbonisations faites de trois mois en trois mois.

L'altération est toujours notable au bout d'un an ; mais elle est encore moins sensible que dans l'expérience précédente.

Les couches de 1^m sont toujours un peu moins altérées que les couches de 2^m d'épaisseur.

L'altération du menu augmente avec l'épaisseur de la couche de charbon exposée à l'air ; elle est aussi liée à un échauffement qui se manifeste généralement dans les tas de menu, échauffement qui, dans certains cas, va jusqu'à la combustion.

Ce phénomène de combustion spontanée étant étudié d'une manière spéciale dans la seconde partie de ce mémoire, je me borne ici à indiquer ses principaux rapports avec l'altération de la houille.

ALTÉRATION DU MENU ÉCHAUFFÉ.

Dans les tas de menu de 2^m d'épaisseur, la température s'élève graduellement ; elle arrive vers 40 degrés au bout de 2 mois, se maintient quelque temps stationnaire, puis elle diminue peu à peu.

Pour observer la température à l'intérieur des tas de charbon, on se sert d'un thermomètre à mercure renfermé dans un étui en fer. Cet étui porte une douille à laquelle on fixe un manche en bois.

N° 44. — Si l'épaisseur du tas est plus grande, la température s'élève davantage ; quand cette épaisseur atteint quatre mètres, l'inflammation spontanée a souvent lieu. La combustion se manifeste environ 3 mois après la mise en tas.

Altération des tas de charbon qui s'enflamment. — Au moment de l'apparition du feu, le tas de charbon présente ordinairement trois zones distinctes (Voir le diagramme 43, deuxième partie).

1° Une zone intérieure, peu éloignée du sol, dont la température est comprise entre 150 et 200° ; le charbon y est ramolli, boursoufflé, agglutiné et irisé. Le charbon aggloméré forme un saumon qui, dans sa partie la plus renflée, a 1 mètre environ d'épaisseur. Le renflement correspond à la partie la plus épaisse du tas de charbon.

Ce saumon est ordinairement constitué en grande partie par de la gaillette qui s'est amoncelée en roulant au moment

de la mise en tas, tandis que le charbon plus ténu est resté en haut. Le centre du saumon est transformé en une sorte de coke très-boursoufflé ; à la circonférence, les morceaux de charbon n'ont pas changé de forme et sont collés ensemble par du goudron.

2° La 2^{me} zone, qui entoure la précédente, est moins chaude et n'est pas agglutinée. On y remarque du goudron condensé.

Le charbon de cette 2^{me} zone est moins altéré que celui de la 1^{re} ; mais sa qualité est cependant changée. Il est terne, friable ; en le remuant, on soulève des nuages de poussière qui n'existait pas primitivement.

3° Enfin la 3^{me} zone est formée par la partie extérieure du tas, dont la température se rapproche de celle de l'air atmosphérique, et dont l'altération est peu marquée.

N° 45. — Tas de menu très-échauffé, mais non enflammé.
— Il arrive que dans des tas volumineux, la température s'élève entre 150 et 200°, sans que l'inflammation ait lieu, soit que les conditions nécessaires pour la combustion aient fait défaut, soit qu'on l'ait empêchée en recouvrant de quelques centimètres de terre ou même de charbon en poussière, les points où les dégagements de gaz commençaient à se produire.

Au bout d'un temps fort long, un an environ, l'échauffement a disparu et le tas est à peu près à la température atmosphérique.

On a constaté alors, en allant de l'extérieur au centre, que le charbon a un aspect de plus en plus terreux. Chaque fragment de la partie centrale est recouvert de fine poussière jaunâtre paraissant résulter d'une combustion sans flammes ; quelques-uns des fragments sont fendillés et même boursoufflés.

L'ensemble du tas est tout-à-fait impropre à la fabrication du coke ; la partie superficielle est moins altérée que la partie intérieure.

Cette altération moindre pour la partie superficielle que pour la partie centrale, est un fait général pour les tas de menu ordinaire.

Les expériences suivantes le prouvent :

N° 46. — Sur des vastes tas de menu *brut*, de 2^m d'épaisseur, on a pris, après 3 mois d'exposition à l'air :

1° Une couche superficielle de 0^m,30 d'épaisseur ;

2° Une couche intérieure, à 1^m de profondeur, aussi de 0^m,30 d'épaisseur.

Ces couches ont été carbonisées au four belge.

Le pouvoir agglomérant du charbon frais étant coté.	8
celui de la couche extérieure n'était plus, après trois mois, que.	7
et celui de la couche intérieure.	6

N° 47. — *Même expérience avec du menu lavé.* — Après trois mois d'exposition à l'air, le pouvoir agglomérant de la couche superficielle était de. 7 1/2
celui de la couche intérieure de. 6 1/2
et le titre du gaz de la partie extérieure de 5,10
d° d° d° centrale de 4,20

N° 48. — *Expérience sur du menu qui s'est enflammé spontanément.* — La partie centrale du tas a entièrement perdu son pouvoir agglomérant ; on fait encore du coke médiocre avec du charbon de la surface pris loin du point où s'est manifestée la combustion.

§ 3. — *Schlamms exposés aux influences atmosphériques.*

Le lavage du menu laisse passer à travers une toile métallique à trous de 4 millimètres du charbon fin que d'autres lavages spéciaux divisent en :

1^{re} qualité, ou partie grenue, séparée des poussières les plus ténues, et tenant. 7 à 8 p. % de cendres.

2^{me} qualité, schlamms fins 18 à 20 p. % d°

3^{me} qualité, schlamms argileux très-fins, environ. 30 p. % d°

SCHLAMMS GRENUS DE 1^{re} QUALITÉ.

N^o 49. — Un tas de schlamms de 1^{re} qualité, de 167 mètres cubes et haut de 3^m,60, ayant la forme d'un tronc de pyramide quadrangulaire régulier, a été exposé aux influences atmosphériques pendant un an. Il s'est formé à la surface une certaine proportion de poussière très-fine; la couleur du charbon qui était d'abord d'un noir brillant est devenue terne, puis grisâtre.

On a constaté que la température centrale s'est élevée graduellement, qu'elle a atteint un maximum de 80°, au bout de 2 mois, qu'elle a ensuite baissé et qu'elle est revenue au niveau de la température ambiante vers le 10^{me} mois.

Pouvoir agglomérant. — Au bout d'un an, on a carbonisé au four belge :

Du charbon (a) provenant de la surface du tas, d'une couche superficielle de 0^m,10 d'épaisseur ;

Du charbon (b) pris à 1 mètre de profondeur ;

— (c) du centre du tas (ce dernier avait l'aspect rouillé).

Le pouvoir agglomérant, qui était, avant l'exposition à l'air, de 8

a été au bout d'un an, pour (a) 4

— — (b) 1 1/2

— — (c) 1

Le charbon (a) a formé du coke de mauvaise qualité, en petits morceaux ternes, non aiguillés, friables.

Le charbon (c) n'a produit que quelques morceaux de mauvais coke, isolés au milieu d'une masse en poussière.

Pouvoir éclairant. — Un essai photométrique a montré que les gaz du charbon de la surface (a) avaient perdu 1/4 de leur pouvoir éclairant, ceux du charbon du centre (c) 1/2.

Dans les tas de *schlamms grenus*, de même que dans les tas de *menu ordinaire*, la surface est moins altérée que le centre.

C'est le contraire qui a lieu dans les tas de schlamms très-fins ; témoin les deux expériences suivantes :

SCHLAMMS FINS. — 2^{me} QUALITÉ.

N^o 50. — Un tas de schlamms, 2^{me} qualité, de 188 mètres cubes et haut de 4^m,06, ayant également la forme d'un tronc de pyramide, a donné lieu aux observations suivantes :

Température. — Le point le plus chaud s'est trouvé à 1 mètre de profondeur et sa température n'a pas dépassé 38^o.

Au centre, il n'y a eu que 32^o au bout de 4 mois, et cette température se maintenait encore au bout d'un an.

Essai de laboratoire.

	Pouvoir agglomérant	Pouvoir éclairant. Titre.
Charbon pris à la surface du tas	3	1,45
A 1 mètre de profondeur. . . .	1/2	2,66
Au centre	4	3,20

Ici, c'est la partie centrale qui a subi le moins d'altération.

SCHLAMMS TRÈS-FINS ET TRÈS-IMPURS.

N^o 51. — Schlamms de 3^{me} qualité, très-ténus, argileux, en masse compacte, peu perméable à l'air.

Un tas tronc-pyramidal, de 3^m,65 de hauteur, a donné lieu aux observations suivantes :

La température, à 1 mètre de profondeur, a atteint 33 degrés au bout de 3 mois et a baissé ensuite. Ailleurs, l'échauffement n'a pas été sensible.

Le pouvoir agglomérant était nul au début, en raison de l'impureté et de la mauvaise qualité de la houille.

Le pouvoir éclairant a été au bout d'un an, à la surface 0,87

— — — — au milieu . 2 »

La surface était plus altérée que le centre.

§ 4. — *Mélange de fragments et de poussière, abattu depuis 25 ou 30 ans, et renfermé depuis au milieu des remblais.*

N^o 52. — On rencontre au milieu des remblais, faits dans la

mine depuis longtemps, des lambeaux de charbon qui ont été abandonnés en diverses circonstances.

J'ai examiné trois de ces lambeaux, rencontrés entre les remblais de la 1^{re} et de la 2^{me} tranche d'un étage exploité depuis 30 ans environ.

Le 1^{er} A avait 0^m,40 d'épaisseur, 1^m,50 de long et 0^m,50 de largeur. C'était un bloc resté en place et brisé ensuite par les mouvements de terrain dus à l'exploitation.

Le 2^e B avait 0^m,15 d'épaisseur, 1^m,30 de long et 0^m,20 de largeur; c'était de la poussière paraissant provenir d'une partie failleuse de la couche.

Le 3^{me} C avait 0^m,12 d'épaisseur, 2^m,40 de long et 0^m,30 de largeur; c'était du menu charbon laissé évidemment sur le sol de la 2^{me} tranche au moment du remblayage.

Ces charbons ont été séparés, par un criblage, en grains plus gros que 3 millimètres et en poussière passant à travers les trous de 3 millimètres. Puis chaque sorte a été essayée de la même manière.

RÉSULTATS DES ESSAIS.

	A.		B.		C.	
	Grains.	Pous- sière.	Grains.	Pous- sière.	Grains.	Pous- sière.
Teneur en cendres	3,44	3,40	2,24	2,96	3 »	5,75
Rendement en coke	60,30	62,80	61,50	63,10	60,25	64,40
Pouvoir agglomérant	7 »	7 »	8 »	4 »	7 »	4 »
Rendement en gaz	25,62	26 »	27,12	24,75	23,62	21,10
Pouvoir éclairant (gaz brut).	2,64	1,39	2,39	0,96	2,66	1,94

On voit que les grains ont subi peu d'altération; que la poussière du bloc A s'est assez bien conservée et que celle de B et de C a perdu environ moitié de son pouvoir agglomérant et de son pouvoir éclairant.

On peut supposer que l'altération s'est arrêtée lorsque l'air qui restait au milieu des remblais a été désoxygéné.

Altération des affleurements de la grande couche.

N° 53. — Sur un point où la grande couche, inclinée à 50 degrés, n'est recouverte à sa partie supérieure que par 4 mètres de terrain d'alluvion, j'ai pris des échantillons en fragments de mauvaise apparence, ternes, rouillés.

A, en contact avec le terrain de recouvrement.

B, à 0^m,80 de profondeur dans la grande couche.

C, à 1^m,50 de profondeur.

On a enlevé à la surface des fragments une couche de 1^m/^m d'épaisseur, qui a été essayée comparativement avec la partie centrale.

RÉSULTATS DES ESSAIS AU ROUGE CERISE.

	A.		B.		C.	
	Surface.	Centre.	Surface.	Centre.	Surface.	Centre.
Teneur en cendres	3,79	3,40	6,37	5,61	3,99	4,21
Rendement en coke.....	66,66	60,30	62,31	59,02	59,60	58,18
Pouvoir agglomérant	6 »	6 1/2	6 1/2	6 1/2	7 »	7 »
Rendement en gaz.....	22,75	22,60	22,37	19,75	26 »	24,62
Pouvoir éclairant (gaz brut).	1,27	1,35	1,63	1,85	1,77	2,47

L'altération se fait encore sentir à 1^m,50 de profondeur ; mais aucune partie, même celle qui est en contact avec le terrain d'alluvion n'a entièrement perdu sa propriété collante.

A quoi donc attribuer l'altération ?

L'eau, depuis des siècles, a presque constamment baigné les affleurements de la couche. A-t-elle apporté un peu d'air au charbon, ou bien, dans les moments de sécheresse, l'air a-t-il pénétré à travers la couche de terre ?

D'un autre côté, doit-on admettre que l'eau seule a pu altérer la houille ? Je suis porté à croire que le charbon doit ici encore son altération à l'oxygène de l'air.

ARTICLE II.

§ 1^{er}. — *Effets des incendies souterrains sur la houille.*

Lorsqu'on reprend possession des travaux souterrains qui ont été incendiés, on trouve, en général, au foyer de la combustion, du coke dont les aiguilles pénètrent dans la couche massive en reprenant graduellement la structure de la houille; on arrive à la houille intacte à une profondeur qui dépend de l'intensité et de la durée de l'incendie.

Coke. — Le coke qui s'est formé sur les parois des excavations a ordinairement l'aspect et la qualité de celui obtenu dans les fours. Dans le charbon massif, sous la pression des masses voisines, qui tout en permettant aux gaz de se dégager, laissent peu de place à la dilatation, le coke prend un grain de plus en plus serré. Le même résultat s'obtient en calcinant dans un creuset bien fermé du charbon fortement comprimé, ou un bloc de charbon.

N° 54. — Voici un exemple des effets de la combustion souterraine sur du charbon formant la paroi d'une galerie dans laquelle le feu a régné pendant 2 mois environ, en présence d'une très-faible quantité d'air (Voir *feu de Sainte-Aline*, 2^{me} partie). Il s'est formé en divers points de cette galerie du coke aiguillé. On a pu retirer des aiguilles de 0^m,60 à 1 mètre de longueur constituées d'un côté par du beau coke, de l'autre par du charbon naturel.

Ces aiguilles analysées sur plusieurs points de leur longueur ont donné les résultats suivants (pour 100 grammes) :

est recharbonnée depuis quelques années pour la fabrication de la houille. Ce charbon calciné a, à peu près, la structure de la houille, mais est beaucoup plus dur; des lames irrégulières et un

	RÉSIDU de la calcination au rouge blanc.		GAZ BRUTS.		
	Résidu solide.	Pouvoir agglomé- rant.	Volume.	Pouvoir éclairant.	Nature.
1° Sur la paroi de la galerie. Coke d'aspect ordinaire.	89,27	0	11,50	Nul.	Gaz incolore.
2° A 0 ^m ,30 de profondeur..	84,96	0	19,54	Nul.	Gaz blanc-laiteux.
3° A 0 ^m ,40 d°	63,15	6	28,29	2,15	Gaz jaune pâle.
4° A 0 ^m ,55 d° ...	62,27	7	28,62	2,51	Gaz jaunâtre.
5° A 0 ^m ,85 d°	62,52	8	28,29	2,48	D°
6° A 1 ^m ,10 d°	62,29	8	28,28	2,68	D°

Vers 0^m,60 de profondeur, le charbon n'a pas subi d'altération.

Charbon calciné. — Lorsque la pression des roches environnantes s'oppose absolument à la dilatation, il ne se forme plus de coke ; la houille se calcine et perd ses matières volatiles en changeant à peine de structure.

Le charbon étant mauvais conducteur de la chaleur, l'altération pénètre lentement dans le massif ; mais avec le temps elle finit cependant par transformer des épaisseurs considérables de houille en *charbon calciné*.

Ce charbon calciné se forme aussi sous l'influence prolongée d'une température de 200 à 300°, insuffisante pour faire fondre la houille, mais suffisante pour en chasser à la longue les matières volatiles.

Les incendies des affleurements de la grande couche ont donné lieu à la production d'une quantité considérable de *charbon calciné* impropre à la carbonisation et à la fabrication du gaz. Ce produit fut longtemps rejeté comme inutilisable ; il est recherché depuis quelques années pour la fabrication de la chaux. Il s'allume difficilement et brûle sans fumée comme le coke.

Ce charbon calciné a, à peu près, la structure de la houille, mais il est beaucoup plus dur ; des fentes irrégulières et un

certain éclat métallique révèlent l'action de la chaleur; la cassure montre des zones poreuses alternant avec des zones compactes très-brillantes.

Jeté sur un feu vif, il décrépité bruyamment en projetant des éclats avec force, jusqu'à ce qu'il soit réduit en poussière. Pour cette raison, il est rejeté des foyers domestiques, où il pourrait causer des blessures et des incendies.

En le chauffant progressivement, on arrive à le faire brûler sans décrépitation.

Si, au lieu de le laisser refroidir lentement dans l'air, on le jette dans l'eau froide, il conserve sa disposition à décrépiter.

C'est une sorte de *charbon trempé*.

Son état moléculaire n'est pas changé par l'action continue d'une température de 500 degrés pendant 24 heures; la décrépitation subsiste. Quelques minutes d'incandescence suffisent pour la faire disparaître, si le refroidissement se fait d'une manière lente.

Irisations. — Le charbon qui a subi l'action des incendies souterrains est fréquemment irisé; les plans de clivage, les fentes même imperceptibles, prennent des couleurs vives semblables à celles de certains minerais métalliques, de fer oligiste, par exemple, ou à celles que l'on obtient au soleil en jetant quelques gouttes de goudron ou d'huile sur l'eau.

Leurs reflets rappellent les couleurs de l'arc-en-ciel, dont elles ont quelquefois la disposition; en général, les couleurs passent de l'une à l'autre par des teintes fondues sans ordre apparent; le bleu indigo à nuances variables est la couleur dominante.

Les irisations partent du voisinage du foyer de la combustion et s'étendent quelquefois à plusieurs mètres de profondeur.

Elles sont dues à un enduit extrêmement mince, qui tapisse la surface du charbon et ne pénètre pas dans l'intérieur.

Elles paraissent résulter de la décomposition des pyrites.

Dans l'air sec, à la température ordinaire, les irisations se

conservent indéfiniment; dans l'humidité, elles perdent peu à peu leur éclat et finissent par prendre l'aspect de la rouille.

Les acides sulfurique et chlorhydrique détruisent rapidement les irisations.

Ces divers phénomènes semblent indiquer que la couche irisante est un oxyde de fer qui, se suroxydant dans l'air chaud et dans l'air humide, perd ses couleurs.

La plupart des gisements de charbon irisé de la grande couche de Commentry se trouvent dans le voisinage des régions incendiées.

Quelques gisements en étaient cependant assez éloignés :

On en a trouvé un vers le puits de l'Ouest, au mur de la couche, à 20 mètres de profondeur sous le sol, donnant de magnifiques échantillons de houille irisée encore propre à la fabrication du coke. Les irisations provenaient probablement de l'action prolongée, quoique modérée, de la chaleur due à des incendies d'affleurements situés à 40 ou 50 mètres de distance.

Vers le puits Saint-Edmond, à 40 mètres de profondeur, une masse de charbon de 100 mètres carrés environ de surface et 2 mètres d'épaisseur était entièrement irisée. Il n'y a pas eu de feu dans le voisinage, mais une éruption de diorite, dont quelques minces filons sont peu éloignés, a pu échauffer la houille.

Ces deux gisements peuvent encore provenir de l'action de la chaleur; mais on trouve parfois dans la couche à de grandes profondeurs, loin de tout incendie, des irisations qu'il est difficile d'attribuer à la même cause.

Sauf de rares exceptions, l'existence des charbons irisés dans la grande couche de Commentry peut se rattacher à une action de la chaleur sur la houille.

Irisations artificielles. — Nous avons vu (chap. 2^{me}) que des irisations se produisent sur la houille chauffée en présence de l'air. A la température de 400 degrés environ, on obtient

des irisations aussi belles que celles qui proviennent des incendies souterrains et aussi tenaces à la température ordinaire.

Les couleurs paraissent au bout de quelques heures ; il faut alors retirer la houille de l'étuve ; si l'action de l'air chaud se prolongeait, il ne resterait plus après 10 ou 15 heures qu'une surface terne. Alors le charbon est généralement fendillé et on retrouve les irisations dans l'intérieur des fragments.

Si le charbon a été placé dans l'étuve à l'état pulvérulent, il se colore aussi, à la surface d'abord, puis à l'intérieur.

Presque tous les charbons s'irisent dans ces conditions.

Lorsque les charbons renferment des lamelles apparentes de pyrites, on remarque que les irisations partent de ces lamelles et ne se produisent qu'à partir du moment où la décomposition des pyrites commence.

§ 2. — *Effets d'une roche éruptive sur la grande couche de Commentry.*

N° 55. — On appelle *dioritine*, à Commentry, un porphyre micacé que l'on rencontre tantôt en filons, tantôt en nappes interstratifiées, dans la plupart des bassins houillers du centre de la France, et sous différents aspects.

Ses effets sur les couches de houille avec lesquelles elle est en contact, sont aussi très-variables ; parfois à peine sensibles ; d'autres fois profonds et accompagnés de remarquables phénomènes de métamorphisme. Je ne veux parler que de l'un de ces derniers.

Entre les puits Saint-Edmond et Forêt, la grande couche de Commentry a été traversée et bouleversée par un filon considérable de dioritine dont les ramifications s'étendent sur 250 mètres environ de longueur en direction et 150 suivant l'inclinaison.

Au contact de la dioritine, la houille est complètement transformée. On la trouve fondue formant des roches noires d'une

excessive dureté ; ailleurs elle ressemble à du graphite ou à du charbon calciné.

Des échantillons pris au contact de la roche éruptive ont donné :

Cendres	15 p. %
Résidu de la calcination	91
Volume des gaz.	1 ^{lit.} , 85
Pouvoir agglomérant et pouvoir éclairant.	nuls.

A mesure qu'on s'éloigne de la dioritrine, le charbon reprend peu à peu ses propriétés ordinaires ; sur certains points, l'altération se fait encore sentir à 8 ou 10 mètres du filon.

ARTICLE III.

Explication des faits.

En nous reportant aux expériences des précédents chapitres, nous pouvons nous rendre compte de ces divers faits.

L'altération beaucoup moins rapide du *gros* que du *menu*, s'explique de la manière suivante :

La surface exposée à l'air pour un décimètre cube, étant environ mille fois plus grande avec de la poussière en particules de $\frac{1}{10}$ de millimètre de côté qu'avec un seul bloc, on comprend que l'oxydation et, par suite, l'altération soit plus rapide dans la houille pulvérulente que dans la houille en fragments.

De plus, l'air qui circule autour des fragments isolés ou en tas, emporte la chaleur produite par l'oxydation superficielle, et les fragments restant à la température ordinaire s'altèrent peu ; tandis que dans le menu, la chaleur se concentre dans les tas volumineux à cause de la mauvaise conductibilité de la masse, et la température s'élevant favorise l'altération.

L'altération plus grande au centre qu'à la surface des tas de menu ordinaire s'explique par l'action réfrigérante de l'air atmosphérique et par le rayonnement, qui maintiennent la surface à basse température, tandis que l'intérieur du tas s'échauffe.

Lorsque le charbon est à l'état pulvérulent, l'air ne pouvant traverser facilement les couches superficielles n'arrive pas au centre et laisse cette partie intacte, tandis que la surface subit une certaine altération.

Enfin, si le menu lavé, soit avant, soit après l'exposition à l'air, donne de meilleur coke que le menu brut, c'est parce que le lavage retire du charbon les particules les plus fines, c'est-à-dire les plus susceptibles d'altération.

Le parallélisme remarquable qu'ont présenté les diverses houilles soumises à l'action de l'air, dans la première série de mes expériences, permettait de supposer que dans les conditions ordinaires du commerce et de l'industrie, ces houilles se comportent d'une manière analogue à celle de Commentry, sauf certaines différences tenant à leur nature même. Les divers renseignements que j'ai recueillis confirment cette hypothèse : l'entassement de la houille est généralement suivi d'une altération et d'un échauffement, parfois de la combustion spontanée.

Les explications données au sujet de la houille de Commentry peuvent s'appliquer à toutes les houilles. Elles permettent même de se rendre compte des résultats obtenus par Regnault dans les expériences citées au commencement de ce mémoire, expériences à la suite desquelles cet illustre savant exprima des doutes sur l'altération des houilles exposées à l'air.

« Des échantillons de houille conservés pendant 20 ans dans « des flacons n'ont pas changé de composition. »

Ces échantillons étaient probablement en morceaux. De plus, « bien que les flacons fussent imparfaitement fermés par des « bouchons de liège, » on peut dire qu'ils étaient en présence d'une quantité d'air restreinte. Après avoir absorbé l'oxygène renfermé dans le flacon, le charbon est resté au milieu de l'azote, qui l'a protégé. Quant au volume d'oxygène absorbé, eût-il été égal au volume du charbon, ce qui n'est pas probable,

il n'aurait représenté que la millième partie du poids du charbon, proportion tout-à-fait inappréciable à l'analyse, surtout si l'on tient compte des causes d'erreur venant de l'eau hygrométrique.

« 2° 10 mois après son extraction, la gaillette de Mons a donné du coke et du gaz d'aussi bonne qualité qu'au début. »

Cette gaillette est constituée par de gros fragments. Or, nous avons vu que les gros fragments pris en masse, qui n'ont point subi d'échauffement, ne sont pas sensiblement altérés au bout de dix mois, et nous savons que le gros ne s'échauffe généralement pas.

ARTICLE IV.

Moyens propres à empêcher ou à diminuer l'altération de la houille extraite.

Il résulte des considérations précédentes que le meilleur moyen de préserver la houille extraite, de toute altération, consiste à la mettre à l'abri de l'air et à la maintenir à basse température.

L'immersion dans l'eau remplirait bien ces deux conditions; mais elle est rarement applicable.

On peut arriver au même résultat en entourant le charbon d'une enveloppe imperméable : cloche, murs, enduit d'argile, couche de poussière fine ou autre.

On se borne le plus souvent à ne pas entasser les charbons sous de trop grandes épaisseurs. Il s'agit, bien entendu, du *menu*, puisque le *gros* s'altère peu et ne s'échauffe pas. A Commentry, on obtient des résultats satisfaisants en ne dépassant pas 2 mètres d'épaisseur; dans ces conditions, le menu s'altère bien encore un peu, mais l'échauffement, qui est surtout à craindre, est à peine sensible. Pour appliquer ce procédé, il faut disposer de beaucoup de place. Autrefois, à Commentry, on cherchait à conserver le *menu* en déplaçant ou en renouvelant fréquemment les tas, en les retournant comme on fait pour les

grains. On empêchait ainsi l'inflammation spontanée et ses conséquences. On verra dans la seconde partie de ce mémoire que l'emploi de paniers ou de fagots destinés à aérer l'intérieur des tas de menu charbon n'a généralement pas donné de bons résultats.

DEUXIÈME PARTIE

DE LA COMBUSTION SPONTANÉE DE LA HOUILLE. (1)

Nous avons vu dans la première partie de ce mémoire que la houille s'enflamme parfois spontanément. Les cas de combustion spontanée sont assez nombreux dans le charbon entassé à la surface ; ils sont aussi fréquents dans les cargaisons de charbon des navires ; enfin, les travaux souterrains des houillères en offrent aussi des exemples.

Je m'occuperai d'abord de la combustion spontanée en dehors des mines, puis des incendies souterrains.

TITRE I. — COMBUSTION SPONTANÉE EN DEHORS DES MINES.

CHAPITRE 1^{er}.

CHARBON EXPOSÉ AUX INFLUENCES ATMOSPHÉRIQUES

ARTICLE I.

Conditions dans lesquelles se produit la combustion spontanée.

Houille de Commeny. — L'irrégularité des expéditions provenant, en été, du chômage des canaux, en hiver de l'arrêt de la navigation par les glaces, obligeait autrefois souvent à emmagasiner du charbon à l'extérieur de la mine de Commen-

(1) Cette étude a été communiquée au Congrès de Paris, près d'un an avant la publication, dans le *Bulletin*, de la *Note sur les incendies des houillères*, par M. Nesterowsky. Voir tome VII, 4^e livraison.

try. La place dont on disposait étant restreinte, le charbon était amoncelé sous ses divers états commerciaux, en tas considérables, qui restaient parfois longtemps exposés aux influences atmosphériques.

Voici un résumé des observations que j'ai pu faire sur le charbon entassé :

1° Le *gros et carré* (composé de morceaux restant sur un crible à trous de 20 millimètres de diamètre) ne s'échauffe pas. Aucun échauffement appréciable n'a eu lieu dans plus de 200 tas de 3 à 6 mètres de hauteur.

2° Le *menu* (partie qui passe à travers les trous de 20 millimètres) s'échauffe et s'enflamme spontanément quand il est en tas assez volumineux.

Le *menu brut* paraît un peu plus inflammable que le *menu lavé*.

3° Le *tout-venant* se comporte à peu près comme le menu.

4° Le charbon en poussière (*schlamms purs de lavage*) s'échauffe un peu moins que le menu brut.

Les *schlamms* impurs, argileux, très-ténus, s'échauffent moins encore.

Il en est de même des *schlamms* impurs très-pyreux.

5° Les *schistes de triage* (composés principalement de schistes charbonneux) s'enflamment comme le charbon menu.

6° Les *schistes de lavage* sont beaucoup moins inflammables que ceux de triage. Ils sont argileux et s'agglutinent; ils contiennent peu de poussières.

7° Les tas de charbon ou de schistes charbonneux, constitués très-lentement et par couches successives d'environ 1 mètre d'épaisseur, ne s'enflamment pas, quel qu'en soit le volume final.

L'échauffement est en rapport à peu près direct avec la hauteur et le volume du charbon entassé.

Si le tas est peu volumineux, la température s'élève jusqu'à un certain degré qui dépend des circonstances ; puis elle reste stationnaire, et enfin elle diminue lentement. Il n'y a pas d'exemple d'inflammation dans les buttes de moins de 2 mètres de hauteur.

Au contraire, quand la hauteur dépasse 4 mètres, la combustion spontanée a presque toujours lieu.

L'expérience suivante, qui concorde avec l'ensemble des observations faites, et qui peut en être considérée comme un résumé, indique la marche de l'échauffement dans les tas de menu charbon exposés aux influences atmosphériques :

N° 56. — *Marche de l'échauffement dans les tas de menu charbon exposé à l'air.* — On a fait avec du menu charbon fraîchement extrait de la mine, un tas allongé ayant 40 mètres de longueur, et dont la hauteur commençant à zéro s'élevait régulièrement jusqu'à 6 mètres. La largeur en haut était de 1 mètre, celle à la base, résultant de l'inclinaison des talus, était proportionnelle à la hauteur.

On constate que le point le plus chaud d'une section transversale quelconque est dans l'axe de figure au-dessous du centre ; la température va en diminuant à mesure qu'on s'éloigne de ce point, soit vers le sol, soit vers l'extérieur. La surface du tas est sensiblement en équilibre de température avec le milieu ambiant.

La température prise au point le plus chaud de chaque section a été notée tous les jours ; elle est indiquée dans le tableau suivant :

Date	1er		2e		3e		4e		5e		6e		7e		8e		9e		10e		
	Matin	Soir	Matin	Soir	Matin	Soir	Matin	Soir	Matin	Soir	Matin	Soir	Matin	Soir	Matin	Soir	Matin	Soir	Matin	Soir	
11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12
12	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12
13	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12
14	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12
15	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12
16	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12
17	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12
18	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12
19	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12
20	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12	11	12

HAUTEUR du TAS.	TEMPÉRATURE DU CHARBON AU BOUT DES TEMPS CI-DESSOUS :														OBSERVATIONS.					
	1 ^{er} jour.	3 jours.	40 jours.	15 jours.	20 jours.	25 jours.	30 jours.	35 jours.	40 jours.	45 jours.	50 jours.	55 jours.	60 jours.	65 jours.		70 jours.	75 jours.	80 jours.	85 jours.	90 jours.
0 ^m ,50.....	22°	19°	18°	17°	16°	17°	17°	18°	19°	20°	20°	20°	19°	19°	19°	19°	19°	18°	16°	L'expérience a été arrêtée au bout de 95 jours au moment de l'inflammation du tas. (1) Dégagement de gaz in- colore (odeur de pétrole). (2) Fumées blanches, et jaunes Température notée chaque jour à 40 heures du matin.
1 ^m ,00.....	22	18	17	17	18	22	24	23	25	25	23	24	24	23	22	22	25	23	20	
1 ^m ,50.....	22	22	22	21	21	27	29	30	30	30	32	33	32	32	33	33	33	31	27	
2 ^m ,00.....	22	23	24	22	21	24	27	27	30	36	38	40	40	39	38	37	41	41	40	
2 ^m ,50.....	22	21	20	20	23	27	29	30	33	37	39	40	39	38	39	39	42	42	40	
3 ^m ,00.....	22	25	27	29	26	29	41	44	43	45	43	42	43	43	43	43	44	43	44	
3 ^m ,60.....	22	22	22	22	22	28	34	39	42	43	43	47	54	51	52	54	53	55	56	
4 ^m ,30.....	22	26	29	30	27	31	42	45	44	43	40	43	48	49	51	55	56	57	59	
4 ^m ,75.....	22	29	38	46	47	53	62	67	66	65	66	69	72	73	80	88	95	102	108	
5 ^m ,40.....	22	28	35	43	45	51	63	68	69	70	72	76	79	83	90	96	105	115	125	
6 ^m ,00.....	22	26	32	44	50	56	61	66	69	74	77	82	88	94	100	109	(4) 118	(2) 130	150	
Air ambiant.	15	14	14	15	12	17	17	20	24	20	19	21	25	21	15	19	24	20	15	

Le diagramme page suivante permet de suivre plus facilement que les chiffres la marche de l'échauffement aux divers points du tas.

Il résulte de cette expérience, ainsi que de toutes les observations faites sur des tas de charbon menu :

1° Que sous une faible épaisseur le charbon ne s'échauffe pas.

2° Que l'échauffement s'accroît avec la hauteur du tas.

3° Que vers la hauteur de 3 à 4 mètres, la température s'élève progressivement et s'abaisse sans avoir dépassé 60 à 70°.

4° Que vers la hauteur de 4 mètres, la température continue à s'élever. On voit généralement apparaître dans le courant du troisième mois des dégagements de vapeur d'eau ; puis survient un gaz incolore et très-odorant rappelant le pétrole, et, quelques jours après, les fumées se montrent sur un point, à mi-hauteur de la partie la plus haute du tas.

A ce moment, une coupe du tas présente 3 zones : (Voir le diag. n° 43 ci-derrière).

1° Une zone inférieure centrale dont la température est comprise entre 120 et 150° ; une 2^{me} zone qui entoure la précédente, beaucoup moins chaude ; 3° enfin, la zone extérieure, qui est à peu près à la température atmosphérique.

Si, en ouvrant le tas, on expose à l'air le saumon de la première zone, il se produit un abondant dégagement de fumées blanches et jaunâtres ; la température s'élève rapidement à 200, 250 et 300 degrés et l'ignition se manifeste.

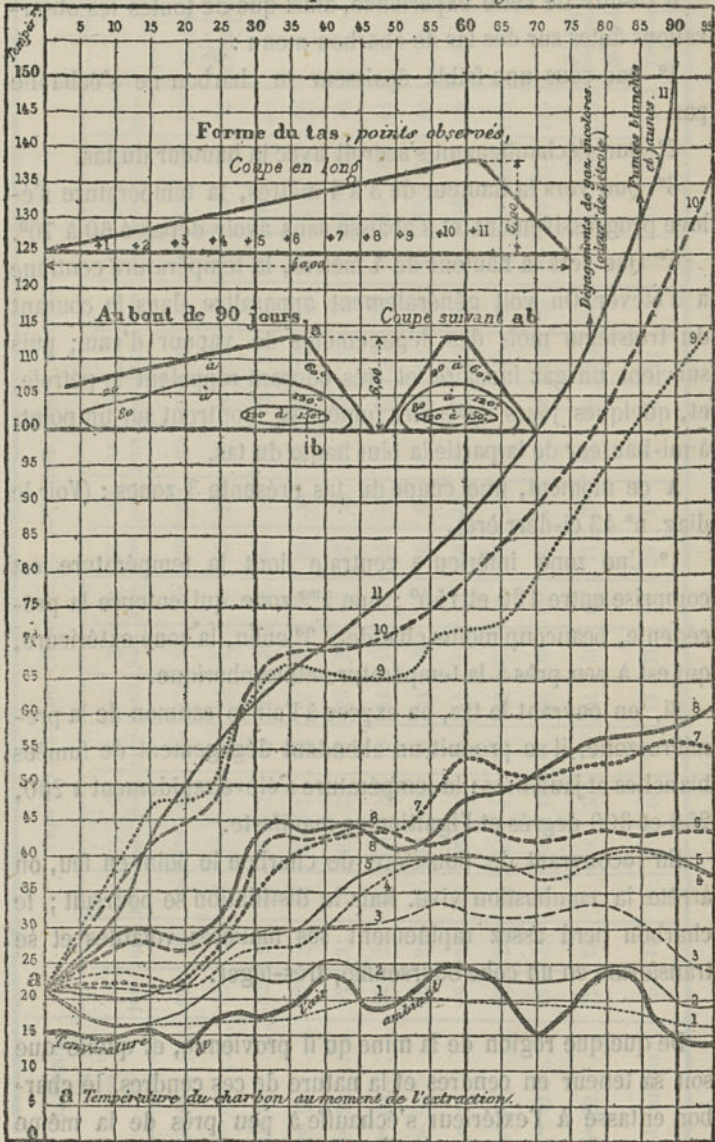
En recouvrant de poussière de charbon le point en feu, on arrête la combustion vive. Mais la distillation se poursuit ; le charbon perd assez rapidement ses matières volatiles et se transforme en un coke boursoufflé, très-léger.

De quelque région de la mine qu'il provienne, et quelle que soit sa teneur en cendres et la nature de ces cendres, le charbon entassé à l'extérieur s'échauffe à peu près de la même

Marche de la température dans les tas de charbon menu exposés aux influences atmosphériques.

N°43 -

Durée de l'exposition à l'air (en jours).



manière et suivant des lois à peu près constantes. Les influences atmosphériques (le chaud ou le froid, la sécheresse ou l'humidité), n'ont pas été assez sensibles pour être remarquées, non plus que l'influence des impuretés de la houille.

Houilles diverses. — Des renseignements que j'ai pu recueillir sur les diverses variétés de houille de toute provenance, il résulte que toutes les houilles sont susceptibles de s'échauffer lorsqu'elles sont exposées à l'air dans certaines conditions.

L'antracite de Brassac s'échauffe; l'antracite de Blanzay s'enflamme même spontanément; le lignite des Bouches-du-Rhône et celui de la Dordogne prennent feu ordinairement au bout d'un mois d'exposition à l'air. Outre ces exemples, pris aux limites opposées de l'échelle des houilles, on pourrait citer un nombre considérable de charbons gras et demi-gras, qui donnent lieu à des incendies spontanés.

Ces faits sont conformes à ce que la première partie de ces Etudes permettait de prévoir. Nous avons vu en effet que *toutes les houilles exposées à l'air absorbent de l'oxygène*; nous avons vu en outre que *cette absorption a lieu avec dégagement de chaleur*; on en pouvait conclure que *toutes les houilles exposées à l'air sont susceptibles de s'échauffer*. Cependant, la tendance à se mettre en feu spontanément est très-différente pour les diverses variétés de houille.

L'observation du charbon entassé à Commentry m'a fixé sur les conditions dans lesquelles la combustion spontanée de cette houille à gaz se produit. Il ne m'était guère possible de faire une étude semblable sur d'autres houilles. Je me suis borné alors à faire des expériences de laboratoire qui ont d'ailleurs des rapports étroits avec les faits de la pratique.

Inflammation dans l'air chaud.

J'ai exposé divers combustibles, sous de faibles volumes et sous divers états de division, à l'action de l'air chaud.

Je me suis servi pour cela des étuves dont il a été question dans la première partie de ce mémoire (chap. 2^m).

Les vases employés sont :

1° Un creuset en porcelaine contenant 50 grammes de houille, désigné par la lettre A dans le tableau suivant :

2° Une autre boîte carrée en tôle B, de 0^m,12 sur 0^m,12, et 0^m,03 de hauteur.

3° Une boîte en tôle C cubique de 0^m,12 de côté.

Les combustibles ont été observés, à l'état de poussière impalpable, de poussière passée à travers des trous de $\frac{1}{2}$ millimètre, en grains de 0,01 centimètre de côté, et en fragments de 0,10 cent.

Dans le cas où il y a eu ignition, le tableau l'indique par une croix +

Si le feu ne s'est pas déclaré, le tableau porte un simple trait —

Les chiffres placés sur les croix indiquent le temps au bout duquel l'ignition a eu lieu.

N° 57. INFLAMMATION DANS L'AIR CHAUD.

DÉSIGNATION DES COMBUSTIBLES.	75°			100°			150°			200°			400°																									
	C.	A.	B.	C.	A.	B.	C.	A.	B.	C.	A.	B.	C.																									
Anthracite (Marais)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7'	+	7'	+	8'	+	8'	+	7'	+	7'	+													
Houille grasse (Treuil)	-	-	-	24 h.	-	-	2 h. 20'	-	-	4 h. 10'	-	-	4 h.	-	-	50'	+	4 h. 30'	-	4 h. 10'	-	50'	+	5'	+	5'	+											
Houille à gaz (Commentry)	-	-	5 h.	5 h.	2 h. 30'	+	2 h. 50'	+	2 h.	45'	+	2 h.	40'	+	50'	+	40'	+	45'	+	40'	+	4'	+	4'	+	4'	+										
Lignite (des Vosges)	-	2 h. 30'	+	7 h. 30'	+	+	4 h. 20'	+	2 h.	40'	+	4 h.	40'	+	40'	+	40'	+	40'	+	40'	+	5''	+	5''	+	5''	+										
Sciure de bois de chêne	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25'	+	6 h.	+	30'	+	30'	+	6 h.	+	25'	+	30'	+	5''	+	5''	+	5''	+									
POUSSIERE IMPALPABLE.																																						
Anthracite (Marais)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35'	+	35'	+	30'	+	30'	+	30'	+
Houille grasse (Treuil)	-	-	-	6 h.	+	-	-	-	4 h. 30'	+	3 h.	+	4 h. 30'	+	4 h. 30'	+	4 h. 30'	+	4 h. 30'	+	25'	+	25'	+	25'	+	25'	+	20'	+	20'	+	20'	+	
Houille à gaz (Commentry)	-	-	-	28 h.	+	-	-	2 h. 30'	+	5 h. 20'	+	2 h. 30'	+	5 h. 20'	+	4 h. 40'	+	4 h. 40'	+	4'	+	4'	+	4'	+	4'	+	4'	+	4'	+	4'	+	4'	+
Lignite (Dordogne)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Sciure de bois de chêne	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

POUSSIERE (passée au tamis de 1/2 m/m).

	GRAINS DE 10 m/m.										GROS FRAGMENTS DE 10 c/m.																											
Anthracite (Marais).....	50'	50'	30'	20'	20'	20'	12'	3'	3'	+	1 h. 30'	+	18'	+	12'	+	3'	+
Houille grasse (Treuil).....	50'	30'	20'	20'	20'	12'	3'	3'	+	30'	20'	20'	20'	12'	3'	3'	+	
Houille à gaz (Commentry).....	50'	30'	20'	20'	20'	12'	3'	3'	+	30'	20'	20'	20'	12'	3'	3'	+	
Lignite (Dordogne).....	50'	30'	20'	20'	20'	12'	3'	3'	+	30'	20'	20'	20'	12'	3'	3'	+	
Houille à gaz.....	40'	40'	7'	7'	7'	7'	7'	7'	+	40'	40'	7'	7'	7'	7'	7'	7'	+
Rondin sapin de 0,10 x 0,10.....	5 h.	6 h.	+	+	+	+	+	+	+	5 h.	6 h.	+	+	+	+	+	+	+
D° chêne d°.....	24 h.	+	+	+	+	+	+	+	+	24 h.	+	+	+	+	+	+	+	+
Paille de froment. { En brins.....	4 h. 30'	+	+	+	+	+	+	+	+	4 h. 30'	+	+	+	+	+	+	+	+
{ En paquet.....	4 h. 30'	+	+	+	+	+	+	+	+	4 h. 30'	+	+	+	+	+	+	+	+
Copeaux.....	4 h. 30'	+	+	+	+	+	+	+	+	4 h. 30'	+	+	+	+	+	+	+	+
{ Copeaux isolés.	4 h.	+	+	+	+	+	+	+	+	4 h.	+	+	+	+	+	+	+	+
{ En paquet.....	4 h.	+	+	+	+	+	+	+	+	4 h.	+	+	+	+	+	+	+	+
Bois de sapin de 0,10 x 0,02 d'é- paisseur.....	5 h.	+	+	+	+	+	+	+	+	5 h.	+	+	+	+	+	+	+	+
Bois de chêne d°.....	5 h.	+	+	+	+	+	+	+	+	5 h.	+	+	+	+	+	+	+	+

On tire de ces expériences les conclusions suivantes :

1° Par ordre d'inflammabilité dans l'air chaud, les diverses sortes de houille peuvent être classées comme suit :

Lignite.

Houille à gaz.

Houille à coke.

Anthracite.

C'est la même classification que nous avons vue au chap. 2 (1^{re} partie), pour l'inflammabilité au contact d'une flamme.

2° La combustion spontanée a lieu d'autant plus facilement et plus rapidement que la température est plus élevée.

A 400°, tous les combustibles s'enflamment, les lignites instantanément, les anthracites au bout de 30 à 40 minutes.

A 200°, les anthracites ne prennent feu qu'à l'état pulvérent; la houille grasse ne s'enflamme que dans les grands vases.

A 150°, le lignite en poussière est le seul combustible qui s'enflamme dans les trois sortes de vases employés.

A 100°, le lignite seul s'enflamme en poussière grossière. Les houilles flambantes ne prennent feu qu'en poussière impalpable.

A 75°, il n'y a pas eu de feu.

3° L'état de division de la houille favorise beaucoup la combustion spontanée.

Ainsi, tandis qu'en grains de 1 centimètre, il n'y a inflammation pour toutes les houilles qu'à 400°, la poussière de 1/2 millimètre prend feu à 200°, sauf pour l'anthracite, à 150° pour les houilles à gaz et les lignites, et même à 100° pour ce dernier combustible.

A l'état de poussière impalpable, on obtient, à 100°, l'inflammation non-seulement du lignite, mais encore des houilles à gaz et des houilles grasses à courte flamme.

Les grains de 1 cent. ne s'enflamment à 400° que s'ils sont amoncelés ; un grain isolé ne s'enflamme pas. Un gros fragment de 10 cent. s'enflamme au contraire. Ce dernier se fendille d'abord sous l'action de la chaleur, et c'est dans les fentes, probablement sur de fines paillettes, que le feu prend.

On voit aussi sur le tableau que, à 200°, la paille et les copeaux ne s'enflamment pas en brins isolés et prennent feu en paquets serrés, ainsi qu'en rondins.

L'inflammation d'un grain isolé à 400° et d'un vase rempli de grains, à 200°, peut être empêchée par la circulation de l'air qui s'oppose à une surélévation de température.

4° Le tableau précédent fait voir que la masse, même très-réduite, que renferment les vases A, B, C joue un certain rôle dans la combustion spontanée.

Ainsi, à 200°, la houille du Treuil en poussière de $\frac{1}{2}$ millimètre ne s'est enflammée que dans le grand vase C ; la houille de Commentry n'a pas pris feu dans le petit vase A.

D'autres faits semblables sont notés à 150 et 100 degrés.

Température d'inflammation. — A 400°, le feu prend à la surface des fragments ou des poussières dont les vases sont remplis.

A 200° et au-dessous, dans les poussières, le feu ne prend pas à la surface, mais à 1 ou 2 centimètres de profondeur. Une croûte se forme, de laquelle se dégagent des fumées au bout d'un certain temps ; en brisant alors cette croûte, on découvre du feu en son milieu, du feu sans flamme. Il y a ignition et non inflammation.

En plaçant un thermomètre dans le charbon soumis à l'action de la chaleur (dans le vase C), on constate que la température s'élève, en général, notablement au-dessus de celle de l'étuve.

Les tableaux suivants indiquent la marche de la température du charbon en poussière impalpable et en poussière de $\frac{1}{2}$ millimètre dans diverses étuves.

Ces résultats rappellent ceux figurés sur le diagramme n° 43, concernant la houille entassée dans l'air atmosphérique. Dans les deux cas, il y a surélévation de température du charbon par rapport au milieu ambiant ; le charbon prend donc de la chaleur ailleurs que dans ce milieu.

Dans les deux cas aussi il se produit parfois une surélévation notable de température sans inflammation, puis le charbon revient peu à peu à la température du milieu ambiant.

J'ai constaté que l'ignition se manifeste aux températures suivantes :

Pour le lignite, à environ	150°
Pour la houille à gaz.	200°
Pour la houille à coke	250°
Pour l'anthracite, au-dessus de	300°

Cette constatation présente quelques difficultés parce que le phénomène de l'inflammation, dans ces petits volumes de houille, peut être troublé par peu de chose ; il peut être empêché notamment par un thermomètre à mercure ou par une tige en fer plantée au milieu du vase.

En grand, nous rencontrerions des faits analogues.

Inflammation par le chauffage préalable.

Pour déterminer l'inflammation spontanée dans des volumes de houille moindres que ceux qui s'enflamment à la température ordinaire, il n'est point nécessaire de maintenir le combustible dans un milieu à haute température, il suffit que le combustible soit préalablement chauffé.

J'ai fait à ce sujet diverses expériences, dont la suivante est une sorte de résumé :

N° 59. — Du menu charbon a été échauffé dans une étuve jusqu'à une température comprise entre 100 et 140°. Ce charbon chaud a été ensuite exposé à l'air, sous un toit, en tas de 1 mètre à 1^m,50 de hauteur, ayant la forme d'un tronc de pyramide et un volume d'environ 4 mètres cubes.

MARCHE DE LA TEMPÉRATURE DU CHARBON

DANS L'AIR CHAUD.

N° 38.

POUSSIÈRE IMPALPABLE

POUSSIÈRE PASSÉE A TRAVERS UN TAMIS DE 1/2 m^m



TEMPÉRATURES et désignation des combustibles.	DURÉE DU SÉJOUR DANS L'ÉTUVE.																						
	0'	10'	20'	40'	1 h.	2 h.	3 h.	4 h.	5 h.	6 h.	7 h.	8 h.	9 h.	10 h.	11 h.	12 h.	1 j.	1j. 1/2	2 j.	2j. 1/2	3 j.	4 j.	
75°	Anthracite (Marais).....	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
	Houille grasse (Treuil).....	28°	34°	41°	53°	66°	79°	83°	84°	84°	84°	83°	81°	80°	79°	78°	74°	Pas de feu.					
	Houille à gaz (Commentry).....	33	38	43	53	63	70	80	91	92	94	96	100	100	88	85	83	68	Id.				
	Lignite (Vosges).....	25	35	46	60	66	70	78	78	81	81	80	78	77	73	70	70	Id.					
Sciure de bois.....	28	34	39	51	66	70	71	72	72	72	72	72	74	74	75	78	Id.						
100°	Anthracite (Marais).....	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
	Houille grasse (Treuil).....	26	36	48	69	90	110	119	126	132	136	143	143	143	143	145	148	360	feu.				
	Houille à gaz (Commentry).....	24	41	64	90	108	123	128	139	142	148	228	feu.										
	Lignite (Vosges).....	28	38	43	64	86	110	113	113	120	124	142	200	feu.									
Sciure de bois.....	28	44	60	81	110	120	123	125	125	125	125	130	133	132	124	117	101	Pas de feu.					
150°	Anthracite (Marais).....	24	49	76	116	132	193	240	275	290	280	Pas de feu.											
	Houille grasse (Treuil).....	30	46	74	109	122	218	245	feu.														
	Houille à gaz (Commentry).....	27	44	66	96	135	200	feu.															
	Lignite (Vosges).....	32	60	78	138	160	feu.																
Sciure de bois.....	25	59	92	131	140	150	167	180	187	250	feu.												
200°	Anthracite (Marais).....	24	78	113	147	166	235	308	360	feu.													
	Houille grasse (Treuil).....	26	105	144	209	269	feu.																
	Houille à gaz (Commentry).....	22	80	125	202	feu.																	
	Lignite (Vosges).....	19	58	74	143	feu.																	
Sciure de bois.....	22	67	112	154	feu.																		

TEMPÉRATURES et désignation des combustibles.	DURÉE DU SÉJOUR DANS L'ÉTUVE.																							
	0'	10'	20'	40'	1 h.	2 h.	3 h.	4 h.	5 h.	6 h.	7 h.	8 h.	9 h.	10 h.	11 h.	12 h.	1 j.	1j. 1/2	2 j.	2j. 1/2	3 j.	4 j.		
100°	Anthracite (Marais).....	27°	34°	45°	66°	93°	105°	117°	123°	133°	137°	139°	139°	138°	141°	145°	145°	145°	145°	150°	172°	170°		
	Houille grasse (Treuil).....	26	33	44	62	90	106	120	127	137	140	141	141	139	137	140	149	142	136	139	151	175	143	
	Houille à gaz (Commentry).....	30	39	48	70	87	108	112	122	124	124	126	127	128	129	129	130	136	138	120	Pas de feu.			
	Lignite (Dordogne).....	26	40	52	81	104	112	117	122	123	123	123	124	124	124	124	124	125	feu.					
150°	Anthracite (Marais).....	21	53	71	102	119	163	176	184	192	198	200	192	185	180	Pas de feu.		Diminution graduelle.						
	Houille grasse (Treuil).....	22	65	82	110	125	156	174	185	247	253	262	261	250	250			Id.						
	Houille à gaz (Commentry).....	25	51	63	90	111	136	158	203	237	255	220	218	217	213	213	212			Id.				
	Lignite (Dordogne).....	25	45	60	98	119	137	143	152	167	190	feu.												
200°	Anthracite (Marais).....	30	58	88	123	141	195	231	243	240	237	234	231	230	228	Pas de feu.		Diminution graduelle.						
	Houille grasse (Treuil).....	20	56	78	118	140	212	247	263	280	250	250	250	250	250	250	240	223	Id.					
	Houille à gaz (Commentry).....	20	60	100	132	162	199	feu.																
	Lignite (Dordogne).....	20	42	70	104	105	180	feu.																



POISSON

TEMPERATURE	L'été ou en les conditions									
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Scorie de bois	10	12	15	18	22	28	35	45	60	80
Lignite (fosse)	10	12	15	18	22	28	35	45	60	80
Houille à gaz (Commentry)	10	12	15	18	22	28	35	45	60	80
Houille grasse (Tourni)	10	12	15	18	22	28	35	45	60	80
Anthracite (Lignac)	10	12	15	18	22	28	35	45	60	80
Scorie de bois	10	12	15	18	22	28	35	45	60	80
Lignite (fosse)	10	12	15	18	22	28	35	45	60	80
Houille à gaz (Commentry)	10	12	15	18	22	28	35	45	60	80
Houille grasse (Tourni)	10	12	15	18	22	28	35	45	60	80
Anthracite (Lignac)	10	12	15	18	22	28	35	45	60	80
Scorie de bois	10	12	15	18	22	28	35	45	60	80
Lignite (fosse)	10	12	15	18	22	28	35	45	60	80
Houille à gaz (Commentry)	10	12	15	18	22	28	35	45	60	80
Houille grasse (Tourni)	10	12	15	18	22	28	35	45	60	80
Anthracite (Lignac)	10	12	15	18	22	28	35	45	60	80

Après deux jours d'exposition à l'air, un dégagement de fumée s'est manifesté du côté Sud, venant de 5 à 10 centimètres de profondeur. Le thermomètre placé au point du dégagement marque de 265 à 275° ; à 0^m,50 de distance en profondeur, il n'accusait que 100° environ.

On a arraché quelques litres du charbon le plus chaud, ce qui a mis fin au dégagement.

30 jours après, nouveau dégagement de fumée, sans ignition, sur un autre point. Température de ce point, 195°.

Le diagramme suivant indique la température du tas prise au centre seulement pendant les 40 premiers jours d'observations, puis sur les quatre faces, à 0^m,50 de profondeur.

Des différences notables subsistent dans la température des 4 faces jusqu'au moment où tout échauffement a disparu vers la fin du 8^{me} mois. (Voir le diagramme n° 44, page suivante.)

Les observations faites peuvent se résumer comme suit :

I. — Si le tas est fait en plein air avec du charbon préalablement porté à une température un peu supérieure à 100°, le feu se montre généralement au bout de quelques jours.

II. — Lorsque la température initiale est comprise entre 60 et 100°, il y a tantôt accroissement spontané de chaleur, tantôt refroidissement.

III. — Au-dessous de 60°, il y a toujours refroidissement jusqu'à la température de l'air ambiant.

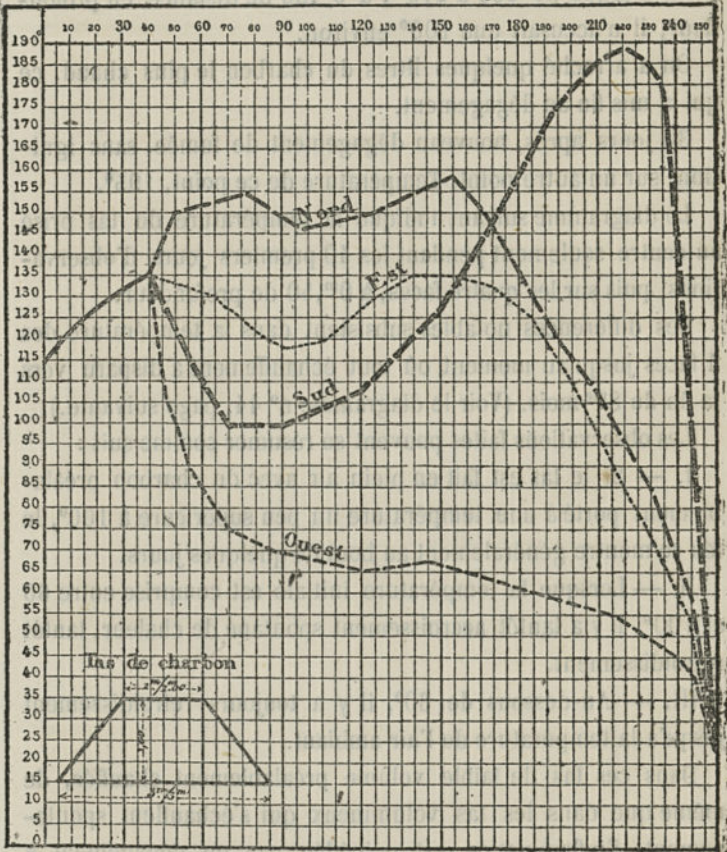
Dans ces tas de faible volume préalablement chauffés, de même que dans les tas volumineux qui s'échauffent spontanément, l'inflammation est précédée par un dégagement à odeur caractéristique ; puis, des fumées jaunes paraissent sur un point superficiel, ordinairement placé vers la mi-hauteur du tas. A ce moment, autour du dégagement, la température est généralement comprise entre 100 et 150 degrés. En enlevant quelques litres du charbon le plus chaud, on trouble la distillation commencée et il arrive, tantôt que le dégagement cesse et ne reparait plus, tantôt qu'il reparait sur un autre point du tas.

Houille de Commentry.

Température du tas de charbon en ses divers points.

N° 44.

Durée de l'exposition à l'air (en jours)



Parfois, la température centrale se maintient entre 100 et 200 degrés pendant plusieurs mois, puis elle baisse lentement comme dans le cas où elle n'a pas dépassé 50 ou 60°.

ARTICLE II.

Causes de la combustion spontanée.

Les circonstances au milieu desquelles le charbon exposé à

l'air s'enflamme spontanément étant connues, nous recherchons les causes de l'inflammation.

Ces causes sont nombreuses, car outre celles qui sont étrangères à la houille et qui peuvent venir de l'air, de la chaleur, de l'humidité, du temps, il y a celles qui tiennent à la houille, à sa nature, aux impuretés qu'elle renferme, à son état de division, à la masse, etc.

J'examinerai successivement ces diverses influences.

Action de l'air. — Comme nous l'avons vu dans la première partie de ce mémoire, l'air agit en fournissant de l'oxygène à la houille.

La houille peut absorber une proportion considérable d'oxygène, jusqu'à 100 fois son volume. La chaleur dégagée par cette absorption est le point de départ de l'échauffement et de la combustion spontanée.

Nous avons vu que, à la température ordinaire, le charbon mis à l'abri de l'air, soit dans l'eau, soit dans certains gaz, soit sous une enveloppe de terre, ne s'altère pas.

Les expériences suivantes montrent que sans air, le charbon ne s'échauffe pas, et que s'il a été échauffé par une cause quelconque, il se refroidit dès qu'on le prive d'air.

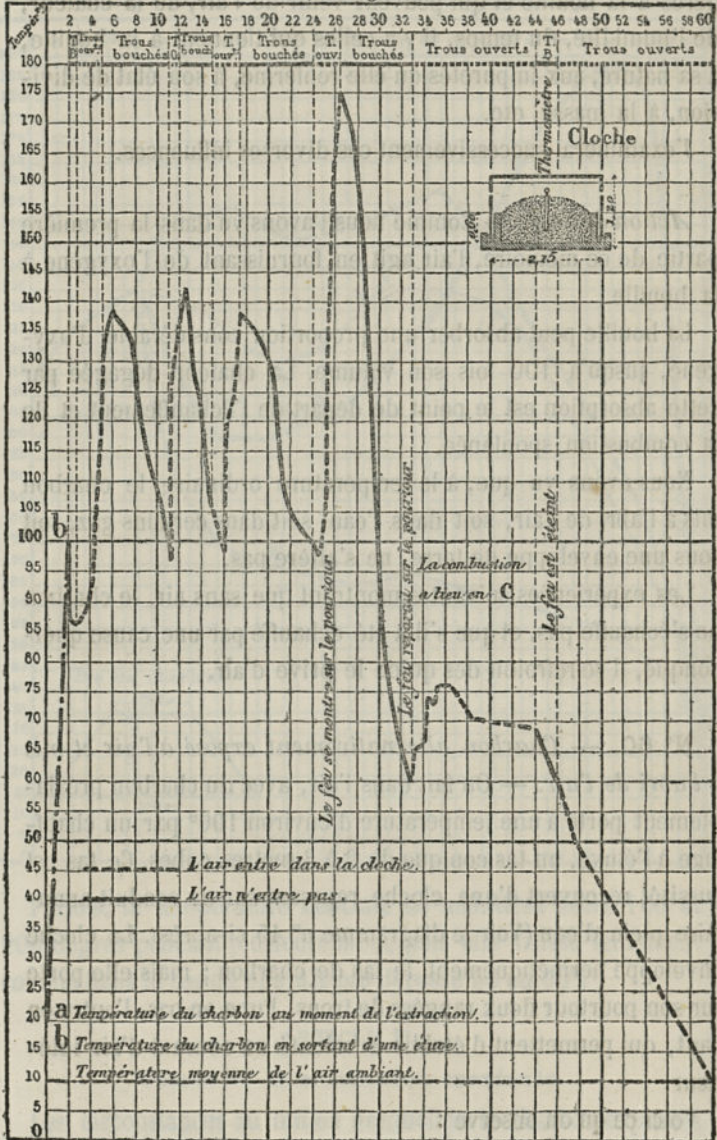
N° 60. — *Charbon alternativement exposé à l'air et mis à l'abri de l'air.* — On fait dans l'air, avec du charbon préalablement porté à une température d'environ 100° par un chauffage à l'étuve, un tas conique de 2 à 3 mètres cubes. Ce tas est aussitôt recouvert d'une cloche reposant sur un conduit annulaire plein d'eau (Voir le diagramme n° 45 ci-après). La cloche enveloppe hermétiquement le tas de charbon ; mais elle porte sur son pourtour deux rangées de trous, l'une en bas, l'autre en haut, qui permettent d'établir à volonté un courant d'air intérieur.

Voici ce qu'on observe :

Charbon menu alternativement exposé à l'air et mis à l'abri de l'air.

N° 45.

Temps en jours.



I. — Si on ferme tout, la température baisse, et au bout de quelques jours, elle ne diffère plus sensiblement de celle de l'atmosphère.

II. — Si on ouvre quelques trous en bas et en haut, de manière à établir un courant d'air convenable, la température s'élève et on arrive à la combustion spontanée.

III. — En ouvrant et fermant alternativement les trous, on modifie la température du tas, comme dans un thermomètre qu'on rapproche ou qu'on éloigne du feu.

Le diagramme ci-contre indique les faits constatés dans l'une de ces expériences :

Au début, tout est fermé, la température baisse (à 87° en deux jours).

Puis on ouvre quelques trous ; la température monte (à 130° en deux jours).

On bouche les trous, la température continue à s'élever pendant 12 heures, puis elle redescend à 95° en 5 jours.

Ensuite les trous étant ouverts, on a laissé la température centrale s'élever à 176° vers le 27^{me} jour. A ce moment, le feu s'est déclaré sur le pourtour du tas, et on a tout fermé. Au 33^{me} jour, la température n'était plus qu'à 60° et elle a continué à baisser doucement.

Dans une expérience, le feu ayant paru sur le pourtour du tas, alors que la température centrale était à 180° , on a constaté que malgré la combustion superficielle la température centrale baissait graduellement ; il est probable que la faible quantité d'oxygène qui pénétrait dans la cloche était absorbée par le point en feu et qu'il n'en arrivait point au centre. L'oxydation ne pouvant avoir lieu et le charbon étant mauvais conducteur de la chaleur, la température devait en effet baisser.

En ménageant avec soin les entrées d'air, on peut reproduire cette expérience avec un très-faible volume de charbon, 1 hectolitre seulement, chauffé préalablement entre 100 et 120° .

Les alternatives d'échauffement et de refroidissement peuvent être renouvelées un grand nombre de fois, tant que l'oxydation n'est pas complète.

Ces expériences réussissent facilement avec du charbon en grains dépouillé de poussière, assez facilement avec du *gros et carré*, plus difficilement avec du *menu ordinaire*. Dans cette dernière sorte, la poussière qui remplit les interstices compris entre les morceaux s'oppose à la pénétration de l'air dans la masse.

Nous venons de voir que l'air est nécessaire à l'échauffement. Il n'en faudrait point conclure que plus il y a d'air et plus la combustion spontanée est rapide. L'air peut exercer deux actions : 1° apporter l'oxygène et favoriser ainsi l'oxydation et l'échauffement ; 2° emporter la chaleur produite et empêcher ainsi la température de s'élever.

C'est cette dernière action qui s'oppose à l'échauffement de la houille menue exposée à l'air en couches minces, et qui empêche aussi l'échauffement des tas composés de gros fragments.

Cette action est mise en évidence par l'expérience suivante :

N° 61. — En envoyant une quantité d'air limitée sur du charbon préalablement chauffé, on arrive à le faire s'enflammer spontanément ; si on expose le même charbon au grand air, en enlevant la cloche, il ne s'enflamme plus, la température descend graduellement au niveau de la température ambiante.

Action de la chaleur. — La chaleur favorise la combustion spontanée en augmentant l'affinité de la houille pour l'oxygène. Nous avons vu en effet (1^{re} partie, chap. 2) que l'absorption d'oxygène par la houille est environ 10 fois plus rapide à 100° qu'à la température ordinaire et qu'elle s'accroît rapidement à mesure que la température s'élève.

Plus la température du milieu est élevée et plus vite le charbon arrive à la température à laquelle il s'enflamme.

L'action de la chaleur ressort nettement des expériences n^{os} 57 et 58.

Influence de l'humidité. — L'influence des temps humides sur le charbon entassé à la surface n'a pas été assez sensible pour être remarquée.

N^o 62. — Quelques expériences, faites uniquement en vue de reconnaître l'action de l'humidité, ont indiqué que cette action est nulle ou bien faible :

Un assez grand nombre de tas de 2^m à 12^m ont été faits à l'extérieur sous des hangars, et à l'intérieur dans des galeries sèches, savoir :

- 1^o Avec du menu fraîchement extrait ;
- 2^o Avec le même charbon préalablement séché dans des étuves, sans dépasser la température de 40^o ;
- 3^o Avec le même charbon non séché et aspergé pour le rendre humide, mais non mouillé.

On a observé chaque jour, pendant plusieurs mois, la température de tous ces tas de charbon ; aucune n'a dépassé 50^o. Humides ou secs, les tas se sont comportés d'une manière à peu près identique.

Il résulterait de là que l'humidité ne favorise point l'échauffement du charbon.

On sait, de plus, que le *menu lavé* entassé à l'état humide s'altère et s'échauffe moins que le *menu brut* (chap. 6, 1^{re} partie). Bien que ce résultat doive être surtout attribué à la présence d'une moindre proportion de poussières dans le menu lavé, il n'en ressort pas moins que dans ces conditions il n'y a pas de chaleur due à l'humidité.

Enfin, la rapidité avec laquelle s'enflamme le charbon chauffé à plus de 100^o, c'est-à-dire bien sec, montre que l'humidité n'est point nécessaire à la combustion spontanée.

Tous les faits observés à Commentry semblent indiquer que l'humidité empêche l'échauffement plutôt qu'elle ne le favorise, ce qui s'expliquerait par une action analogue à celle de l'eau ou des gaz neutres qui protègent la houille contre le contact de l'air.

C'est cependant une opinion assez accréditée que l'humidité est une cause d'inflammation. Elle peut, en effet, exercer une action indirecte en désagrégeant la houille, en facilitant sa réduction en poussière et en favorisant ainsi l'action de l'air.

Influence de la durée de l'exposition à l'air. — Le temps nécessaire pour qu'un tas de charbon passe d'une température donnée à la température d'inflammation dépend de bien des circonstances; d'abord de la température du charbon et de celle du milieu ambiant, puis de la nature de la houille, de sa masse, de l'état de division, etc...

A Commentry, le charbon mis en tas au sortir de la mine ne s'enflamme ordinairement qu'au bout de plusieurs mois; le lignite des Bouches-du-Rhône s'enflamme au bout d'un mois environ.

Influence de la masse. — Considérons un tas de charbon qui, exposé à l'air, dégage de la chaleur. S'il est en couche mince, le contact de l'air et le rayonnement pourront emporter toute la chaleur produite. Si le tas est assez épais, les couches extérieures protégeront la partie centrale contre les influences atmosphériques, et la température s'élèvera.

C'est ce qui arrive avec le menu ordinaire de Commentry. Il rentre toujours assez d'air dans les tas pour produire l'oxydation ou la condensation d'air à laquelle est dû le dégagement de chaleur.

A partir du moment où le centre du tas est protégé contre l'action réfrigérante de l'atmosphère, un accroissement de volume ne favorise plus l'échauffement. Si le tas devient très-volumineux, ou si l'état de division du charbon empêche l'air

d'arriver à la partie centrale, cette partie peut être à l'abri de la combustion et même de toute altération (1^{re} partie, chap. 4 et 6).

Influence de la fragmentation de la houille. — L'oxydation de la houille étant en rapport direct avec la surface exposée à l'air, plus le charbon est ténu et plus il est susceptible d'échauffement.

On peut admettre que, toutes choses égales d'ailleurs, la quantité de chaleur dégagée par la houille est proportionnelle à la surface exposée à l'air, surface mille fois plus grande dans la poussière que dans les fragments d'un kilogramme.

Le charbon en gros morceaux dégage donc peu de chaleur ; de plus, cette chaleur est emportée par l'air qui circule facilement entre les morceaux. Le *gros* est donc peu sujet à l'inflammation.

A l'état de poussières fines, le charbon s'échauffe moins facilement qu'à l'état de tout-venant. L'air passe difficilement à travers les poussières ; il pénètre au contraire plus librement qu'on ne le supposerait à première vue dans des tas composés de morceaux et de poussières.

Le menu gailloteux de Commentry est très-susceptible d'échauffement. On a remarqué que la température est plus élevée près de certaines accumulations de petits fragments sans poussière, laissant facilement arriver l'air, que là où la poussière remplit les vides compris entre les fragments.

Pour le combustible entassé, qui s'échauffe spontanément, comme pour celui qu'on cherche à allumer dans un foyer, l'inflammation est en général d'autant plus facile que le combustible est plus riche en matières volatiles.

Les combustibles sont d'autant plus inflammables qu'ils sont plus légers, plus poreux.

Les classifications établies plus haut, soit en exposant des grains de houille au contact d'une flamme, soit en déterminant

des combustions spontanées sous l'influence de l'air chaud, placent les houilles dans l'ordre suivant, au point de vue de l'inflammabilité :

Lignite,

Houille à gaz,

Houille grasse à courte flamme,

Anthracite.

Influence des impuretés de la houille.

Pyrites. — De même que pour l'altération, il n'y a pas à tenir grand compte des pyrites dans l'échauffement spontané.

On a souvent attribué aux pyrites un rôle prépondérant dans le phénomène de la combustion spontanée de la houille. En réalité, ce rôle est peu important.

Des expériences faites sur des pyrites en poussière, extraites de la houille de Commentry, ont montré que, à température égale, ces pyrites ne s'oxydent pas plus rapidement que la houille elle-même.

Les pyrites s'altèrent peu ou pas à la température ordinaire, dans l'air sec.

Dans l'air humide, elles s'altèrent lentement, comme l'indique l'expérience suivante :

N° 63. — Des fragments de charbon de la grosseur du poing, renfermant beaucoup de lamelles de pyrites, ont été exposés pendant *un an*, dans un air très-humide dont la température restait entre 35 et 45 degrés.

Etat des pyrites. — Au début, les lamelles visibles sont brillantes, jaune argenté.

Au bout de quelques mois, elles prennent des reflets dorés, puis des nuances bleues, mordorées; enfin, au bout de 10 à 12 mois, elles commencent à se désagréger, à se réduire en poussière.

Les lamelles de l'intérieur des morceaux sont brillantes comme au début.

Etat du charbon. — Au début, le pouvoir agglomérant est de 8.

Après 12 mois d'exposition à l'air humide et chaud, la surface des morceaux n'a plus qu'un pouvoir agglomérant de 5. (Exp. n° 39). Le charbon paraît s'être altéré comme les pyrites.

N° 64. — J'ai observé des tas de 5^m3 résultant du lavage des charbons, et composés d'environ :

$\frac{1}{3}$ de poussières de charbon,

$\frac{1}{2}$ à $\frac{1}{5}$ de pyrites,

$\frac{1}{5}$ à $\frac{1}{2}$ de sable argileux.

Dans tous les cas, la température centrale n'a pas dépassé 50°, à peu près comme si les tas eussent été formés de charbon seullement.

Enfin, je rappellerai qu'on n'a jamais remarqué, à Commen-try, l'action d'une plus ou moins grande abondance des pyrites sur l'échauffement des tas de menu.

Les pyrites ne peuvent pas, en effet, avoir ordinairement une grande influence sur l'échauffement du charbon.

Si l'on admet que l'oxygène absorbé développe la même quantité de chaleur dans les pyrites que dans la houille, la proportion de chaleur développée par l'oxydation complète de chacun de ces corps, dans un charbon de 1 p. % de pyrites, sera la suivante :

Oxydation de la houille, 10 p. % de son poids 9,9

Oxydation des pyrites, l'équivalent de leur poids 1 »

La part des pyrites serait la dixième partie de celle de la houille.

Pour que ces parts fussent égales, il faudrait une houille à 5 p. % de pyrites, teneur tout à fait exceptionnelle.

En résumé, sans refuser toute influence aux pyrites dans le phénomène de l'échauffement et de la combustion spontanée de la houille, on doit admettre que leur rôle est peu important.

A plus forte raison peut-on négliger l'action des autres corps oxydables, qui peuvent se trouver dans la houille, mais toujours en minimes proportions.

On déduit de ce qui précède :

I. — Que la cause première, essentielle, de l'inflammation spontanée de la houille est *l'absorption de l'oxygène de l'air par la houille*.

II. — Que les meilleures conditions pour l'échauffement d'une houille donnée sont : *un mélange de fragments et de poussière, une température élevée, une grande masse et une certaine quantité d'air*.

III. — Que les conditions contraires à l'échauffement sont *la houille en gros fragments, une basse température, un faible volume, et l'absence complète de l'air, ou bien une ventilation très-active*.

ARTICLE III.

Moyens employés pour prévenir la combustion spontanée.

Pour éviter l'inflammation spontanée du menu charbon entassé à la surface, on se bornait autrefois à renouveler les tas de temps en temps. La combustion ne se produisant ordinairement qu'après plusieurs mois d'exposition à l'air, on évitait ainsi l'incendie, mais on n'empêchait point un certain échauffement et une altération plus ou moins profonde du combustible.

Plus tard, on essaya de préserver de l'incendie les grands tas de menu en les ventilant à l'intérieur. On cherchait à établir des courants d'air dans la masse au moyen de fagots reliés entre eux et disposés en ligne, les uns horizontalement, les autres verticalement, ces derniers servant de cheminées.

Lorsque ces lignes étaient multipliées et bien établies, on parvenait en effet à empêcher la combustion ; mais pour peu que les dispositions fussent mal prises, s'il se produisait, par exemple, une obstruction ou une interruption dans une ligne

de fagots, le feu apparaissait bien plus vite dans les tas ainsi traités que dans les autres.

L'interruption d'une ligne de fagots a pour effet d'introduire dans la masse une certaine quantité d'air qui favorise l'oxydation sans produire de refroidissement. En outre, le bois, qui est plus inflammable que le charbon, devient le point de départ de l'ignition. Témoin l'expérience suivante :

N° 65. — Dans un tas conique de charbon menu de 2 mètres de hauteur, dont la température centrale varie entre 120 et 150 degrés, on introduit un fagot dont une extrémité reste dans l'air ; il se produit d'abord un petit refroidissement, puis la température remonte et le fagot s'enflamme au bout de quelques jours.

Si on retire le fagot et le charbon voisin embrasé, la combustion s'arrête.

En remplaçant un autre fagot, la combustion recommence, comme la première fois.

La ventilation au moyen de lignes de fagots n'est donc pas un bon préservatif.

Un moyen plus simple et plus sûr d'éviter l'inflammation spontanée consiste à ne donner aux tas de charbon qu'une faible épaisseur. Depuis 6 ans que l'entassement n'a lieu, à Comimentry, qu'en couches de 2 mètres à 2^m,50, il ne s'est pas présenté un seul cas de combustion spontanée ; le charbon s'échauffe et s'altère encore dans une certaine mesure, mais il ne s'enflamme pas. La température centrale d'un tas de 2 mètres ne dépasse pas ordinairement 40 à 50 degrés.

On préserverait mieux le charbon de la combustion spontanée et de tout échauffement en l'immergeant dans l'eau.

Une enveloppe imperméable, terre grasse ou poussière très-fine de charbon mouillée, donnerait certainement d'excellents résultats.

CHAPITRE 2^{me}.**Combustion spontanée à bord des navires.**

Les cargaisons de charbon sont sur les navires dans des conditions analogues aux emmagasins faits à la surface et à certains éboulements souterrains dont il sera question plus loin ; elles sont aussi sujettes à des combustions spontanées dont les conséquences sont parfois terribles.

Deux enquêtes ont été faites en 1876 sur la combustion spontanée à bord des navires : la première par une *Commission royale anglaise*, la seconde par une *Commission du Congrès d'hygiène et de sauvetage de Bruxelles* (1).

Il m'a paru intéressant de comparer les conclusions de ces deux Commissions à celles auxquelles j'ai été conduit.

La statistique a établi que sur 31.116 chargements de charbon faits en Angleterre, en 1874, il y a eu 70 sinistres qu'on peut attribuer à la combustion spontanée.

Parmi ces chargements :

26.631 destinés à des ports européens n'ont eu que 10 cas de combustion.

4.485 en destination de l'Asie, de l'Afrique et de l'Amérique en ont eu 60.

Ces derniers se répartissent de la manière suivante, d'après le tonnage :

2.109	cargaisons au-dessous de 500 tonnes,	5 sinistres,	$\frac{1}{4}$ p. ‰
1.501	d° de 500 à 1.000	d° 17 d°	1 p. ‰
490	d° de 1.000 à 1.500	d° 17 d°	$3\frac{1}{2}$ p. ‰
380	d° de 1.500 à 2.000	d° 14 d°	$4\frac{1}{2}$ p. ‰
77	d° de plus de 2.000	d° 7 d°	9 p. ‰

(1) Voir *Revue maritime et coloniale*, octobre 1876.

— *Comptes-rendus du Congrès d'hygiène et de sauvetage de Bruxelles* de 1876.

— *Annales des mines*, t. X, 1876.

Sur 5 navires à grand tonnage, en destination de San-Francisco, 2 ont brûlé.

Il résulte de ces chiffres que la proportion des sinistres augmente avec la *longueur du parcours* et le *tonnage des navires*.

Les conclusions des deux enquêtes peuvent se résumer de la manière suivante :

1° Certaines espèces de charbon sont particulièrement dangereuses dans les voyages de long cours.

La Commission anglaise demande que, pour déterminer quels sont les charbons les plus susceptibles de combustion, les inspecteurs des mines soient tenus de faire une enquête sur tous les cas de combustion spontanée qui seront signalés.

2° L'embarquement des charbons pyriteux, à l'état humide, favorise la combustion spontanée.

3° Le brisement de la houille pendant le chargement est l'une des principales causes d'incendie à bord des navires.

4° La ventilation à travers la masse de la cargaison est propre à engendrer les combustions spontanées.

5° Lorsque le charbon doit être transporté à de grandes distances, il faut vérifier fréquemment les températures des différentes parties du chargement.

6° Les explosions qui ont lieu résultent de l'inflammation du gaz des marais que certains charbons dégagent quelque temps encore après leur extraction.

Pour éviter ces explosions, il faut donner une issue libre aux gaz qui peuvent s'accumuler à la surface du chargement.

7° L'eau et la vapeur sont les seuls agents à employer pour éteindre les incendies.

J'examinerai successivement ces divers points.

1^{er} Point. — Les Commissions anglaise et belge disent que certaines houilles sont plus susceptibles que d'autres de s'en-

flammer spontanément et recommandent des enquêtes pour arriver à connaître les plus dangereuses. La lumière n'était pas faite sur ce sujet.

Il résulte de mes expériences que les houilles les plus dangereuses sont celles qui sont à la fois friables et riches en gaz éclairants.

On mesure la *friabilité* ou *cohésion* de diverses manières. La marine française a employé le procédé suivant : 100 morceaux de houille du poids uniforme de 500 grammes chacun, sont placés dans un tonneau en bois pouvant tourner autour d'un axe horizontal ; après 50 tours d'une vitesse donnée, on crible le contenu et on mesure la proportion de gros qui reste.

Si le *gros* qu'on charge à bord des navires est friable, il se brise et devient par ce fait plus oxydable et par suite plus sujet à la combustion spontanée.

L'*inflammabilité* appréciée par le procédé indiqué dans le chapitre précédent, dans l'air chaud, ou en exposant des grains à une flamme (1^{re} partie, chap. 2), donne la mesure du danger que présentent les houilles au point de vue de la combustion spontanée. On peut aussi mesurer l'inflammabilité tout simplement en faisant du feu dans un foyer ordinaire, en rapportant les résultats à une houille donnée prise pour point de comparaison. Les houilles les plus inflammables sont les plus dangereuses et ce sont généralement les houilles les plus oxygénées.

2^{me} Point. — Les Commissions ont attribué aux pyrites et à l'humidité une grande importance. J'ai démontré que les pyrites n'ont qu'une action très-secondaire et que l'humidité empêche l'échauffement plutôt qu'elle ne le favorise.

3^{me} Point. — Sur les inconvénients du menu, les enquêtes faites tant en Angleterre qu'en Belgique sont d'accord avec mes propres observations.

4^{me} Point. — Les Commissions ont conclu contre la *ventilation*, malgré l'avis contraire d'un certain nombre de témoins consultés (armateurs, capitaines de navires, assureurs, etc.).

Sur ce sujet, il y a eu divergence complète d'opinions ; des personnes ont recommandé la ventilation ; d'autres l'ont déclarée dangereuse. Ces contradictions doivent provenir de la différence des circonstances dans lesquelles les cargaisons se sont trouvées et de la diversité des moyens d'aération employés.

Pour que la ventilation soit efficace, il faut qu'elle produise un effet réfrigérant dans toute l'étendue de la masse. Atteint-on le but avec de petites cheminées en bois, traversant la cargaison de distance en distance, généralement espacées de plusieurs mètres ? Assurément non. Il reste des masses importantes dans lesquelles les cheminées n'apportent qu'une quantité d'air insuffisante pour le refroidissement, et, par conséquent, plus nuisible qu'utile. De plus, si l'une de ces cheminées, faites avec des paniers ou du bois, vient à s'obstruer, le charbon se trouve en présence à la fois d'un volume d'air limité et d'un combustible plus inflammable que la houille, conditions essentiellement propres à déterminer la combustion spontanée.

Je considère comme absolument certain qu'on peut éviter l'échauffement avec une bonne ventilation.

On aurait une ventilation complète et suffisante dans un milieu à température ordinaire, en fractionnant les cargaisons par couches horizontales ou verticales de 1 mètre environ d'épaisseur, et en laissant entre ces couches des vides de quelques centimètres de largeur dans lesquels l'air circulerait librement. La séparation pourrait être formée au moyen de cloisons à jour (toiles métalliques, tôles perforées, claies).

Dans un milieu à température plus élevée (que la source de chaleur vienne du climat ou du navire), le fractionnement de la cargaison devrait être encore plus grand.

Cette influence de la température du milieu ambiant, qui n'a point été signalée par les Commissions, joue un rôle considérable, comme on l'a vu plus haut (chap. 1, 2^{me} partie).

Elle peut avoir contribué aux sinistres des navires allant à

San-Francisco. L'inflammation presque certaine du charbon qu'on chauffe à 100 degrés environ, même en petits volumes, montre avec quel soin il faut éloigner la houille des foyers de chaleur.

- Le mode de ventilation indiqué plus haut peut présenter, à bord, divers inconvénients; il a notamment celui de réduire l'espace utile.

- On arriverait tout aussi bien à éviter la combustion spontanée en faisant le contraire d'une bonne ventilation, c'est-à-dire en empêchant d'une manière absolue l'accès de l'air sur le chargement.

- Il n'y a pas d'échauffement possible sans air, et nous avons vu, de plus, que le charbon échauffé se refroidit dès qu'on le prive d'air.

Qu'on suppose la cargaison enveloppée hermétiquement, recouverte par exemple d'une sorte de calotte à fermeture hydraulique. Le charbon sera en présence d'une quantité d'air relativement très-faible dont le volume peut être réduit à la moitié du volume du charbon. Bientôt l'oxygène sera absorbé et le charbon restera en présence de l'azote.

Un tuyau partant du fond du chargement et traversant la calotte pourrait servir, sans produire d'appel d'air, à l'expulsion des gaz qui peuvent se dégager de la houille à basse température.

Le traitement par privation d'air est, comme nous le verrons plus loin, appliqué avec succès dans les mines, non-seulement pour empêcher l'échauffement, mais encore pour éteindre les incendies.

5^{me} Point. — L'examen fréquent de la température de la cargaison est assurément une bonne mesure. Mais, pour être bien renseigné, il faut multiplier les points d'observation et avoir soin d'introduire le thermomètre dans toutes les parties du chargement, aussi bien dans la partie centrale que sur le pourtour. Le charbon étant mauvais conducteur de la chaleur,

certaines parties peuvent être proches de la température d'ignition, alors qu'à peu de distance d'autres parties sont à la température du milieu ambiant. (Diag. n° 45.)

6^{me} Point. — On attribue généralement au grisou, que certaines houilles dégagent encore quelque temps après leur extraction, les explosions qui ont lieu à bord des navires chargés de houille.

Sans nier que le grisou puisse causer des sinistres, je suis porté à croire qu'un bon nombre des explosions qu'on lui attribue sont dues à l'échauffement spontané de la houille. On a vu avec quelle facilité la température d'un tas de charbon s'élève lorsque le milieu ambiant est déjà chaud, ce qui est fréquemment le cas dans les navires; on a vu aussi que, dans le charbon pulvérulent, l'ignition se manifeste vers 200° et qu'un point de la cargaison peut être en feu sans que les parties accessibles révèlent le moindre accroissement de température. Or, il se dégage alors des gaz inflammables et explosibles que l'on a pu prendre pour du grisou.

Lors même qu'il n'y aurait pas ignition, les gaz dégagés pourraient donner lieu à des explosions. (Voir 1^{re} partie, chap. 4^{me}).

7^{me} Point. — On a reconnu que pour éteindre les incendies, l'eau, soit à l'état liquide, soit à l'état de vapeur, est préférable à l'acide carbonique qu'on a injecté quelquefois au milieu du charbon embrasé. Quand une cargaison prend feu, il y a une masse chaude considérable qu'il faut refroidir; pour arriver à ce résultat, l'eau est le meilleur des agents.

J'ai pu constater nombre de fois combien il est difficile d'éteindre de grandes masses embrasées. Une faible quantité d'eau ranime l'incendie au lieu de l'éteindre, par suite de la propriété qu'a le charbon incandescent de décomposer ce liquide. L'hydrogène libre et l'oxyde de carbone, résultant de la décomposition de l'eau, brûlent en développant beaucoup de chaleur.

Il faut donc arroser avec beaucoup d'eau, et encore a-t-on

de la peine à empêcher le feu de faire des progrès d'un côté pendant qu'on l'arrose d'un autre.

La privation d'air, aidée de l'arrosage, serait d'une bien plus grande efficacité. La fermeture hydraulique complète, dont j'ai parlé plus haut pour empêcher l'échauffement, serait encore un moyen puissant d'extinction du feu ; le tube ouvert, partant de la base du chargement et traversant la calotte, laisserait dégager l'excès de gaz provenant de la distillation, sans produire d'appel d'air. Le charbon privé d'air ne tarderait pas à s'éteindre.

A défaut de cloche faisant partie de la construction du navire, tout procédé permettant de fermer hermétiquement les fissures supérieures par lesquelles se dégagent les gaz ou fumées (toile imperméable, couche de terre grasse humide, etc.), produirait certainement d'excellents effets.

TITRE II. — INCENDIE DES HOUILLÈRES DE COMMENTRY

CHAPITRE 1^{er}.

Historique.

La question des incendies souterrains a toujours été, pour les exploitants de la houillère de Commentry, l'objet d'une vive préoccupation.

D'après Boulanger (1), la houille découverte à Commentry, vers la fin du seizième siècle, fut longtemps exploitée, sans aucune règle, par chaque propriétaire du sol isolément. Le feu paraît s'être mis, dès le début, dans ces travaux d'affleurements sans étendue et sans profondeur, qui furent probablement abandonnés sans résistance ; il n'y avait pas d'intérêt à défendre de telles excavations, et d'ailleurs on n'était pas armé pour cette lutte. Le feu disparaissait à mesure que l'eau remplissait les excavations.

(1) Boulanger. — *Statistique géologique du département de l'Allier*, 1844.

On recommençait de nouvelles fouilles sur d'autres points, en ajournant autant que possible le moment de pénétrer plus profondément dans le sol.

Ce ne fut que vers 1788, date de l'institution de la concession, que l'extraction commença à prendre une certaine importance et quelque régularité.

On exploitait exclusivement la grande couche qui est située dans la partie médiane du bassin.

L'allure de cette couche est fort irrégulière; sa puissance, ordinairement comprise entre 8 et 15 mètres, varie de 0 à 25 mètres; sa direction et son inclinaison sont aussi très-variables (Voir PL. II, FIG. 1 et 2).

D'autres gisements de moindre importance existent dans le terrain houiller de Commentry; près de la base se trouvent des veines anthraciteuses, en chapelets, qui dans certaines parties dégagent du grisou; la partie supérieure du terrain houiller renferme des couches de charbon gras à longue flamme, analogue à celui de la grande couche, mais moins pur.

La houille grasse de Commentry ne dégage pas de grisou.

C'est dans la grande couche qu'ont eu lieu la plupart des incendies dont nous allons nous occuper.

Jusqu'en 1840, on exploita cette couche sans remblais, en pratiquant dans des étages rapprochés les uns des autres et en descendant, des galeries en direction de 3 à 4 mètres de hauteur sur 2^m, 50 à 3 mètres de largeur, séparées par des piliers étroits qu'on recoupait ensuite par des traverses.

Ces travaux donnèrent lieu à des incendies qui, sauf de rares et courts intervalles, n'ont pas cessé de consumer les affleurements de la grande couche.

« La méthode d'exploitation adoptée, dit Boulanger, ne
« pouvait avoir que des résultats désastreux. En découplant
« cette puissante masse de houille par un grand nombre d'ou-
« vertures, en multipliant les surfaces en contact avec l'air,

« on augmentait les chances d'incendie que présentait ce char-
 « bon si inflammable et si pyriteux ; aussi, à plusieurs repri-
 « ses, le feu est venu envahir la mine et apporter de grandes
 « entraves au travail de l'exploitation. En déblayant la tranchée
 « Sainte-Adèle, du côté de la Bouige, on a rencontré des ro-
 « ches qui portaient la trace d'un incendie qui a dû sévir avec
 « une grande énergie, à en juger par le volume énorme des
 « blocs qui ont été agglutinés et fondus. Un autre incendie
 « s'est développé, en 1819, dans les travaux des puits Saint-
 « Paul et Saint-Victor, lorsque, après une suspension de quel-
 « ques années, on eut asséché ces travaux. Depuis cette
 « époque, le feu, gagnant de proche en proche à travers les
 « nombreuses découpures de la couche, s'est étendu sur un
 « espace considérable et est encore aujourd'hui le plus grand
 « obstacle et la plus grande source de dépenses de l'explo-
 « tation. Malgré les travaux pénibles et dispendieux exécutés
 « pour le limiter, il a, à plusieurs reprises, pris assez d'inten-
 « sité pour qu'on ait été obligé d'inonder la mine ; amorti
 « temporairement par ce moyen, il n'a pas tardé chaque fois
 « de se développer de nouveau avec énergie. L'impossibilité de
 « lutter contre les envahissements du feu dans des travaux en
 « quinconce est bien démontrée. »

En 1840, après un grand incendie qui avait entraîné l'aban-
 don complet des travaux souterrains, MM. Rambourg frères,
 propriétaires de la concession de Commentry, confièrent la
 direction de la houillère à un ingénieur éminent, M. Mony, dont
 la grande expérience guide encore aujourd'hui les ingénieurs
 chargés de l'exploitation de la mine.

M. Mony reconnut bientôt le danger d'exploiter sans rem-
 blais une couche aussi puissante ; il abandonna l'ancien sys-
 tème et fit faire l'extraction à ciel ouvert jusque vers 1848,
 époque à laquelle on commença à appliquer la méthode d'ex-
 ploitation en travers avec remblais.

La grande couche était alors sillonnée de travaux sur environ

1.500 mètres de long et 60 mètres de profondeur, et le feu régnait sur la plus grande partie de cette étendue. On ne pouvait songer à le détruire ; on lui fit sa part.

Ce fut à l'aval des régions incendiées et sous un stock vierge de 12 mètres que la nouvelle méthode d'exploitation fut établie. Les nouveaux étages devaient être enlevés par tranches horizontales de 2^m,30 prises en remontant, tous les vides étant bien remblayés (1).

Les débuts furent très-difficiles ; on avait espéré que l'introduction des remblais supprimerait les incendies spontanés. Cette espérance fut bientôt déçue ; le feu se déclara dans les nouveaux étages et opposa longtemps de très-grands obstacles au développement des travaux. On ne put conserver la méthode d'exploitation qu'en lui faisant subir de nombreuses et importantes transformations.

Le feu se présentait dans les conditions les plus diverses et les plus imprévues ; à mesure qu'on se mettait en garde contre une de ses manifestations connues, il se révélait sous de nouveaux aspects et dans de nouvelles circonstances.

Les anciens feux, ceux qui dévoraient les affleurements, étaient entourés de barrages au-delà desquels ils faisaient fréquemment irruption ; étendant continuellement la part qu'on leur avait faite, ils arrivaient de proche en proche à la nouvelle exploitation qui se trouvait ainsi compromise à la fois par l'extension des anciens incendies et par les feux spontanés auxquels elle donnait naissance.

Les embarras augmentaient toujours. Cependant, au milieu de grandes difficultés et de nombreuses alternatives d'insuccès et de réussite, la destruction du feu et la recherche des moyens d'en empêcher le retour étaient poursuivies avec persévérance. Le succès resta longtemps incertain et l'on dut encore inonder une partie de la mine en 1853.

(1) Turbert. — *Mémoire sur l'exploitation de la houille dans le bassin de Commentry*. — *Annales des mines*, 1852.

Cependant on arrivait à rendre les incendies de plus en plus rares : tandis qu'on en avait compté une vingtaine, bien distincts les uns des autres, au 4^{me} étage, il n'y en a eu que dix ou douze au 5^{me} et trois seulement au 6^{me} étage. Le feu ne s'est montré que sur un point, à diverses reprises, il est vrai, au 7^{me} étage, et il n'a pas encore paru dans les étages plus récents (8^{me}, 9^{me}, 10^{me} et 11^{me}), bien que les travaux y soient assez étendus.

L'amélioration des procédés et du matériel employés pour combattre les feux marchait parallèlement au perfectionnement de la méthode destinée à les prévenir.

La submersion, fréquemment usitée autrefois, et qui ne donnait que des résultats temporaires, fut abandonnée à partir de 1853.

On n'eut plus alors recours qu'à des barrages ; mais, dans la grande couche, sillonnée de crevasses et de vieux travaux, ce moyen de défense était encore fort insuffisant. Le feu franchissait ces limites et, pour l'arrêter, on ne disposait que de faibles quantités d'eau, venant de la surface dans des bennes à charbon et projetée au moyen de pompes à incendie.

Avec ces ressources, il fallait faire face à deux sortes de dangers : 1° aux irruptions fréquentes du feu des affleurements ; 2° aux incendies spontanés des nouveaux étages.

Un immense barrage vertical allant du mur au toit de la couche, fait en 1852, n'eut qu'un résultat négatif.

On n'a réussi à arrêter l'extension du feu qu'en 1863, au moyen d'un grand barrage horizontal, allant aussi du mur au toit de la couche.

Jusqu'en 1860, on n'eut, pour lutter contre le feu, que les barrages et la pompe à incendie.

Je ne citerai que pour mémoire deux essais d'étouffement, tentés, l'un en 1853, avec de l'acide carbonique, l'autre en 1858, avec de la vapeur, et qui furent complètement inefficaces.

A cette époque, le système de défense suivi rendait le travail extrêmement pénible.

L'air étant vivement attiré à travers les fissures de la maçonnerie ou du charbon, par les crevasses qui établissaient une communication entre l'intérieur et la surface, on cherchait à empêcher les entrées d'air en supprimant tout courant devant les barrages. Les galeries de surveillance étaient en culs-de-sac ; par suite, la température y était élevée et l'air souvent vicié. Il fallait des hommes spéciaux, très-robustes, pour faire ou réparer les barrages.

En 1861, un courant d'air fut établi devant une certaine longueur de barrages ; le succès de cette mesure la fit bientôt généraliser.

Quelque temps après, l'eau fut amenée abondamment et à haute pression, au moyen de tuyaux partant de l'extérieur. Dès lors, on put non-seulement résister au feu, mais encore l'attaquer et regagner une partie du terrain perdu.

Les principales difficultés viennent des gaz et des fumées plutôt que de la chaleur. Le moindre foyer, caché au sommet d'une cloche ou dans une fissure, produit assez de fumée pour rendre l'air irrespirable et refouler les travailleurs.

Les feux des affleurements causent généralement moins d'embarras sous ce rapport, parce que les fumées ont un dégagement par les crevasses qui percent au jour.

Longtemps on a combattu les feux par attaques vives et par défournement ; les attaques par dessous, au niveau inférieur du feu, réussissant difficilement, on attaqua par dessus, c'est-à-dire qu'on atteignit le feu au moyen de galeries faites en contre-haut, au-dessus du plan des parties en combustion. Ce fut un progrès sérieux : ainsi, l'eau agit plus efficacement ; on peut, de plus, créer facilement des issues aux gaz.

On a détruit par ce procédé des incendies considérables, mais toujours au prix de grands efforts et de grandes dépenses.

L'emploi d'*appareils respiratoires*, dont on commença à se

servir en 1869, simplifia les travaux d'attaque. Certaines opérations très-pénibles et même impossibles auparavant sont devenues faciles avec ces appareils.

Enfin, depuis quelque temps, l'*embouage*, auquel on avait eu recours en diverses circonstances, sans soupçonner d'abord toutes ses applications possibles, rend d'immenses services.

L'*embouage* consiste à étouffer le feu en remplissant de boue les régions incendiées ; il peut souvent s'effectuer sans exposer les ouvriers au feu ni aux fumées.

Combiné avec l'emploi des appareils respiratoires, l'*embouage* a permis de venir facilement à bout d'incendies dont la destruction eût exigé autrefois des sacrifices considérables de temps et d'argent, sans compter les dangers pour les personnes.

Le feu a eu son maximum d'intensité et d'étendue vers 1860. A partir de 1865, on a commencé à envisager l'avenir avec moins d'inquiétude, non que l'on se considérât comme à l'abri de tout embarras, mais le danger d'une catastrophe générale devenait moins redoutable ; les surprises étaient plus rares ; enfin, le feu n'était plus comme autrefois la préoccupation exclusive des ingénieurs.

Depuis lors, on a eu à combattre de terribles incendies ; tout récemment, un incendie allumé par un ouvrier imprudent a compromis un moment le principal centre d'extraction de la houillère et la vie d'un grand nombre d'hommes ; l'un des derniers incendies a coûté deux années de travail et d'attaques incessamment renouvelées.

Grâce au perfectionnement des procédés et du matériel employés contre le feu, on est parvenu à détruire tous les incendies qui ont pris naissance, depuis 1848, dans les étages exploités par remblais.

Tout danger n'est point disparu ; malgré les soins apportés dans l'exploitation, certaines parties du gisement ont encore une forte tendance à s'échauffer. D'ailleurs, les incendies acci-

dentels sont toujours à craindre. On ne peut se défendre d'une pénible impression, en pensant que la vie des ouvriers et la sécurité de ces exploitations si laborieusement établies sont à la merci de l'imprudenc e et aussi, hélas ! de la malveillance. Il en est ainsi cependant. Aussi faut-il toujours être prêt à soutenir un nouvel assaut.

On peut se demander pourquoi, au lieu de livrer au feu ces combats pénibles, coûteux, dangereux, on ne s'est pas borné à faire à Commentry, comme cela se fait souvent ailleurs, la *part du feu*? Ce qui est facile et sans grand inconvénient dans les couches minces n'est possible dans les couches puissantes qu'en sacrifiant d'importantes richesses ; et c'est même impossible, lorsque les travaux sont concentrés et que le gisement est sillonné de crevasses. Dans ces conditions, le moindre foyer est un danger permanent pour l'ensemble de l'exploitation ; on est constamment exposé à une catastrophe ; la lutte s'impose.

Rude encore aujourd'hui, cette lutte était autrefois extrêmement pénible, et si elle a été poursuivie avec succès, c'est grâce à l'énergie et à l'intelligence des chefs secondés par un personnel dévoué. Les ouvriers sont toujours allés au feu bravement et simplement ; ceux qui tombent asphyxiés (ils étaient autrefois fort nombreux) sont emportés par leurs camarades et reviennent à la charge dès qu'ils ont recouvré leurs forces.

Les accidents de personnes sont heureusement rares dans ces travaux ; on ne cite pas de mort d'homme survenue par asphyxie dans les attaques régulières de feu. Cependant, on a eu quelques malheurs à déplorer, causés par des explosions inattendues.

Je rappellerai ici la part essentielle prise dans ces travaux contre le feu par l'un des ingénieurs en chef de la mine, M. Martin, qui y consacra pendant 12 ans, toutes ses forces appuyées sur une volonté vigoureuse et une constitution robuste. Lorsque la mort l'enleva prématurément en 1866, il avait déjà obtenu d'importants résultats ; le personnel qu'il

avait formé et dont j'avais l'honneur de faire partie, a continué à s'inspirer de ses leçons et de ses exemples.

C'est grâce à une lutte incessante que, malgré les embarras de tout genre créés par le feu, l'exploitation des houillères de Commentry a pu prendre un grand développement (1). Chaque jour amenant un progrès nouveau dans les procédés et le matériel employés pour prévenir le feu et le combattre, on peut espérer que ce fléau des grandes couches deviendra de plus en plus rare et que les conséquences de chacune de ses apparitions seront de moins en moins graves.

CHAPITRE 2^{me}.

ORIGINES, CAUSES ET CONSÉQUENCES DES INCENDIES.

ARTICLE I.

Origines.

L'exploitation de la grande couche de Commentry a été troublée par un assez grand nombre d'incendies souterrains résultant directement de l'exploitation elle-même, et par quelques incendies accidentels. Il y a eu, en outre, à l'extérieur, des incendies spontanés assez fréquents dans le charbon extrait et emmagasiné.

(1) TABLEAU DE LA PRODUCTION DES HOUILLÈRES DE COMMENTRY DEPUIS LE COMMENCEMENT DU SIÈCLE.

ANNÉES.	PRODUCTION ANNUELLE MOYENNE.
1810 à 1820	12.000 hectolitres.
1820 à 1830	80.000 —
1830 à 1840	100.000 —
1840 à 1850	850.000 —
1850 à 1860	2.550.000 —
1860 à 1870	5.450.000 —
1870 à 1878	5.750.000 —

Deux cas d'incendies accidentels, d'une exceptionnelle gravité, seront cités au chapitre 5^me ; je ne m'occuperai dans ce chapitre que de la combustion spontanée.

Incendies spontanés souterrains.

On n'a pas de renseignements précis sur le point de départ des incendies qui consomment la grande couche à ses affleurements, ni sur les circonstances au milieu desquelles ils ont pris naissance.

Des roches calcinées qu'on découvre encore de temps en temps à une faible profondeur, près de la trace d'anciennes galeries étroites et tortueuses, attestent que le feu s'est mis dans les premières fouilles faites aux affleurements. Il a eu certainement plusieurs foyers originels. Favorisé ensuite dans son développement par les nombreuses communications des étages entre eux et avec la surface, et par les crevasses résultant de l'exploitation, le feu s'est étendu de proche en proche et a gagné successivement tous les étages exploités par galeries et piliers ; plus tard il a même fait irruption sur quelques points dans les étages exploités avec remblais et on a eu beaucoup de peine à l'arrêter dans sa marche descendante.

On remarqua de bonne heure que le feu se met spontanément dans le charbon éboulé, ainsi qu'aux points où la couche est brisée. M. Boulanger signalait, en 1844, le charbon pulvérulent et pyriteux des failles, comme fort dangereux.

On avait constaté, en outre, que la submersion des chantiers en combustion ne détruit pas le feu sans retour : diverses inondations complètes, faites en 1819, 1840 et 1844, n'empêchèrent point le feu de renaître peu de temps après l'assèchement et dans les régions mêmes où il existait auparavant.

Tels sont les principaux renseignements que j'ai pu recueillir sur les incendies des parties supérieures de la couche, appelés *anciens feux* ou *feux des anciens travaux*.

Les feux des affleurements, entretenus par l'air qui circule dans les crevasses formant cheminées, tendent constamment à descendre en suivant les crevasses ; on a eu ainsi, par extension, un nombre considérable d'incendies.

En 1860, il ne se passait guère de semaine sans qu'on eût à soutenir un assaut contre les anciens feux, qui, sur un point ou sur un autre de la longue ligne des barrages qui les entouraient, se créaient un passage et envahissaient les travaux.

A la même époque, les incendies spontanés provoqués par l'exploitation des nouveaux étages commençaient aussi à être nombreux. Ils s'étaient montrés d'abord dans des parties failleuses de la couche.

Les failles ont été le siège de beaucoup d'incendies, soit parce qu'elles renferment un charbon pulvérulent très-inflammable, soit qu'en détruisant la cohésion de la masse, elles causent des éboulements dans lesquels se forment ensuite des échauffements spontanés. Lorsque, grâce à un boisage et un remblayage bien faits, on fût parvenu à éviter les éboulements, les failles cessèrent d'être des foyers d'incendie. Malheureusement, à mesure que cette cause perdait de l'influence, une autre se révélait : au bout d'un certain temps, le feu se mit à la limite des massifs réservés.

On verra au chapitre 5^{m^e} que les massifs réservés au milieu de dépilages se sillonnent à leur extrémité de crevasses remplies de charbon pulvérulent. Le feu prend facilement naissance dans ces crevasses.

De là vint une nouvelle série d'incendies aussi importante que celle résultant des éboulements.

Puis une 3^{m^e} série se forma en pleins chantiers de dépilage, en dehors des éboulements et des massifs réservés, dans des charbons durs que l'on commença à exploiter vers 1865.

Le charbon de la grande couche présente des degrés très-variables de dureté ; sur certains points, il est tendre, clivé,

stratifié ; sur d'autres, il est très-dur, sans clivage ni plan de stratification. Dans ce dernier cas, au lieu de s'affaisser doucement et régulièrement à la suite du dépilage comme dans les charbons tendres, le plafond reste parfois longtemps suspendu au-dessus des remblais et tombe par grandes masses en se crevassant.

Du frottement des masses entre elles résulte du charbon pulvérulent, qui a une forte tendance à s'échauffer spontanément. Ainsi, dans la région du Clozet, où le charbon est très-dur, les incendies ont été nombreux, tandis que dans la région à charbon tendre de Sainte-Aline, il n'y en a pas encore eu, bien que le même genre d'exploitation y ait été appliqué sur un plus vaste espace et que les conditions de température, d'aérage et d'humidité soient analogues dans les deux régions. La seule différence marquée consiste en une teneur en pyrites un peu plus forte à Sainte-Aline qu'au Clozet (de 1 à 1 $\frac{1}{2}$ au lieu de $\frac{1}{2}$ à 1 p. $\%$).

Il est difficile de se rendre compte de certaines influences telles que l'humidité ou la température de l'air. L'air qui circule dans les galeries étant toujours à une température peu élevée et plus ou moins chargé de vapeur d'eau, on n'a pu noter ces influences, non plus que celle de l'humidité des chantiers eux-mêmes.

Les incendies spontanés n'ont pas été plus fréquents dans les puits de sortie d'air que dans ceux qui servent à l'entrée de l'air.

Depuis 1848, on a compté une quarantaine d'incendies notables, qui se sont répartis à peu près également entre les éboulements, les massifs brisés et les crevasses des charbons durs.

Il y a eu, en outre, un très-grand nombre d'échauffements qui n'ont pas été suivis de feu. Le charbon s'échauffe parfois sans s'enflammer, soit parce qu'on ne lui en donne pas le temps, soit parce que les diverses conditions nécessaires à la combustion ne se trouvent pas toutes réunies.

Il ne suffit pas, en effet, que le charbon soit éboulé pour qu'il prenne feu. Des régions fort étendues et disloquées par une série de dépilages n'ont donné lieu à aucun échauffement sensible. En général, les charbons tendres qui semblent les plus propres à la combustion spontanée ne s'échauffent pas quand les excavations sont bien remblayées. J'ai constaté qu'il n'y a pas non plus échauffement dans les masses de charbon éboullées, lorsqu'elles sont bien enveloppées de remblais.

En résumé, les principaux points d'origine de la combustion spontanée souterraine ont été les suivants :

Eboulements, massifs réservés au milieu des dépilages, et crevasses des charbons durs.

ARTICLE II.

Causes de l'échauffement spontané.

Les échauffements spontanés souterrains ont été souvent attribués à l'oxydation des pyrites que la houille renferme ; on a aussi fait intervenir dans ce phénomène la haute température que peuvent produire la compression de l'air et le frottement des roches entre elles, au moment où les masses supérieures s'affaissent.

Forces mécaniques. — Il n'est peut-être pas impossible que les forces mécaniques mises en jeu par l'exploitation souterraine, puissent déterminer, dans des cas exceptionnels, l'échauffement et l'embrasement de la houille ; cependant, ce fait ne s'est pas présenté dans les houillères de Commentry, ou du moins, aucun des nombreux incendies qui y ont eu lieu n'a pu être rattaché à cette origine.

Les mouvements et les déformations de roches qui se produisent sous la pression des masses supérieures, à la suite des dépilages, et les tassements de remblais qui en résultent (voir chap. 5, art. II), ne développent pas ordinairement des changements de température appréciables. Dans le charbon massif,

voisin des grandes tailles en activité, on constate parfois des écarts de température qui vont jusqu'à 3 ou 4 degrés, dans des sens différents, le point le plus chaud étant tantôt en avant du front de taille, tantôt en arrière, dans la partie affaissée. En général, les points chauds correspondent à du charbon brisé et poussiéreux. On ne constate pas plus d'échauffement dans les chantiers où la charge est rapide, où l'affaissement est complet en 5 ou 6 jours, par exemple, que dans ceux où l'affaissement est très-lent.

Quant aux remblais, ils ne s'échauffent pas non plus sensiblement sous l'influence des énormes pressions qui les compriment. Ils se mettent peu à peu en équilibre de température avec le milieu ambiant, se refroidissant s'ils ont été apportés plus chauds que ce milieu, s'échauffant dans le cas contraire.

La difficulté de constater des échauffements dus aux frottements, à la déformation, et à la compression des roches, s'explique par la lenteur et la faible amplitude des mouvements de terrain. On comprend aussi que ces mouvements ne puissent comprimer l'air assez rapidement pour que des échauffements puissent en résulter. L'air a de telles issues, qu'un éboulement même subit ne produit pas des pressions élevées. On n'a pas d'exemple d'un éboulement qui se soit mis immédiatement en feu, et le temps qui s'écoule ordinairement entre la formation d'un éboulement et son inflammation prouve que la chaleur vient d'une autre source.

On ne peut donc ranger les forces mécaniques parmi les causes ordinaires des incendies souterrains. Remarquons, en passant, que ces forces n'interviennent pas dans la combustion spontanée du charbon entassé à l'extérieur des mines.

Pyrites. — Nous avons vu que les pyrites ne jouent qu'un rôle fort secondaire dans l'altération de la houille, et que leur influence n'est point sensible dans la combustion spontanée du charbon entassé en dehors des mines.

Les faits constatés dans les bouillères de Commentry permettent d'affirmer que leur action dans les incendies spontanés souterrains est, dans la plupart des cas, nulle ou insignifiante.

Certaines régions peu pyriteuses de la grande couche ont donné lieu à beaucoup plus d'incendies que d'autres régions où la proportion des pyrites est double.

Le même fait a été constaté dans d'autres mines, en France et en Angleterre (1).

Ici encore, comme pour le charbon entassé en dehors des mines, l'*oxydation de la houille* permet d'expliquer les phénomènes.

A l'intérieur, la température est généralement un peu plus élevée qu'à l'extérieur, et l'influence réfrigérante du rayonnement est nulle : deux conditions favorables à l'échauffement.

Les *éboulements* réunissent donc plus facilement que l'*entassement du charbon à la surface* les conditions nécessaires à la combustion spontanée. Si l'air arrive au charbon éboulé en quantité suffisante et sans excès, l'oxydation a lieu et la chaleur développée s'accumule.

On comprend que les *crevasses des charbons durs* et celles des *massifs brisés*, qui renferment du charbon pulvérulent éminemment disposé à s'oxyder, donnent facilement lieu à des incendies ; l'air s'y infiltre, mais ne peut guère y circuler libre ; il y a peu de chaleur perdue. Une grande masse brisée n'est point nécessaire.

Il ne faudrait point conclure de là que tous les éboulements et toutes les crevasses se mettent en feu. Les exemples de masses de charbon éboulé et de crevasses pleines de charbon pulvérulent, qui n'ont subi ni échauffement ni altération sensibles, sont assez nombreux. On rencontre assez souvent à

(1) Haton de la Goupillière. — *Rapport de la Commission d'études des moyens propres à prévenir les explosions de grisou.*

Industrie minière, 1875, 4^{me} livraison. — *Bulletin bibliographique.*

Commentry, en terminant l'exploitation d'un étage, au milieu de remblais, du charbon éboulé, abandonné 15 ou 20 ans auparavant dans la première tranche de l'étage supérieur ; ce charbon n'offre aucune trace d'échauffement ni d'altération, probablement parce qu'il est resté à l'abri de l'air.

Lorsque l'air arrive en trop petite quantité sur le charbon éboulé, l'échauffement est faible ; l'oxygène disparaît et le charbon reste en présence de gaz incombustibles sans action nuisible. Si, au contraire, le charbon brisé est léché par un courant d'air, comme cela arrive dans certaines crevasses, la chaleur est emportée par le courant à mesure qu'elle se produit.

En résumé, dans les *éboulements*, les *massifs brisés* et les *crevasses des charbons durs*, sources ordinaires des incendies souterrains, la cause principale de l'échauffement est donc toujours l'*oxydation de la houille*, oxydation favorisée par les diverses circonstances énumérées au chapitre 1^{er} (titre I).

ARTICLE III.

Effets et conséquences des incendies souterrains.

Les échauffements et la combustion spontanés de la houille dans l'intérieur des mines ont des effets et des conséquences multiples : dangers pour la vie des ouvriers, embarras dans les travaux, pertes de houille et autres, etc.

Les produits volatils qui en résultent peuvent renfermer tous les gaz de la combustion ordinaire et de la distillation en vase clos, et être à la fois asphyxiants et explosibles. C'est d'explosions de gaz produits par le feu que sont résultés les plus grands accidents ayant entraîné mort d'hommes que l'on ait eus à déplorer à Commentry.

Les pertes en houille brûlée ou altérée peuvent être considérables ; cependant, ces dommages sont généralement peu importants comparativement aux entraves que le feu apporte dans l'exploitation.

On s'est trouvé autrefois, à diverses reprises, dans la nécessité d'évacuer complètement la mine, par suite des irrptions subites du feu hors des barrages. Plus récemment, des quartiers fort étendus ont dû être abandonnés.

Ces conséquences sont décrites dans les chapitres suivants.

On a vu dans la première partie de ce mémoire quelles altérations la chaleur produit sur la houille, je ne m'occuperai ici que de son action sur les roches voisines de la couche.

Effets sur les roches. — Ces effets ont atteint sur quelques points des proportions considérables ; dans une carrière à remblais désignée sous le nom de Grande-Tranchée, on voit sur une section transversale les roches du toit calcinées et fondues sur plus de 50 mètres de hauteur et sur une largeur supérieure à 100 mètres. Les grès et les schistes sont agglomérés en blocs de 5, 10, 20 mètres cubes et ne conservent plus aucun de leurs caractères primitifs.

Sous l'action de la chaleur, les schistes perdent leurs matières bitumineuses ; ils deviennent durs, sonores, leur couleur d'abord rougeâtre, terne, devient plus brillante à mesure que la température s'élève ; ils prennent parfois une belle apparence rubanée ; chaque feuillet a une nuance particulière, et de noir qu'il était d'abord, le schiste se colore d'une teinte vive, rouge, brune, jaune....., etc., sur laquelle se détachent des veines très-nettement tracées de diverses couleurs.

La transformation des grès est différente ; d'abord les grains de quartz deviennent laiteux ; la pâte jaunit, la roche se fendille, perd sa cohésion ; puis, quand la température s'est élevée davantage, la dureté et la sonorité reviennent ; enfin, le grès se fond et se distingue ordinairement du schiste par sa porosité.

Les grès sont plus fusibles que les schistes. Outre les éléments principaux : silice et feldspath, les grès renferment presque tous une pâte argileuse, ferrugineuse et calcaire ; l'acide chlorhydrique les met en effervescence, tandis qu'il est sans action sur les schistes.

Les schistes sont encore reconnaissables dans les masses fondues, alors que les grès ont perdu tous leurs caractères distinctifs.

Les roches calcinées qu'on exploite comme remblais (et qui constituent d'excellents remblais à la fois peu compressibles, incombustibles et légers) ressemblent beaucoup, avec leurs teintes rougâtres, sombres, à des terrains volcaniques ; quelquefois elles ont coulé comme des laves ou comme des laitiers de hauts-fourneaux ; sur certains points elles ont formé en tombant goutte à goutte des stalactites, des grappes ; ailleurs, on les trouve poreuses comme des éponges.

Les hautes températures nécessaires pour la fusion ont été produites par les gaz venant des incendies souterrains ; ces gaz se rendent dans l'atmosphère en circulant dans les anfractuosités qui subsistent au milieu des roches et qui sont transformées en fournaies ardentes. Des effondrements du sol permettent quelquefois de voir de vastes grottes souterraines à parois incandescentes.

Lorsque l'air manque dans ces excavations, les gaz viennent brûler à la surface en produisant ces grands feux qui ont donné à la houillère de Commentry une certaine célébrité.

Les réactions les plus complexes ont lieu dans ces sortes de fourneaux ; on y trouve de la fonte, du fer, à l'état naissant, de l'alun et une foule d'autres substances.

Les amas de fonte s'expliquent par la réunion, sous une haute température, de tous les éléments qu'on introduit dans les hauts-fourneaux : minerais de fer, houille, chaux, silice..., etc.

L'alun résulte de la décomposition des pyrites.

(Il y a des pyrites dans le charbon, dans les schistes et même dans les grès du terrain houiller de Commentry.)

Outre la décomposition à l'air, dont nous avons parlé plus haut, les pyrites subissent encore d'autres décompositions, à l'abri de l'air, sous l'influence de la chaleur, et donnent nais-

sance à des produits très-variés parmi lesquels se trouvent de l'acide sulfureux, de l'acide sulfurique, du soufre, du sulfate de fer.

Le sulfate de fer acide attaque les roches argileuses et feldspathiques et produit de l'alun.

On trouve aussi cette dernière substance, mais en petite quantité, dans les résidus de la combustion des schistes de triage.

Sur les bords des crevasses se déposent des efflorescences de différentes couleurs, dont quelques-unes sont cristallisées.

M. Mayençon, professeur de chimie à Saint-Etienne, a étudié sur les houillères incendiées de la Loire les produits des incendies dont la description se rapporte assez exactement à ceux de Commentry; il en donne l'énumération suivante (1) :

Efflorescences.

« A. *Efflorescences blanches* :

Chlorhydrate	}	d'ammoniaque, en beaux cristaux.
Bromhydrate		
Iodhydrate		

Acide arsénieux, souvent en octaèdres.

Dans quelques-unes, de l'alumine et un peu de glucine, probablement à l'état de chlorure.

« B. *Efflorescences rouges* :

Réalgar	}	fondu au mamelonné. cristallisé en prisme oblique.

« C. *Efflorescences orangées* :

Mélange en proportion variable de :

Chlorhydrate	}	d'ammoniaque.
Bromhydrate		
Iodhydrate		

Faibles quantités d'alumine et de glucine.

(1) *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences*, février 1878.

(Chlorures ou sulfates).

Réalgar amorphe.

Orpiment.

Soufre octaédrique.

« D. *Efflorescences jaunes* :

Les mêmes produits que pour C, moins le réalgar.

« E. *Efflorescences noires* :

Insuffisamment étudiées.

De l'arsenic natif, de l'arsenite d'ammoniaque.

Du sulfoarséniure d'ammonium, des sulfates.

Des sulfites et des hyposulfites.

Croûtes.

Alun d'ammoniaque, alun de potasse.

Sulfate d'alumine, en grande quantité.

Sulfates de protoxyde et de sesquioxyde de fer.

Sulfate d'ammoniaque.

Chlorure	} d'ammonium.
Bromure	
Iodure	

Composés arsénifères, arsenic cristallisé.

Galène sublimée, en cubes et en trémies.

« Les corps qui sont le plus abondants sont les composés ammoniacaux, l'arsenic, l'aluminium, le fer, le chlore, le soufre. » (1)

(1) M. Mayençon a bien voulu me communiquer le résultat de nouvelles recherches non publiées, sur les sublimés solides des feux de mines. — Il a constaté encore la présence :

1° De cuivre à l'état de chlorure et de sulfate;

2° Du bismuth, surtout à l'état de chlorure;

3° De l'antimoine, en quantité notable, en sulfure et chlorure;

4° Du zinc;

5° De la chaux sulfatée, en petits cristaux prismatiques;

6° Du fluor en quantité considérable dans certains échantillons, probablement à l'état de fluorure d'ammonium.

CHAPITRE 3^{me}.**Des conditions que doit remplir l'aérage et des phénomènes que présente la respiration dans les régions échauffées ou incendiées.**

Considérations générales. — De la viciation et de l'échauffement de l'air résultent les principales difficultés que le feu crée dans les travaux souterrains et les principaux dangers qui menacent les ouvriers : asphyxie, explosion..., etc.

Avant d'aborder la description des moyens employés pour combattre les incendies, j'ai cru devoir entrer dans quelques détails sur les conditions de l'aérage et de la respiration dans les travaux sujets à l'échauffement et à la combustion spontanée.

On sait que la composition normale et à peu près invariable de l'air atmosphérique est la suivante :

	En volume.
Oxygène	20,80
Azote	79,20

Il contient aussi, dans les circonstances ordinaires, de 3 à 6 dix-millièmes d'acide carbonique, quelques traces de gaz des marais, et une quantité de vapeur d'eau variable, le plus souvent comprise entre 6 à 9 millièmes.

L'air des mines est exposé à de nombreuses causes d'altération ; vicié par la respiration des hommes et des animaux, par la combustion des lampes, la décomposition des bois et de diverses matières animales, l'air peut encore être modifié par l'oxydation de la houille, par les dégagements gazeux qui proviennent des échauffements et des incendies..., etc.

Comme exemple des modifications que l'air subit en circulant à l'intérieur des houillères, dans les conditions ordinaires du travail souterrain, je citerai quelques observations faites à Commentry, dans une mine sans grisou.

1° AIR PRIS A SA SORTIE DE LA MINE.

Il sort par le puits Sainte-Aline environ 35^m d'air par seconde. Cet air a pénétré dans la mine par plusieurs entrées et revient dans l'atmosphère, après un parcours souterrain moyen de 1.800 mètres.

De 5 heures du matin à 3 heures $\frac{1}{2}$ du soir il y a 450 ouvriers et 32 chevaux dans les chantiers; le reste du temps, il n'y a que quelques gardiens.

Le tableau suivant indique la composition de l'air pris dans le puits Sainte-Aline à divers moments d'une même journée (1).

MOMENTS où l'on a fait les prises d'air.	POUR 100 VOLUMES D'AIR.	
	Volumes d'oxygène.	Volumes d'acide carbonique.
Minuit	20,40	0,06
4 heures matin	20,40	
5 heures (entrée des ouvriers).		
7 heures matin	20,28	
11 " "	20,22	
1 " soir	20,14	0,58
3 " "	20,11	
3 heures $\frac{1}{2}$ (sortie des ouvriers).		
7 heures soir	20,27	
Minuit	20,40	

On voit que la proportion d'oxygène de l'air est réduite de 0,40 p. % par la simple circulation dans les galeries, et que cette diminution est portée à 0,69 p. % par la présence des ouvriers dans la mine.

(1) Les proportions d'oxygène ont été déterminées par la méthode eudiométrique de Bunsen. On trouve toujours avec cette méthode l'air extérieur 20,8 à un dixième près.

Pour doser l'acide carbonique, on l'a absorbé par la potasse et mesuré tantôt au volume, tantôt avec l'appareil de Boussingault.

La vapeur d'eau a été dosée tantôt avec l'hygromètre de Régnault, tantôt avec l'appareil de Boussingault.

2° AIR EN CIRCULATION DANS LA MINE.

I. — L'un des courants d'air qui aboutissent au puits Sainte-Aline, a été observé en différents points de son parcours.

Ce courant entre par le puits du Douze-Juillet, se partage entre les niveaux de 230 et de 310 mètres, et aère des chantiers qui occupent 125 ouvriers; les deux parties du courant se réunissent ensuite, remontent au niveau de 140 mètres, où se trouvent 65 ouvriers, et se rendent enfin au puits Sainte-Aline.

Les galeries parcourues par l'air sont sur les trois quarts de leur longueur en plein charbon.

TABLEAU DES OBSERVATIONS FAITES.

POINTS observés.	TEMPÉRATURE.	PRESSION BAROMÉTRIQUE.	VOLUME d'air débité par seconde.	CHEMIN parcouru par l'air.	COMPOSITION DE L'AIR			
					POUR 100 VOLUMES		VAPEUR D'EAU	
					Volumes d'oxygène.	Volumes d'acide carbonique.	Poids par mètre cube d'air.	Degré de saturation.
Extérieur	14° 1/4	729	»	»	20,80	0,05	5,03	0,32
Niveau de 230m.	13°	750	5m ³	220m	»	»	7,24	0,61
Niveau de 150m.	21° 3/4	744	9m ³	1.030m	20,25	0,20	18,02	0,94
Niveau au puits Sainte-Aline..	25° 3/4	740	d°	2.150m	20,17	0,62	22,20	0,88

II. — Un autre courant d'air a été aussi l'objet d'observations particulières.

Ce courant entre dans la mine par une descenderie, arrive à la profondeur de 110 mètres, aère divers chantiers qui occupent 45 ouvriers et remonte par le puits Saint-Augustin.

POINTS OBSERVÉS.	TEMPÉ- RATURE.	VOLUME d'air débité par seconde.	CHEMIN parcouru par l'air.	POUR 100 VOLUMES D'AIR. — Volumes d'oxygène.
Extérieur.....	15°	»	»	20,80
Au fond de la descenderie..	16° $\frac{1}{2}$	2 ^m 3,15	300 ^m	20,60
Dans la galerie de niveau..	20° $\frac{1}{3}$	d°	475	20,35
Au puits de sortie d'air....	23°	d°	875	20,20

3° AIR PRIS DANS DES CULS-DE-SAC.

La proportion d'oxygène diminue généralement beaucoup plus vite dans les culs-de-sac aérés seulement par diffusion que dans les galeries à courant d'air. On trouve dans les culs-de-sac de 40 à 50 mètres de longueur, 19, 18 et même 17 p. % d'oxygène; dans ce dernier cas, les lampes restent difficilement allumées. En faisant arriver un courant d'air dans ces culs-de-sac par un tuyau d'aérage, on relève rapidement la proportion d'oxygène.

Ces diverses altérations se produisent d'une manière relativement lente et n'ont pas d'effet grave, au moins immédiatement. Les incendies spontanés ont des effets redoutables.

Il faut bien peu de fumée pour rendre l'air irrespirable: un demi-hectolitre de charbon embrasé au milieu d'une galerie de 5^m2 de section dans laquelle l'air est animé d'une vitesse de 1 mètre par seconde, rend le séjour dans cette galerie impossible; quelques centièmes des gaz suivants que l'on rencontre assez fréquemment: oxyde de carbone, acide carbonique, hydrogène sulfuré...., rendent l'air délétère; chacun a pu constater que la moindre fuite de gaz a bientôt vicié l'air d'un appartement.

On comprend qu'un incendie souterrain qui met en com-

bustion ou en distillation de grandes masses de houille, puisse rendre en peu de temps toute une mine inabordable.

Le succès des travaux contre le feu dépend beaucoup de l'aérage : tandis qu'avec de l'air pur et frais on peut exécuter, même au milieu de masses incandescentes, des travaux exigeant de l'adresse et de la vigueur, on n'y réussit pas aussi facilement dans l'air chaud et encore moins si l'air est à la fois chaud et humide, ou si des gaz, se mêlant à l'air, le rendent irrespirable.

J'examinerai successivement les conditions dans lesquelles se trouvent les ouvriers qui travaillent contre le feu, en les considérant dans l'air pur et frais, dans l'air chaud et humide, et dans l'air vicié.

ARTICLE I.

Travail dans l'air pur et frais.

On est à l'abri des principales difficultés opposées par le feu au travail souterrain, lorsqu'on dispose d'un bon courant d'air.

Un dépilage, dont il sera question au chapitre suivant, a été fait en pleine masse embrasée, au 2^{me} étage du puits Saint-Etienne, grâce à un courant d'air pur et frais.

En 1869, on a exploité, au puits de l'Ouest, dans le voisinage d'anciens incendies, une petite couche de 1^m,25 d'épaisseur, dont la température dépassait 140 degrés. Le charbon abattu prenait feu au bout de quelques heures quand il restait accumulé au pied de la taille. L'aérage étant bien établi, les ouvriers supportaient le travail quotidien sans malaise extraordinaire.

La surveillance et la réparation des barrages étaient au contraire extrêmement pénibles lorsque, suivant les coutumes antérieures à 1860, on tenait les barrages en culs-de-sac dans lesquels tout courant d'air était soigneusement évité.

Le séjour était pénible dans certains de ces culs-de-sac, bien

que la température n'y fût pas très-élevée, ordinairement inférieure à 50 degrés, et que les lampes eussent à peu près leur éclat ordinaire. Il est probable que l'air y était très-humide.

ARTICLE II.

Travail dans l'air chaud et humide.

J'ai eu souvent l'occasion de constater que les malaises qu'on éprouve dans certains chantiers dont la température n'a rien d'excessif, tiennent à l'humidité de l'air.

A l'extérieur, l'air produit sur nos organes une impression de chaleur dès qu'il approche de 25 degrés centigrades. Cependant, aux températures de 30 à 35 degrés, les ouvriers peuvent encore, sans trop de peine, exécuter les travaux ordinaires.

A l'intérieur, dans les chantiers où l'air n'arrive qu'après un long parcours, chargé de vapeur d'eau, on supporte moins bien la chaleur. A 25 degrés, le corps se couvre de sueur ; les ouvriers travaillent le torse nu ; à partir de 30 degrés, ils ne peuvent supporter aucun vêtement ; à 35 degrés, tout travail est pénible et dure peu de temps ; à 40 degrés, on ne peut résister que quelques minutes.

L'action de l'humidité de l'air s'explique de la manière suivante (1) :

La température normale du corps humain est à peu près constante ; elle est d'environ 37 degrés centigrades et oscille ordinairement entre 36 et 38 degrés. Un accroissement persistant de quelques degrés est incompatible avec la vie.

Les influences extérieures agissent peu sur la température propre de l'homme, qui est à peu près la même sous toutes les latitudes et dans tous les climats.

« La machine animale, a dit Lavoisier, est gouvernée par

(1) Michel Lévy, *Traité d'hygiène*, 1869, et Gavarret, *Chaleur des êtres vivants*, 1855.

« trois régulateurs principaux : la respiration, qui consomme
 « de l'oxygène et du carbone et qui fournit du calorique ; la
 « transpiration, qui augmente ou diminue suivant qu'il est
 « nécessaire d'emporter plus ou moins de calorique ; enfin, la
 « digestion, qui rend au sang ce qu'il perd par la respiration
 « et la transpiration. »

La respiration n'est point l'unique foyer de la chaleur animale, mais elle en est la principale source ; Despretz a trouvé que, dans aucun cas, elle ne produit moins des $\frac{7}{10}$ ni plus des $\frac{9}{10}$ de la chaleur totale émise.

L'étude de cette fonction dans les conditions physiologiques les plus variées démontre que la combustion respiratoire est proportionnée à la nécessité d'équilibrer la proportion de chaleur et le degré d'énergie des causes extérieures de refroidissement.

Des substances bitumineuses d'un fort pouvoir calorifique, ingérées en grande quantité, fournissent aux habitants des pays les plus froids la chaleur nécessaire pour maintenir l'équilibre de la température. Des navigateurs ont résisté dans les régions polaires à des froids de -42 et -47° ; mais, sous l'action de ces températures extrêmes, le mouvement est indispensable pour l'entretien de la vie.

Dans les pays chauds, la fixité de la température résulte d'une nourriture moins abondante, plus aqueuse, et du refroidissement produit par l'exhalation pulmonaire et la transpiration cutanée.

La quantité d'eau évaporée par un homme dans les 24 heures peut s'élever, d'après les expériences de Séguin, jusqu'à 800 et même 1.000 grammes, dont 300 grammes environ par le poumon et 650 grammes par la peau.

L'évaporation pulmonaire et la transpiration cutanée varient beaucoup avec les individus, les boissons ingérées, le travail et surtout avec l'état du milieu ambiant ; elle est activée par la chaleur et augmente proportionnellement à la température.

Sous l'influence d'un air chaud et sec, la peau sécrète de la sueur en abondance ; la majeure partie de l'eau fournie par la transpiration passe à l'état de vapeur et produit un refroidissement considérable. On supporte ainsi longtemps des bains d'air sec à 60 degrés ; j'ai moi-même pénétré dans une étuve à 150 degrés, pendant 30 à 40 secondes, sans éprouver d'autre malaise qu'une vive sensation de chaleur qui a cessé aussitôt après ma sortie de l'étuve. Des observateurs qui ont séjourné dans l'air sec à 110 et 120 degrés ont constaté que la perte de poids par évaporation peut arriver à être 100 fois plus grande que dans les conditions ordinaires.

Une chaleur sèche, modérée, peut rendre les pertes de poids par la transpiration six ou sept fois plus grande que dans l'air à température égale, saturé de vapeur d'eau.

Dans l'air humide, la sueur est encore exhalée puissamment, mais ne pouvant s'évaporer assez vite, elle se réunit en gouttelettes et coule à la surface du corps ; l'eau s'échappe en nature à l'état liquide et ne produit pas de refroidissement. La perte de poids est plus faible que dans l'air sec ; on a même constaté que le poids du corps peut augmenter dans une atmosphère chargée de vapeur d'eau.

Quand la température de l'air dépasse 37 degrés, le corps étant plus froid remplit l'office de condensateur ; la vapeur de l'air s'ajoute à la sueur et coule abondamment. Alors, loin d'être rafraîchie par l'évaporation, la peau emprunte de la chaleur à la vapeur de l'air et s'échauffe. Cela explique le séjour très-limité que l'on peut faire dans un milieu saturé, à plus de 37 degrés.

N° 66. — J'ai constaté que le malaise éprouvé par les ouvriers, dans l'air chaud et humide, est généralement accompagné d'un accroissement dans la température du corps. Plusieurs observations analogues à la suivante ont été faites : quatre ouvriers travaillant deux par deux dans un chantier dont la

température était $31^{\circ} \frac{3}{4}$ et dont l'air était voisin de la saturation, ne pouvaient qu'avec peine travailler 10 minutes de suite.

Dès qu'ils ressentent une trop grande lassitude, ils allaient se reposer à l'entrée d'une galerie où la température était de 18° . Les hommes restant une demi-heure dans le chantier chaud, sans travailler, leur température axillaire s'était élevée de $\frac{6}{10}$ de degré; chez l'un, de $37^{\circ},2$ elle est arrivée à $37^{\circ},8$; chez l'autre de $36^{\circ},6$ à $37^{\circ},2$. Après 10 minutes de travail, la température axillaire s'est encore accrue chez tous les deux de $\frac{6}{10}$ de degré. Leur corps était littéralement ruisselant de sueur.

Jusqu'à vingt et quelques degrés, l'humidité de l'air n'agit pas d'une manière très-sensible sur l'organisme. La couche d'air qui enveloppe le corps, étant plus chaude et plus éloignée que l'air ambiant de son point de saturation, peut absorber l'eau fournie par la transpiration. Mais à partir de 25 degrés, le malaise est sensible, les forces diminuent et le travail utile des ouvriers baisse de plus en plus. Ce travail serait à peu près représenté, d'après les indications que j'ai recueillies, par les ordonnées d'une courbe de forme elliptique, dont les abscisses sur le grand axe figureraient la température. Le rendement est à son maximum à 15 degrés, il va en diminuant lentement d'abord et est réduit d'un tiers vers 30 degrés, il est à peu près nul à 45 degrés.

Je n'ai pas fait d'observations aux températures très-basses; en complétant la courbe précédente, on trouve que, à zéro, le rendement serait réduit de $\frac{1}{3}$, et qu'il serait nul vers 15 degrés au-dessous de zéro. Ces chiffres ne doivent guère s'écarter de la réalité.

L'air qui circule dans les galeries se met assez rapidement en équilibre de température avec les parois et se charge vite de vapeur d'eau.

N° 67. — De l'air à 12°, par exemple, circulant au milieu des roches à 20° avec une vitesse de 0^m,50, s'échauffe de 2 à 3° par 100 mètres et arrive ainsi à près de 20° après un parcours d'environ 400 mètres. Son état hygrométrique étant au début de 0,30, arrive, dans des galeries où se trouve une rigole, à 0,80 ou 0,90, et à 0,60 ou 0,70 dans celles sans rigole, qui ne paraissent ni sèches, ni humides.

Dans certains chantiers de défilage, l'échauffement de l'air est beaucoup plus rapide. Près de la limite du massif de Sainte-Aline, devant les fronts de taille, en l'absence des ouvriers, de l'air à 8°, animé d'une vitesse de 0^m,80 par seconde, s'échauffe de 10° sur un parcours de 120 mètres, soit de 1 degré par 12 mètres. Le massif de charbon est à 25° degré environ, et le simple contact ne doit pas seul produire de tels effets; l'influence du charbon doit être grande.

Dans les chantiers de travail où les ouvriers sont nombreux, l'état hygrométrique de l'air est toujours très-voisin du point de saturation.

Dans les attaques de feu, on a souvent à pénétrer dans des milieux très-chauds. S'il y a urgence à exécuter un ouvrage quelconque avant qu'on ait pu amener un courant d'air réfrigérant, on y emploie un grand nombre d'ouvriers, qui se remplacent au bout de quelques instants.

On arrive ainsi à travailler dans de l'air tellement chaud qu'on ne peut le respirer; les ouvriers retiennent leur respiration le plus possible, font rapidement un peu de besogne et reviennent précipitamment à l'air frais.

Il faut que le travail soit bien pressant et de courte durée pour qu'il n'y ait pas intérêt à organiser une ventilation puissante, qui vienne changer ces conditions atmosphériques; il est généralement préférable de faciliter le travail par quelques installations préalables. On y gagne de faire vite et mieux, et le temps perdu dans les préparatifs se trouve bientôt compensé.

On peut ordinairement rafraîchir assez l'air d'une galerie voisine du feu pour que la température ne soit point un obstacle insurmontable au travail ; mais on ne parvient pas toujours aussi aisément à rendre respirable l'air vicié par les gaz ou les fumées.

ARTICLE III.

Travail dans l'air vicié.

Parmi les nombreuses causes de viciation de l'air des mines, je ne m'occuperai ici que de celles qui se rattachent aux incendies souterrains.

Notons d'abord qu'il n'y a pas de grisou dans la grande couche de Commentry ; on a bien constaté exceptionnellement de petits dégagements, dont la nature n'a pu être bien déterminée, dans les travaux neufs, mais ils étaient à peine sensibles et n'ont jamais persisté. Les veines anthraciteuses de la base du terrain houiller dégagent du grisou en abondance dans certaines de leurs parties ; mais dans la grande couche on n'a jamais eu à s'en préoccuper. Les dangers résultent donc de la combustion lente ou active de la houille.

Nous avons vu précédemment que la houille exposée à l'air s'oxyde ainsi que les pyrites qu'elle renferme ; que, lorsque les conditions sont favorables à la combustion spontanée, il y a d'abord distillation, puis inflammation.

Si la combustion a lieu en présence d'un excès d'air, on a les fumées d'un foyer ordinaire ; si l'air manque, on a du gaz d'éclairage et tous les produits divers auxquels donne lieu la distillation. Le plus souvent, tous ces produits se forment à la fois en proportions variables, selon les circonstances.

L'air peut donc être altéré par manque d'oxygène ou excès d'azote, par des carbures d'hydrogène, de l'oxyde de carbone, de l'acide carbonique, de l'acide sulfureux, de l'acide sulfhydrique..., etc.

Je dirai d'abord quelques mots de ce dernier gaz, qui se manifeste parfois en dehors de tout échauffement appréciable.

1° *Hydrogène sulfuré*. — On a depuis longtemps remarqué, à Commentry, que dans certaines galeries où l'eau séjourne, il se dégage des odeurs nauséabondes et notamment celle des œufs pourris. On attribuait cette odeur à la décomposition des matières végétales ou animales qui pouvaient croupir dans l'eau ; un examen plus attentif du phénomène ne permet pas de s'en tenir à cette explication.

Mon attention fut appelée, il y a quelques années, sur un fort dégagement d'hydrogène sulfuré qui avait lieu devant un barrage retenant les eaux d'une galerie de 300 mètres de longueur ; à partir du moment où la galerie avait été pleine, l'eau était venue suinter en avant, en dégageant une forte odeur d'œufs pourris qui est allée en s'affaiblissant et a fini par disparaître au bout de quelques mois. La galerie abandonnée était dans une couche mince ne communiquant avec aucun défilage.

Un phénomène semblable s'est produit plus récemment dans une autre partie de la mine, au moment où l'on venait de pratiquer un percement en dessous par un trou de sonde, dans une descenderie contenant depuis un an environ une centaine de mètres cube d'eau : les ouvriers chargés du percement furent subitement indisposés et l'un d'eux perdit connaissance. Les lampes brillaient de l'éclat ordinaire ; l'eau dégageait une forte odeur d'hydrogène sulfuré qui a persisté pendant plus d'un mois. On n'a trouvé dans la descenderie aucune matière végétale en putréfaction ; les bois en chêne y étaient restés sains.

Quelques temps après, on a pu constater encore un fait du même genre. Une galerie de 400 mètres de longueur dans une couche mince venait d'être remblayée et barrée. L'eau qui coulait autrefois dans cette galerie, a rempli les vides et est venue percer en avant, en dégageant une forte odeur d'hydrogène sulfuré.

Au début, il était impossible de rester quelques instants près de la source sans être indisposé ; deux mois après, le dégagement avait diminué sensiblement ; au bout de six mois, il était à peu près nul.

Ces dégagements d'hydrogène sulfuré sont probablement dus à l'action de l'acide sulfurique contenu dans les eaux de la mine sur les pyrites de la houille et des schistes. Ce gaz peut résulter aussi de la décomposition du sulfate de chaux en présence de bois pourris ; il se dissout dans l'eau sous l'influence d'une certaine pression et se dégage à l'air libre, ajoutant ainsi un danger de plus à tous ceux qui menacent déjà la vie des mineurs ; il est redoutable surtout dans les percements en dessous, où l'on ne se préoccupe d'ordinaire que de l'eau.

L'hydrogène sulfuré se produit probablement d'une manière continue dans la mine par l'action de l'eau acide sur les pyrites, mais en trop faible quantité pour être appréciable ; d'ailleurs ce gaz, se décomposant dans l'air humide, ne s'accumule pas.

2° *Excès d'azote ou d'acide carbonique.* — Dans l'atmosphère, la masse en étant très-considérable et des réactions contraires maintenant l'équilibre, les proportions relatives de l'oxygène et de l'azote restent constantes. Il n'en est pas de même dans les mines. L'air qui circule dans les travaux souterrains perd de l'oxygène qui ne lui est pas restitué.

On est prévenu de la raréfaction de l'oxygène par l'extinction des lampes qui cessent de brûler longtemps avant que l'air soit irrespirable.

Dès que l'air a perdu 5 à 6 p. % d'oxygène, il ne peut entretenir la flamme des lampes, qui s'éteignent immédiatement, tandis que la vie peut continuer un certain temps. Un air impropre à la combustion peut encore alimenter la respiration.

L'air sortant des poumons contient en moyenne 4 p. % d'acide carbonique (M. Dumas). Il paraît être plus chargé de ce gaz quand la respiration s'effectue lentement que lorsque les

aspirations se succèdent rapidement. J'ai constaté en effet que l'air respiré lentement ne peut plus entretenir la combustion des lampes, tandis que s'il a été aspiré et expiré rapidement, il suffit encore à maintenir une flamme assez vive.

J'ai constaté aussi que le même air peut être respiré successivement jusqu'à 5, 6 fois, et même 8 et 10 fois ; mais la respiration devient de plus en plus pénible et haletante. Le nombre des aspirations qui, dans l'air pur, est de 16 à 20 par minute, s'élève graduellement à 40 ou 50 dans l'air déjà respiré 5 ou 6 fois, le volume d'air de chaque aspiration étant à peu près constant.

On rencontre fréquemment l'acide carbonique dans les houillères de Commentry, outre celui qui est dû à l'action de l'air sur la houille et les bois, à la respiration.... etc. ; il en vient encore et quelquefois abondamment de certaines fissures du terrain.

L'azote en excès se manifeste parfois dans des montages en culs-de-sac ; la flamme vive en bas, baisse à mesure qu'on monte et finit par s'éteindre.

Gaz et fumées. — La présence de l'acide carbonique et de l'azote en excès dans l'air est révélée par les lampes ; mais d'autres gaz asphyxiants ou délétères peuvent s'y trouver en quantité nuisible sans troubler la combustion. Le gaz à odeur empyreumatique se dégage de la houille entre 150 et 200 degrés. Ce gaz produit des désordres organiques graves bien avant d'éteindre les lampes ; en faible proportion, il cause des maux de tête, des vomissements ; si la dose est un peu forte, il asphyxie : la respiration s'arrête, les mâchoires se contractent, le corps subit des mouvements nerveux, saccadés, qui cessent d'ordinaire au bout de quelques minutes.

On rappelle les asphyxiés à la vie par des frictions, des insufflations d'air.... etc. Si l'asphyxie n'a pas duré longtemps, le mal se dissipe après quelques heures de repos ou une nuit de sommeil.

Lorsque ce gaz vient d'une galerie en cul-de-sac, on est surtout frappé de son odeur à la rencontre du cul-de-sac avec un courant d'air, que l'on aille du bon air au dégagement ou inversement.

Cette odeur, signe précurseur des incendies naissants, cause toujours de vives inquiétudes, quelquefois cependant sans fondement sérieux ; à diverses reprises, cette odeur portée à de grandes distances par de l'eau qui avait traversé des régions incendiées, a fait croire à de nouveaux feux.

L'eau se charge de matières odorantes (huiles empyreumatiques probablement), au point que quelques litres versés dans une chambre y répandent une odeur gênante.

L'eau agitée avec du pétrole prend une odeur analogue.

J'ai retrouvé cette odeur dans des fabriques d'huiles minérales ; l'essai des schistes du toit de notre grande couche a aussi développé la même odeur et causé aux ouvriers des malaises semblables à ceux qu'éprouvent les mineurs près des incendies naissants.

Les fumées qui suivent d'ordinaire le gaz incolore affectent aussi vivement l'organisme ; elles produisent de plus des irritations aux yeux et à la gorge avant de déterminer l'asphyxie, tandis que certains gaz asphyxient avant d'avoir imposé de pénibles malaises.

Les feux ont donné lieu à un nombre considérable d'aphxies momentanées ; mais on ne cite pas d'exemple d'ouvrier mort par asphyxie dans une attaque régulière de feu.

Les gaz des incendies souterrains ont cependant fait des victimes à Commentry.

On les voit quelquefois s'enflammer au sommet des galeries en sortant des barrages, en produisant un petit bruit et une nappe bleue. Le petit bruit se change, dans certains cas, en explosions, qui ont lieu, soit devant, soit derrière les barrages.

J'ai vu des barrages ébranlés profondément ainsi que le sol des galeries environnantes par des explosions qui se révélaient par un bruit sourd et une sorte de tremblement de terre.

On ne s'inquiétait guère autrefois de ces inflammations et de ces explosions qui n'avaient pas de conséquences fâcheuses.

De tristes souvenirs étaient effacés lorsqu'une catastrophe survenue en 1875 dans la région du Clozet et qui coûta la vie à 4 ouvriers, rappela que d'autres sinistres semblables avaient eu lieu antérieurement.

Ainsi 22 ans auparavant, en 1853, trois hommes avaient péri par l'effet d'une explosion qui, ayant renversé un barrage, remplit de fumée la galerie où se trouvaient ces ouvriers.

En 1843, un accident du même genre avait fait quatre victimes dans les travaux dits de Saint-Michel. Ces quatre ouvriers achevaient un barrage à l'entrée d'une galerie en feu, lorsqu'une explosion renversa le barrage et provoqua un éboulement dans lequel ils furent ensevelis.

Je reviendrai plus loin sur l'accident du Clozet.

Il a été établi que dans ces trois cas, la flamme des lampes à feu nu dont se servaient les ouvriers, n'a point été cause de l'explosion. Il y avait derrière les barrages du charbon incandescent sur lequel l'air arrivait d'abord sans inconvénient; le mélange explosif s'est fait à mesure que les barrages, s'élevant devant la sortie des gaz, ont gêné la circulation de l'air.

ARTICLE IV.

Matériel d'aérage et appareils respiratoires.

Je ne parlerai ici que des engins particulièrement usités dans les travaux contre le feu.

On se sert de ventilateurs à bras ordinaires dans lesquels les engrenages sont remplacés par des courroies. Les courroies fonctionnent très-bien et rendent le ventilateur silencieux, avantage précieux dans les travaux délicats où l'on a besoin de bien s'entendre.

Les tuyaux d'aérage sont en tôle (PL. III, FIG. 5 à 9).

Les portes sont également en tôle. Elles ferment plus hermétiquement que les portes en bois et ne sont point susceptibles de brûler. En les goudronnant de temps en temps, on peut prolonger indéfiniment leur durée; aussi, malgré leur prix élevé (55 fr. au lieu de 28), elles sont plus économiques que les portes en bois et leur sont préférées même pour les services ordinaires.

Outre ces engins on fait, dans les travaux contre le feu, un fréquent usage de toiles et d'appareils respiratoires.

Toiles. — Les toiles d'aérage sont d'un tissu grossier, ayant à peu près l'imperméabilité de la bonne toile à linge.

Dimensions, 3 mètres sur 3 mètres. — Poids, 3 kil. — Prix, 11 francs.

Elles portent sur deux côtés opposés des liens qui permettent de les relier les unes aux autres.

On les fixe avec des clous sur le boisage ou sur les parois des galeries. Si les clous ne peuvent s'enfoncer, on les soutient avec des bois.

Toiles à armature. — Pour les galeries dans lesquelles la chaleur en couronne est telle qu'on n'y peut tenir la main, on a des toiles à armature (PL. III, FIG. 2 à 4). Un bord de la toile est enroulé autour d'une bande de fer assez flexible; cette bande est appliquée contre la couronne au moyen d'un pied-à-coulisse. Elle est poussée contre les sinuosités du plafond par des planchettes qui s'appuient sur des crans du pied. Une vis de pied complète le serrage; si c'est nécessaire, on place un autre pied horizontalement.

Les toiles sont employées pour la construction des barrages provisoires, pour détourner des courants d'air et pour faire des gaines de dégagement. Même pour ce dernier usage elles sont préférables aux tuyaux dans les attaques de feu; elles sont plus vite posées et donnent plus de section (une gaine de 0,25

sur 2 mètres de hauteur a une section dix fois supérieure à celle d'un tuyau de 0.25 de diamètre).

Elles peuvent rendre de très-grands services. Il est bon que les ouvriers appelés à combattre le feu soient familiarisés avec leur emploi.

Les principales applications des toiles sont représentées sur la Pl. III :

1^{er} cas. On veut arrêter ou détourner un courant d'air, faire un barrage provisoire, une toile suffit (Fig. 10).

Pour fermer plus hermétiquement, on pose 2 ou 3 toiles les unes devant les autres. Les trous des parois se bouchent avec des boules d'argile.

2^e cas. Dans une galerie nécessaire au roulage ou à l'aérage, un dégagement de gaz que l'on ne peut arrêter immédiatement vient troubler la circulation.

Si le dégagement a lieu dans les parois de la galerie, on recueille les gaz à leur source, on en fait le captage avec des toiles ou autrement ; si les gaz viennent d'une autre galerie, on bouche cette dernière. Une issue est ménagée aux gaz qu'on recueille dans une gaine pour les transporter au-dehors du chantier à préserver.

Une gaine verticale, en toiles liées les unes aux autres, s'établit à raison de 1 mètre courant par minute ; avec un rouleau de toile, on marche plus vite encore.

3^e cas. Une galerie en cul-de-sac est remplie par du gaz qui vient du fond ; on veut s'approcher du dégagement.

Si l'on dispose d'un fort courant d'air, on divise également la galerie en deux parties au moyen de toiles verticales (Fig. 10). L'air rentre d'un côté et chasse les fumées par l'autre.

Si le courant d'air est très-faible, les fumées ne pouvant être facilement chassées, on barre le chantier au moyen d'une toile, à quelques mètres seulement en avant, et on profite de l'arrêt momentané des gaz pour établir la même longueur de cloison

verticale. On construit ensuite une porte, et l'on avance au-delà de la porte par une manœuvre semblable.

4° cas. On a à établir un solide barrage dans une galerie de sortie des gaz ; il faut pénétrer de quelques mètres dans cette galerie.

Une toile verticale partant du bas chasse les fumées à la couronne, et une série de toiles horizontales les conduit au-delà de la galerie (FIG. 13). La partie inférieure de la galerie est débarrassée des fumées ; on peut commencer le barrage et de proche en proche l'élever jusqu'au plafond.

5° cas. Les gaz occupent le sommet d'une galerie au point où l'on achève un barrage en maçonnerie. On sait qu'une bien faible quantité de gaz rend la respiration impossible.

Il est facile de chasser les gaz et d'amener de l'air avec des toiles bien disposées.

Appareils respiratoires.

Il y a dix ans qu'on a commencé à se servir d'appareils respiratoires, à Comentry, pour pénétrer dans les gaz.

Les appareils employés, du système Fayol, ont été décrits dans le *Bulletin* en 1873 (1).

J'indiquerai brièvement les modifications qu'ils ont reçues depuis cette époque, et leurs applications les plus fréquentes.

Ces appareils se composent essentiellement :

1° D'un *respirateur*, qui permet de respirer par la bouche, sans avoir recours au milieu ambiant, PL. III, FIG. 15.

2° D'un *aérophore*, qui fournit l'air pur au *respirateur*.

Respirateur. — Le respirateur est presque entièrement en caoutchouc.

Il est formé d'une *embouchure* qu'on place entre les lèvres et les arcades dentaires, et d'un jeu de deux soupapes. La soupape d'aspiration est un clapet circulaire fixé sur le tube de

(1) M. de Place. — *Note sur les conditions de la vie dans les milieux irrespirables*, t. II, 2^{me} série.

l'aérophore ; on l'enveloppe avec la botte en caoutchouc ; — la soupape d'expiration est une *anche* du système Denayrouze (1).

Ces deux soupapes, éléments essentiels des appareils respiratoires, sont visibles et d'un remplacement très-facile.

Aérophore. — L'aérophore se présente sous la forme d'un *réservoir* qui permet d'emporter avec soi une certaine provision d'air, ou d'un *tube* qui met l'homme en communication avec l'air pur.

Réservoirs. — Il y a des réservoirs à basse et à haute pression.

Le *réservoir Fayol*, à pression atmosphérique, employé à Commeny, est le seul qui alimente en même temps la respiration d'un homme et la combustion d'une lampe.

Il pèse 8 kilogrammes.

On peut le charger, s'en munir et partir en moins d'une minute.

Il permet de séjourner de 12 à 15 minutes dans les milieux méphitiques.

Tubes respiratoires. — On distingue le *tube simple* et le *tube à courant forcé*.

Le *tube simple* est un tuyau imperméable, flexible, consolidé au moyen de spirales métalliques (Pl. III, Fig. 15).

L'une de ses extrémités est fixée au respirateur ; l'autre est libre et doit rester dans l'air pur.

On s'en munit en quelques secondes au moyen d'une bandoulière à laquelle il est attaché.

La longueur du tuyau au bout duquel un homme peut respirer sans malaise, dépend du diamètre du tuyau, des individus et du travail à effectuer. En général, on respire librement sans

(1) M. Denayrouze et M. Fayol ont associé leurs inventions pour ne former qu'une série d'appareils réunissant les perfectionnements des deux systèmes.

travailler à 50 mètres de distance avec un tuyau de 20 millimètres de diamètre.

Avec le même tuyau on respire péniblement s'il faut exécuter un travail de force.

Le tube simple n'alimente pas de lampe. Pour s'éclairer, il faut avoir recours à un réservoir ou au *tube à courant forcé*.

Tube à courant forcé. — C'est le tube simple auquel on ajoute une pompe à air.

La pompe placée dans l'air pur est mue par un ouvrier qui pourrait facilement alimenter 10 hommes et autant de lampes (PL. III, FIG. 18).

Le *distributeur* qu'on portait dans les gaz et duquel partaient des tubes respiratoires de 4 mètres de longueur, a été supprimé.

Les tubes partent de la pompe elle-même, les uns pour les hommes, les autres pour les lampes.

On met ordinairement deux lampes au bout d'un même tube.

Chaque ouvrier a son tube et est libre de ses mouvements.

La respiration est facile, même en travaillant au bout d'un tube à courant forcé de plusieurs centaines de mètres de longueur; mais le tube ne dépasse pas ordinairement 100 mètres.

Dans ces conditions, lors même que la pompe viendrait à s'arrêter, les ouvriers pourraient continuer à respirer, mais non à travailler.

Ces divers appareils s'emploient soit isolément, soit simultanément en les combinant entre eux, selon les circonstances.

Le *réservoir portatif* est surtout employé pour l'exploration des galeries et l'exécution de travaux de courte durée.

Il permet d'aller à 150 mètres de distance dans une galerie non obstruée, pour ouvrir ou fermer une porte, emporter un homme asphyxié, etc.

Il est employé de préférence, lorsque la dimension des gale-

ries le permet, pour transmettre des ordres, approcher des matériaux, etc.

Le *tube simple* est commode pour les petites distances et lorsqu'on n'a pas besoin de porter une lampe avec soi. Il laisse une plus grande liberté de mouvement et permet de séjourner indéfiniment dans les gaz.

On peut respirer au bout d'un tuyau de 50 et même de 100 mètres de longueur. Mais dès qu'il faut faire quelques efforts, la respiration devient difficile. Alors, il faut employer le tube à courant forcé.

Le *tube à courant forcé* est employé dans les travaux de longue durée. Il permet d'aller à toute distance, de s'éclairer, de séjourner indéfiniment et de travailler sans gêne de respiration.

Dans les travaux ordinaires contre le feu, lorsqu'il ne s'agit point de sauvetage, on ne dépasse pas ordinairement la distance de 50 mètres dans les gaz.

Renseignements sur le matériel d'aérage et de respiration.

	Poids.	Prix.
1 Ventilateur à bras	115 ^k	270 ^f »
1 Porte d'aérage en tôle { Porte, 60 ^k } { Châssis, 103 ^k }	163	55 »
1 Porte d'aérage en bois		28,30
1 Toile d'aérage 3 mètres sur 3 mètres . .	3	11 »
Armature pour pose de toiles		40 »
Tuyaux d'aérage en tôle, le mètre courant.	11,500	5,75
1 Gabarit pour dresser les tuyaux	50	27 »
1 Tube respiratoire simple, avec respirateur, longueur 50 mètres	22	300 »
1 Réservoir portatif.	8,500	
D ^o (Prix avec lampe)		300 »

1 Pompe à air	400 ^r »
1 Lampe.	50 »
1 Respirateur	20 »

CHAPITRE 4^{me}.

Moyens employés pour combattre les incendies souterrains.

Les divers moyens, procédés ou appareils qui ont été employés contre le feu, à Commentry, se sont présentés à peu près comme suit, par ordre de date :

- 1° Barrages.
- 2° Submersion.
- 3° Arrosage à la pompe.
- 4° Raréfaction de l'air devant les barrages.
- 5° Injection de gaz ou de vapeurs.
- 6° Aération active.
- 7° Courants d'eau venant de la surface.
- 8° Défournement ou attaque vive, à niveau.
- 9° d° d° par-dessus.
- 10° Appareils respiratoires.
- 11° Embouage.

Ces divers moyens peuvent tous se grouper sous les trois dénominations suivantes :

- I. *Étouffement.*
- II. *Refroidissement.*
- III. *Défournement ou attaque vive.*

L'*étouffement* consiste à éteindre le feu par privation d'air : le *refroidissement* agit en diminuant l'affinité du charbon pour l'oxygène et en rendant ainsi la combustion impossible ; par le *défournement* on détruit le feu en supprimant les matières en combustion.

ARTICLE I.

Etouffement.

Pour étouffer le feu, on a appliqué les procédés suivants :

- 1° *La submersion.*
- 2° *Des barrages.*
- 3° *L'injection de gaz ou de vapeurs.*
- 4° *L'embouage.*

1° **SUBMERSION.** — La houillère de Commentry a été inondée plusieurs fois, notamment en 1819, 1840, 1844 et 1853.

En 1840, la rupture d'un barrage avait laissé prendre au feu un développement si grand et si rapide qu'il avait fallu abandonner tous les travaux ; la flamme sortait par les puits en immenses colonnes. Devant ce désastre qui atteignait l'un des principaux éléments de la richesse du pays, l'autorité administrative était intervenue ; la submersion de la mine fut ordonnée et effectuée sous la direction des ingénieurs de l'Etat, au moyen d'un petit canal de 4 kilomètres de longueur qui permit d'amener sur le feu les eaux d'un ruisseau voisin.

Lorsqu'après quelques mois de submersion on épuisa les eaux, la combustion avait cessé ; mais elle ne tarda pas à se ranimer. La même chose eut lieu en 1853, après la submersion de l'un des chantiers de la mine.

Il en a toujours été ainsi après l'assèchement des travaux submergés.

Cela tient à ce que si l'eau éteint bien le feu, elle n'en détruit pas la cause, c'est-à-dire le charbon brisé exposé à l'air. Lorsque, après l'assèchement, on ne vide pas rapidement les les cloches, ou si on ne purge pas les crevasses de leur poussière, le feu revient infailliblement.

Or, il est généralement très-difficile de vider immédiatement les cloches ; de plus, lorsque les travaux souterrains sont étendus, ou s'expose, en les inondant, à laisser se produire de

nouveaux éboulements, qui sont autant d'obstacles à la reprise de la partie précédemment incendiée, et autant de nouvelles causes d'incendies.

Ces inconvénients, joints aux difficultés que présentent la submersion et la mise à sec d'une grande mine, ont fait abandonner depuis longtemps cette pratique à Commentry. Elle ne peut être employée que dans des exploitations fort restreintes.

2° BARRAGES. — *Barrages pleins.* — Les barrages ordinaires, faits en travers des galeries, ont de 2 à 3 mètres de hauteur et de 0^m,50 à 1 mètre d'épaisseur ; ils sont en maçonnerie de moellons bruts ou de briques.

On a employé souvent des moellons, parce qu'on les trouve à bon marché dans les carrières à remblais ; mais les briques sont préférables ; elles permettent de construire mieux et plus vite et elles résistent davantage à la chaleur.

Le mortier est en chaux hydraulique ; on employait autrefois du sable de carrière argileux, afin d'obtenir une maçonnerie imperméable à l'air ; la cendre fine des chaudières est préférée aujourd'hui, quoiqu'elle soit un peu poreuse, parce que le mortier qui en résulte se détériore moins sous l'action des courants d'eau.

L'imperméabilité s'obtient au moyen d'un enduit en ciment. L'enduit doit être surveillé et réparé de temps en temps.

Barrages à porte. — Lorsqu'on veut se ménager la possibilité de pénétrer facilement derrière le barrage, au lieu de faire un mur plein, on place une porte au milieu de la maçonnerie. Depuis dix ans, nous employons des portes en fer qui arrêtent mieux l'air que les portes en bois et qui ne sont pas sujettes à se gondoler et à brûler.

Les portes en fer, goudronnées de temps en temps, ont une durée indéfinie, et, malgré leur prix un peu plus élevé que celui des portes en bois, elles sont plus économiques (PL. III, FIG. 1).

Tels sont les barrages qu'on fait habituellement autour des feux. Mais on est quelquefois obligé d'avoir recours à d'autres types.

Barrages provisoires. — En cas d'urgence, on bouche une galerie avec les matériaux quelconques qu'on a sous la main : charbon menu, terre, bois, etc.

Dans les cas pressants, dans les assauts de feu, on employait beaucoup le *foin* autrefois pour faire des barrages provisoires, et on y a encore recours quelquefois, mais rarement ; les *toiles* dont j'ai parlé au chapitre précédent, permettant d'atteindre beaucoup plus simplement le même but.

Grands barrages. — Les barrages prennent parfois de grandes proportions.

Grand barrage vertical. — Le grand barrage vertical (Pl. II, Fig. 5 et 6), commencé en 1851, destiné à arrêter la marche descendante du feu et à séparer les étages inférieurs des anciens travaux, fut plus nuisible qu'utile.

Le barrage allant du mur au toit de la couche avait 25 mètres de hauteur et 2^m,25 d'épaisseur, dont 0^m,25 en sable fin coulé entre le charbon et le mur. Il fut exécuté sur environ 300 mètres de longueur ; mais avant même qu'il fût achevé, la combustion avait passé au-delà. Les vides restant entre le barrage et le massif servirent ensuite de passage au feu.

Grand barrage horizontal. — A quelque distance à l'Est du puits Saint-Etienne, le feu des anciens travaux s'était emparé de toute la hauteur du deuxième étage. On n'osait pas essayer de l'en déloger, mais on avait déjà fait plusieurs tentatives infructueuses pour l'empêcher de descendre dans les étages inférieurs. En 1863, on décida l'exécution d'un barrage horizontal en bonne terre de 4 mètres d'épaisseur allant du mur au toit de la couche, sous la partie du feu.

Une surface de 8000^m² presque entièrement en combustion fut dépilée. Le front de taille et la couronne du chantier étaient incandescents ; chaque coup de pic abattait du coke semblable

à celui d'un four. Des jets d'eau continus arrosaient la masse embrasée et protégeaient le boisage en attendant qu'on l'arrachât, ce qui avait lieu pendant le remblayage. Un fort courant d'air pur maintenait une atmosphère supportable; les gaz ou fumées étaient emportés par le courant d'air.

Deux tranches furent ainsi enlevées et remplacées par du remblai argileux dans lequel on ne laissa pas le moindre morceau de bois.

Ce barrage opposa au feu une barrière infranchissable.

Barrage vertical de Saint-Edmond. — Vers la même époque, on protégea le puits Saint-Edmond au moyen d'un barrage vertical d'assez grande dimension (PL. IV, FIG. 6). Ce barrage a 25 mètres de hauteur et 10 mètres d'épaisseur dans le sens de la direction de la couche. Il est en terre argileuse. On avait à craindre que le feu ne passât par dessus le barrage en brûlant les schistes bitumineux du toit. Une galerie de surveillance a été ménagée à la partie supérieure du barrage pour arrêter le feu au besoin et pour remplir les vides que le tassement produit entre le barrage et le toit.

Ce barrage a été d'une parfaite efficacité.

Un autre grand barrage vertical dont il sera question plus loin a été fait, en 1865, dans la région du *Clozet*.

Construction. — La construction d'un barrage est chose fort simple dans les conditions ordinaires du travail souterrain; en deux heures, si les ouvriers sont en nombre et si les matériaux arrivent bien, on peut exécuter un barrage plein ou à porte dans une galerie de 2^m,50 sur 2^m,50.

Mais on est souvent gêné dans cette opération par la chaleur et les gaz; si, de plus, la masse est fissurée, on peut éprouver des difficultés considérables pour obtenir une imperméabilité parfaite.

Lorsqu'on a à faire un barrage dans une galerie envahie par

les fumées, il y a généralement avantage à faire d'abord un barrage provisoire en toile ou en foin.

Effets des barrages. — Les barrages ont permis d'arrêter la marche des anciens feux ; ils ont aussi permis d'étouffer quelques incendies.

En 1864, j'ai constaté un fait remarquable d'étouffement dans les anciens travaux, dits de Saint-Thibaud, qui étaient abandonnés depuis plus de 20 ans. On croyait ces travaux effondrés. Une carrière à remblais ouverte dans les roches calcinées ayant mis à nu un lambeau de charbon en place, on fouilla et l'on trouva à quelques mètres de profondeur un réseau de galeries à grandes dimensions, admirablement conservées, sans boisage. Ces galeries étaient limitées à des roches du toit éboulées. Au moment du percement, la chaleur était grande et l'on ne put pénétrer dans les anciens travaux qu'au bout de quelques heures. Le lendemain, le feu partant des éboulements se mit aux parois qui flambèrent comme du bois ; on boucha l'entrée. Huit jours après, on ouvrit ; le feu avait disparu ; en se hâtant, on put exécuter des barrages et reprendre possession des travaux avant que les fumées ne fussent devenues épaisses.

Les barrages produisent d'excellents effets lorsqu'ils bouchent hermétiquement les galeries envahies par le feu, qu'ils empêchent bien toute entrée d'air et toute sortie de gaz. Mais ce résultat est difficile à obtenir dans la grande couche de Comentry, partout fissurée, dont le toit même est rempli de crevasses, avec des remblais rarement assez tassés pour arrêter les infiltrations d'air. Aussi est-on souvent obligé, pour avoir un barrage hermétique, d'abandonner une grande étendue de travaux autour de la région incendiée ; il se présente alors un autre inconvénient : l'air qu'on renferme alimente la combustion ou l'oxydation assez longtemps, et lorsqu'on ouvre les barrages on trouve encore du feu ou des masses échauffées, qui ne tardent pas à s'enflammer.

En général, les barrages ne servent à Commentry qu'à limiter le feu, à arrêter son développement, pendant qu'on prend les mesures nécessaires pour le détruire.

3° INJECTION DE GAZ OU DE VAPEUR. — Deux tentatives d'extinction de feu par injection de gaz ou de vapeur ont été faites, la première en 1853, la seconde en 1858.

Elles ont été infructueuses, parce que le foyer de combustion communiquant d'un côté avec l'atmosphère par de vieux travaux effondrés, d'un autre côté avec les galeries par des fissures multiples, l'air arrivait encore sur le feu.

Si les courants de gaz ou de vapeur injectés avaient été assez forts pour refouler l'air, on aurait probablement réussi à éteindre le feu ; mais les courants auraient dû être énormes, eu égard à la multiplicité des fissures du terrain.

Ces injections me paraissent inutiles dans presque tous les cas.

En effet, le gaz injecté ne peut être utile qu'en prenant la place de l'air, c'est-à-dire en entourant le charbon d'une atmosphère non oxydante. Pour atteindre ce but, il faut éviter toute communication du foyer avec l'atmosphère. Or, si cette mesure est prise, les fumées provenant du feu joueront le même rôle que les gaz injectés. L'espace renfermé se remplit peu à peu de gaz incomburants et le feu s'éteint.

4° EMBOUAGE. — L'embouage consiste à étouffer le feu en remplissant de boue les vides, excavations ou fissures qui entourent les masses embrasées.

Ce procédé participe à la fois de l'*étouffement* et du *refroidissement*.

On l'applique de diverses manières :

1° *Embouage ordinaire*. — L'embouage est un simple remblayage avec un courant d'eau, pour des excavations béantes et en contre-bas, comme un puits, une descenderie, des crevasses du sol, etc.

L'eau entraîne les particules terreuses dans les recoins éloignés et les fissures ; elle complète le remplissage et accélère le tassement.

La rapidité de l'embouage n'est limitée que par la quantité d'eau dont on dispose.

2° *Embouage par trous de sonde.* — S'il s'agit de remplir de grands vides envahis par le feu et les fumées, dans lesquels on ne veut pas pénétrer, on introduit la boue par un trou de sonde tubé. Le trou débouche à la partie supérieure du vide à remplir (PL. IV, FIG. 8).

La terre végétale convient très-bien pour cette opération. On l'emploie telle quelle si les excavations sont grandes. Les plus gros fragments et les sables s'arrêtent à peu de distance ; les particules ténues et argileuses s'étendent au loin et pénètrent dans les moindres fissures.

Si les vides sont étroits, tortueux, le trou de sonde petit, on emploie de la terre tamisée.

Dans un trou vertical de 0,15 à 0,20 de diamètre, on peut faire entrer jusqu'à 5^{m³} de terre par heure. La terre est jetée à la pelle dans une bêche dans laquelle arrive un égal volume d'eau.

Si le trou est peu incliné, il faut beaucoup plus d'eau pour obtenir l'entraînement ; jusqu'à 8 et 10 fois plus d'eau que de terre.

Cette quantité d'eau nécessaire pour l'embouage, quelque considérable qu'elle paraisse, est bien faible comparée à celle qu'exige un arrosage prolongé souvent inefficace.

Lorsqu'il y a intérêt à ne pas laisser entrer d'air par le trou de sonde, une porte *p* placée devant le tuyau est maintenue constamment dans la boue (PL. IV, FIG. 18).

3° *Embouage local.* — *Barrage.* — On peut faire par le même procédé un simple barrage sur un point d'une galerie, sans l'embouer entièrement. Pour cela, au lieu de terre fine, on emploie du gravier qu'on introduit par deux trous voisins

(PL. IV, FIG. 9); puis on établit l'herméticité en envoyant de la boue par un troisième trou placé entre les deux premiers.

4° *Embouage par-dessus*. — Lorsque les excavations à remplir s'élèvent plus haut que le sommet des galeries où l'on se trouve, on fait des relevages pour se placer en contre-haut, ou bien on fait des galeries à un niveau supérieur. On peut arriver ainsi à embouer de grandes cloches.

Mais il n'est pas toujours nécessaire de s'élever au-dessus des excavations pour les embouer complètement.

5° *Embouage avec pression*. — On peut injecter la boue avec pression.

La pompe à soufflet représentée PL. IV, FIG. 17, aspire et refoule bien la boue, même lorsqu'elle renferme une assez forte proportion de sable.

Il faut encore 10 fois plus d'eau que de terre; avec 20 fois plus d'eau, on a une sorte de lait d'argile.

La seule préparation qu'exige ordinairement l'embouage à la pompe consiste à tamiser la terre sur un crible à trous de 0^m,020.

Au lieu de tamiser la terre, on peut la délayer avec un patouillet (PL. IV, FIG. 16), réservoir dans lequel se meut un arbre portant des bras en fer implantés en hélice; dans le réservoir arrive un courant d'eau; un homme fait tourner l'arbre pendant qu'un autre jette le terrain et surveille l'aspiration de la pompe. Les graviers se déposent au fond du patouillet; la boue s'échappe par un déversoir.

L'embouage à la pompe marche moins vite que l'embouage ordinaire; on ne peut injecter plus de 5 mètres cubes par poste de 8 heures dans de grandes crevasses; si les fissures sont étroites et qu'il faille déplacer fréquemment la lance, le travail est encore plus lent.

La pression fait pénétrer la boue assez loin et dans les moindres fissures. L'eau sort parfois claire, limpide, à 15 ou 20 mètres de distance sur des points où l'on n'apercevait aucune fente.

Effets de l'embouage. — Par l'embouage on atteint plus sûrement qu'avec l'eau tous les points en combustion ; la boue s'étend et monte graduellement, tandis que l'eau seule peut couler suivant certains passages éloignés du feu.

Les vides qui existent au niveau du sol entre les remblais et le charbon, les crevasses des parois, les fissures de la couronne sont successivement remplis.

L'embouage permet de boucher hermétiquement une galerie au milieu de roches fissurées, là où les barrages en maçonnerie échouent.

Il a d'autres avantages importants : en remplissant les excavations, il empêche de nouveaux éboulements de se produire ; enfin, le charbon éboulé se trouvant complètement enveloppé de boue n'est plus exposé à l'air, c'est-à-dire à l'oxydation, cause des échauffements.

C'est l'un des moyens les plus simples, les plus efficaces et les moins dangereux que nous ayons employés pour la destruction du feu.

ARTICLE II.

Refroidissement.

Aéragé. — L'échauffement d'une masse charbonneuse peut être arrêté à son début par un vif courant d'air. Tant que la température n'a pas dépassé 60 ou 80 degrés, l'oxydation n'est pas encore très-rapide ; un courant d'air peut emporter la chaleur accumulée, ralentir l'oxydation et faire disparaître ainsi la tendance à l'échauffement. Mais si l'ignition existe déjà sur un seul point, un courant d'air ne peut qu'activer la combustion.

Arrosage. — L'eau a toujours fait partie des éléments de destruction du feu. J'ai parlé plus haut de la submersion complète, moyen extrême qui ne peut être appliqué que dans de rares circonstances ; il s'agit ici seulement de l'arrosage des masses enflammées.

Dans ce cas, l'eau agit à la fois en refroidissant le charbon en feu et en le privant d'air. Son efficacité est complète lorsqu'elle peut arriver sur toute la masse embrasée.

Mais ce résultat est difficile à atteindre. Dans les masses éboulées ou crevassées, il arrive que l'eau se crée des passages et que certains récoins peu accessibles restent secs malgré les déplacements du jet et d'énormes courants d'eau.

C'est ce qui fait l'infériorité de l'arrosage sur l'embouage. Par l'embouage, on élève graduellement le niveau de l'eau qui finit par pénétrer partout.

Matériel d'arrosage. — Autrefois l'eau était amenée dans des bennes à charbon, transvasée dans les réservoirs des pompes à incendie et projetée avec les pompes. Elle ne rendait ainsi que de faibles services : tantôt l'eau n'arrivait pas à temps et la pompe s'arrêtait ; tantôt les pompiers, placés dans un air chaud ou vicié, ne fournissaient qu'un travail incomplet et irrégulier. Il fallait beaucoup de monde pour arriver à de petits résultats ; l'eau ne pouvait être introduite bien haut dans les crevasses, ni lancée au sommet des cloches ; pendant qu'on arrosait un point, le feu reprenait sur un autre.

Les pompes ne pouvaient servir qu'à défendre la couronne des galeries au moment où le feu paraissait autour des barrages.

En 1861, on commença à introduire l'eau dans la mine avec des tuyaux partant de la surface. L'eau circule à la surface dans des bâches en fonte ou en bois (PL. III, FIG. 24 et 25) jusqu'au puits où elle doit être employée.

Les tuyaux de descente et de conduite souterraine sont en toile, en fer ou en fonte (FIG. 20, 22 et 23).

Les tuyaux en toile (types des tuyaux de pompes à incendie) sont d'une installation rapide ; mais ils se détériorent vite et ne supportent pas de grandes pressions. Il y a tout intérêt à les remplacer par des tuyaux en fer creux dès que l'arrosage doit durer plus de 5 ou 6 jours.

Ces derniers sont d'une pose facile; ils se courbent sans grand effort et peuvent suivre toutes les sinuosités des galeries. Deux hommes en posent 150 à 200 mètres par jour dans des galeries ordinaires.

Ces tuyaux partent de tubulures à robinet fixées sur un tonneau. Ce sont ces robinets qui règlent le courant; on évite ainsi la pression dans les tuyaux aux moments d'arrêt et l'obstruction qui résulterait du dépôt des matières en suspension dans l'eau.

On emploie des tuyaux en fonte plus épais que les tuyaux en fer pour des conduites d'eau de très-longue durée.

Au bout des tuyaux métalliques il y a toujours pour la manœuvre d'arrosage une certaine longueur de tuyau en toile. L'eau sort par une lance en fer.

L'emploi des pompes à incendie est devenu extrêmement rare.

Effets de l'arrosage. — Avec ce matériel on peut arroser fortement et sans peine. L'eau pénètre plus haut dans les crevasses et les éboulements.

Cependant, quand on est en présence d'un grand éboulement ou de crevasses élevées, l'eau ne peut encore être injectée partout, et il suffit d'un coin inaccessible pour que le feu s'y maintienne et produise des fumées devant lesquelles il faut reculer.

L'attaque par-dessus remédie en grande partie à cet inconvénient toutes les fois qu'un incendie s'élève à quelque hauteur au-dessus de la couronne des galeries; on fait les travaux nécessaires pour amener l'eau en contre-haut de la région en feu.

L'eau arrivant par-dessus se répand beaucoup mieux dans la masse; elle n'a pas seulement pour effet d'éteindre le feu qu'elle rencontre, elle entraîne, de plus, les poussières et supprime ainsi une cause d'échauffement.

A l'aide de l'arrosage par-dessus, on a obtenu de magnifiques résultats; des feux considérables ont disparu du milieu d'éboulements et de massifs fissurés.

L'eau est donc un auxiliaire puissant dans les combats contre le feu ; mais seule elle suffit rarement à le détruire.

Combinée avec la terre dans l'*embouage*, elle est d'une efficacité beaucoup plus grande encore.

RENSEIGNEMENTS SUR LE MATÉRIEL D'ARRASAGE.

DÉSIGNATIONS.	DIMENSIONS.			PRIX du mètre ou de la pièce.
	Longueur.	Dimensions inté- rieures.	Dimensions exté- rieures.	
Bâche en bois	2 ^m	200/180	»	1',84
D° d°	2 ^m	140/140	»	1,30
D ^o en fonte..... demi-cercle.	2 ^m	290	300	4,75
Tonneau à 2 tubulures et robinets..	»	»	»	27,25
Tuyaux en toile.....	»	47	49	1,45
Raccord en cuivre.....	»	»	»	5,75
Lance en fer.....	1 ^m ,65	33	42	9,60
Tuyau en fer muni de son manchon.	4 ^m	33 ^m /m	42 ^m /m	2,85
D° de petit diamètre.....	»	21 ^m /m	27 ^m /m	1,40
Boîte de communication à 2 branches	0 ^m ,12	42	50	1,50
Boîtes à diminution	0 ^m ,06	42	50	0,65
Condes	»	33	42	1,80
Bouchons.....	»	42	50	0,65
Manchons.....	»	33	42	0,65
Joint à brides.....	»	»	»	2,90
Robinet.....	»	»	»	6 »
Tuyaux en fonte	2 ^m	40	52	1,80

ARTICLE III.

Défournement ou attaque vive.

Le défournement ou attaque vive a pour but de détruire le feu par l'extraction des matières en combustion.

On s'aide dans cette opération de tous les moyens précédemment décrits.

Les mesures à prendre sont très-variables et dépendent des conditions de l'incendie ; cependant, les mesures de précautions suivantes sont essentielles :

Le feu étant limité, entouré de barrages, il faut avant d'attaquer :

1° Tout disposer pour que la retraite soit facile en cas d'insuccès et pour qu'on puisse se retirer sans que le feu sorte de ses premières limites.

2° Avoir à sa disposition les appareils d'aérage et de respiration nécessaires soit pour les travaux à exécuter, soit comme moyens de sauvetage en cas d'asphyxie.

3° Faire arriver l'eau en abondance et avec la pression nécessaire pour atteindre les points en feu les plus élevés.

Attaque à niveau. — Ces préparatifs étant faits, on ouvre les barrages et on regagne peu à peu la région en feu, en avançant prudemment et en assurant le terrain conquis par de nouveaux barrages.

On évite autant que possible de faire passer le courant d'air sur le foyer ; il vaut mieux lutter un peu plus contre les fumées et la chaleur que d'activer la combustion.

Lorsqu'il fait trop chaud en couronne pour y tenir la main, on s'aide de la fourche pour faire le boisage.

De proche en proche on arrive au foyer de la combustion, suivi des appareils d'aérage et d'arrosage.

Si le feu est peu étendu, et s'il ne s'élève pas au-dessus de la couronne des galeries, on parvient toujours à le détruire.

Mais s'il occupe une grande surface ou s'il s'étend au sommet des cloches ou dans des crevasses élevées, la destruction par-dessous est généralement très-difficile ; il vaut mieux alors attaquer par-dessus.

Attaque par-dessus. — L'attaque par-dessus permet de faire arriver l'eau sur toutes les parties en feu et de fournir une issue facile aux fumées.

Les galeries d'attaque doivent être assez élevées au-dessus des excavations en feu pour qu'on n'ait pas d'effondrement à redouter ; on évite autant que possible la superposition ; au moment du percement il y a de grandes précautions à prendre pour éviter les éboulements, l'asphyxie, les brûlures, etc.

On arrive ainsi au feu et on le détruit en arrachant successivement toutes les matières en combustion. Parfois, il y a peu de

matières à extraire ; parfois aussi il faut dépiler des masses considérables pour ne laisser aucun nid de feu.

Par le défournement ou attaque vive, nous avons détruit des incendies considérables, mais non sans efforts ni sans dangers, et toujours au prix d'assez grandes dépenses.

ARTICLE IV.

Mesures générales.

Les combats contre le feu peuvent présenter trois phases distinctes :

1° Au début, au moment de l'apparition du feu, on a à reconnaître l'emplacement, la nature et l'étendue de l'incendie ; c'est la phase de *reconnaissance*.

2° Si l'on constate que l'extinction immédiate est impossible, on cherche à arrêter les progrès du feu en le cernant, en l'entourant de barrages ; on fait la part du feu ; c'est la phase de *limitation*.

3° Enfin, lorsque le feu est limité, on prépare et on exécute les travaux destinés à le détruire ; c'est la phase de *destruction*.

L'importance que peut prendre un incendie peut dépendre beaucoup des mesures prises au début ; une attaque rapide et intelligente peut l'étouffer dans son foyer ou l'empêcher de prendre de grandes proportions.

Si rien n'a été préparé à l'avance, il est bien difficile d'éviter un certain désarroi, de la confusion au moment de l'apparition du feu, surtout s'il débute violemment. Pendant qu'on cherche à se reconnaître, à réunir le personnel et les matériaux nécessaires, le feu fait des progrès.

Sans doute, il est impossible de tout prévoir, d'être entièrement prêt à lutter contre tous les feux si divers qui peuvent se présenter ; mais il est quelques mesures applicables dans tous les cas qu'il est bon de prendre d'avance en prévision des sinistres.

Commandement. — Le principe de l'unité de commandement étant la base de l'efficacité des manœuvres, une hiérarchie est déterminée d'avance et chacun connaît son rang et les fonctions qu'il a à remplir dans un cas déterminé.

L'employé supérieur qui se trouve sur le théâtre de l'incendie prend le commandement; parmi les employés du même rang, le commandement revient à celui du chantier incendié.

La réflexion et le calme dans le choix et l'exécution des mesures prises contre le feu font généralement gagner du temps.

Personnel. — Dans chaque puits, une équipe d'ouvriers d'élite, portant le nom de *gaziers*, est toujours prête à se rendre au premier signal sur le théâtre d'un incendie, avec des outils et quelques matériaux.

Une équipe de gaziers se compose de :

1 Chef (ordinairement le chef-mineur du puits)	1
3 Brigades de 4 hommes	12
1 Pompier (pour la pompe à air)	1
1 Portier	1
	<hr/>
Total	15

Chaque brigade se compose de :

- 1 Brigadier.
- 2 Travailleurs.
- 1 Eclaireur-commissionnaire.

Ce personnel est parfaitement dressé à se servir des appareils respiratoires et à exécuter tous les travaux ordinaires contre le feu.

Matériel. — Dans chaque puits, la brigade des *gaziers* a toujours à sa disposition 4 toiles d'aérage, 2 portes, 1 réservoir portatif, 1 tube respiratoire simple et quelques matériaux.

Des tuyaux de conduite d'eau existent dans tous les puits, avec une prise à chaque étage.

En outre, il y a toujours au *Magasin général* de la mine tous les appareils et matériaux nécessaires prêts à être transportés sur un point quelconque.

1^{re} PHASE. — RECONNAISSANCE.

Dès qu'un incendie se manifeste, on s'occupe d'abord de la sécurité des mineurs; s'il y a des chantiers menacés, on les fait évacuer.

Les gaz pouvant se dégager à une grande distance de la région en feu, la reconnaissance peut être longue et difficile.

Qu'il s'agisse d'un incendie spontané qui se développe graduellement, ou d'un incendie accidentel qui se révèle tout à coup avec de grandes proportions, on évite autant que possible d'envoyer de l'air sur le feu. Les divers appareils d'aéragé et de ventilation sont souvent utiles; ils peuvent permettre d'avancer dans les fumées et d'arriver au feu, alors qu'un seau d'eau, quelques pelletées de terre, une toile bien placée..., etc., peuvent encore l'éteindre ou l'empêcher de prendre de l'extension.

Si l'extinction immédiate n'est pas possible, on barre les galeries d'arrivée d'air aussi près que l'on peut du foyer avec les matériaux dont on dispose. Les toiles rendent de grands services dans ces circonstances.

2^{me} PHASE. — LIMITATION.

Dès que l'existence du feu est constatée, le chef-mineur prévient l'ingénieur et les chef-mineurs voisins, qui accourent avec leur brigade de *gazi*ers.

Les communications ont lieu par écrit autant que possible et sont transmises par de bons commissionnaires afin d'éviter les erreurs, confusions et fausses manœuvres si préjudiciables dans ces circonstances.

Le feu marche généralement en sens inverse du courant d'air; c'est donc du côté de l'arrivée de l'air qu'il faut agir immédiatement.

Barrage des galeries d'arrivée d'air. — Le barrage des galeries d'arrivée d'air doit se faire le plus tôt possible et le

plus près possible du foyer. On doit, en outre, choisir un emplacement qui permette d'intercepter hermétiquement le courant, et où l'on a la certitude d'achever le barrage commencé, dut-on abandonner pour cela quelques mètres de galeries de plus.

On barre comme on peut. Nous avons vu que quelques minutes suffisent pour faire un barrage provisoire avec des toiles ; un barrage en maçonnerie exige au moins deux ou trois heures et souvent davantage.

Barrage des galeries de sortie d'air. — On s'occupe en même temps du barrage des galeries de sortie d'air, non pour arrêter immédiatement le dégagement des fumées, mais pour pouvoir le modérer et l'arrêter en temps opportun, et aussi pour avoir un moyen d'empêcher le feu de passer, dans le cas où il tendrait à prendre de l'extension de ce côté.

Plusieurs raisons s'opposent à la fermeture immédiate des galeries de sortie d'air ; d'abord, cela ferait refluer les fumées vers les barrages d'arrivée d'air et en entraverait l'exécution ; ensuite il pourrait se produire des explosions.

J'ai constaté que la plupart des explosions de Commentry ont eu lieu après l'arrêt brusque des dégagements de fumée ; il est probable que tant que les issues sont libres, l'air non brûlé reste en bas avec l'acide carbonique, tandis que les gaz inflammables et chauds occupent la partie supérieure de la galerie ; une fermeture soudaine détermine des mélanges, et l'explosion peut avoir lieu s'il reste des points en ignition.

C'est donc en empêchant l'air d'arriver sur le foyer qu'il faut surtout chercher à arrêter le feu ; à mesure que la combustion diminue, on bouche la sortie des gaz. La marche de l'incendie est d'ailleurs révélée par la nature des gaz.

Le feu étant entouré de barrages qui empêchent l'air d'arriver sur le foyer, et les dégagements de gaz étant arrêtés, si l'on juge que les travaux abandonnés sont trop étendus, que l'on

a fait au feu une part trop grande, on pénètre dans la fumée au moyen d'appareils respiratoires qui permettent de faire de nouveaux barrages plus près du foyer sans envoyer de l'air sur le feu.

Les barrages doivent être solides et bien clos ; ils sont pleins ou à porte, selon les besoins.

3^{me} PHASE. — DESTRUCTION.

La phase de destruction commence lorsque le feu est circonscrit par des barrages.

On détermine d'abord le mode d'extinction qui doit être employé, puis on attaque après avoir pris toutes les mesures susceptibles d'en assurer le succès.

Parmi les divers procédés que j'ai décrits, *l'étouffement par embouage* paraît être l'un des meilleurs et des plus souvent applicables ; cependant, les circonstances peuvent imposer d'autres moyens d'extinction.

Une surveillance attentive doit être constamment exercée autour de la région incendiée ; il faut toujours être en garde contre mille surprises auxquelles on est exposé.

ARTICLE V.

Exemples.

Je terminerai la description des moyens d'extinction des incendies par quelques exemples qui caractérisent les procédés employés à diverses époques et les progrès réalisés.

Les incendies cités ne remontent pas au-delà de 1860. A cette époque, on avait déjà renoncé à la submersion et à l'injection des gaz.

1^o FEUX DES AFFLEUREMENTS.

En 1860, les affleurements étaient en feu sur une grande longueur, notamment en amont du puits Saint-Etienne, alors l'un des plus importants de la mine.

On voyait les gaz se dégager à la surface et sur les parois

des tranchées par une multitude de fissures ; sur certains points ces gaz brûlaient. Les efforts faits pour arrêter ces dégagements, soit en recouvrant les crevasses de terre, soit en arrosant, n'atteignaient pas le but. La combustion se poursuivait souterrainement et, descendant toujours par les fissures de la couche ou les anciennes galeries abandonnées, menaçait les travaux en activité.

Le puits Saint-Etienne était protégé au niveau du 2^{me} étage (52 mètres de profondeur) par une ligne de barrages en demi-cercle dont le rayon se raccourcissait constamment (Pl. II, FIG. 5). Le feu, venant du *grand barrage vertical* fait en 1851, s'était peu à peu rapproché du puits et n'en était plus qu'à 18 mètres ; il avançait de 4 à 5 mètres par an. Le puits paraissait devoir être bientôt la proie des flammes.

Devant cette ligne de barrages, comme devant tous les barrages de cette époque, on évitait les courants d'air. La galerie de surveillance était en cul-de-sac. Mais l'air, fortement attiré, pénétrait quand même à travers les barrages ou le charbon ; en promenant une lampe à feu nu devant les parois, on voyait la flamme s'allonger et disparaître dans la moindre fente.

Les hommes travaillaient complètement nus dans cette galerie chaude et humide.

Le feu paraissait souvent sur un point ou sur un autre, à la partie supérieure des barrages ; alors on arrosait, (avec la pompe), on défournait, on bouchait les fissures. La moindre quantité de fumée rendant le séjour dans la galerie extrêmement difficile, dès que le feu reparaisait sur un point, et cela arrivait fréquemment, on faisait un nouveau mur contre les anciens ; cela s'appelait *redoubler les barrages* ; puis on élargissait la galerie du côté du puits, et c'est ainsi qu'on perdait peu à peu du terrain.

Le nombre des surprises ou des *assauts*, selon l'expression usitée, auxquels a donné lieu ce mode de défense, est considérable. Souvent le feu, dépassant les barrages, atteignait le

boisage ou le charbon des parois, sans qu'on eut été mis en garde par les fumées dont le dégagement avait lieu par les crevasses communiquant avec l'extérieur. Alors la combustion marchait rapidement; les fumées et les flammes envahissaient les galeries voisines; le puits lui-même était menacé; on reprenait très-péniblement possession des travaux avec les moyens rudimentaires dont on disposait. Le personnel était fait à cette besogne.

On a rendu ces accidents beaucoup plus rares en rejetant complètement l'emploi du bois dans le soutènement des galeries de surveillance et en le remplaçant par du fer ou de la maçonnerie (PL. IV, FIG. 7).

Vers 1865, on changea de système. Un bon courant d'air fut établi devant la ligne des barrages; l'eau arriva en grande quantité et à haute pression par des tuyaux partant de la surface. Dès lors on opposa au feu une plus grande résistance; les fumées furent moins redoutables; on put arrêter les progrès du feu et même regagner une partie du terrain perdu.

Pour cela, on pénétrait au-dessus des barrages par deux galeries parallèles espacées de quelques mètres; de fréquentes communications entre ces galeries y maintenaient un courant d'air frais. On fut fort surpris de ne rencontrer à quelques mètres derrière les barrages que de rares points en combustion et quelques traces d'incendie seulement autour des crevasses ou dans des excavations; en général, la masse n'était pas très-altérée, on trouvait un peu de charbon calciné en contact avec les barrages. On constata que la combustion n'avait été vive qu'au bord de la galerie de surveillance.

Il en est toujours ainsi; l'expérience citée au chap. 2, art. II, explique bien ce fait.

A partir du moment où l'on put refouler le feu, on ne cessa de travailler à la reprise de tout le massif de charbon abandonné entre le grand barrage vertical et le puits Saint-Etienne. Le but a été atteint sans trop de peine.

2° FEUX DES NOUVEAUX ÉTAGES.

En 1860, le 4^{me} et le 5^{me} étages, où le dépilage n'en était encore qu'à la première tranche, avaient du feu sur un assez grand nombre de points.

Le cas suivant se reproduisait fréquemment :

Feu du 5^{me} étage du puits Saint-Etienne. — Un éboulement fait dans une partie failleuse du 5^{me} étage, dans le dépilage de la 1^{re} tranche, s'était enflammé. Les efforts faits pour détruire l'incendie à sa naissance n'ayant pas réussi, on avait barré une surface d'environ 150 mètres carrés. La couche n'étant pas encore crevassée, les barrages fermaient bien hermétiquement.

Six mois après, le feu paraissant éteint, on essaya de déblayer l'éboulement ; mais ce travail était à peine commencé que les fumées parurent de nouveau et le feu ensuite. L'eau lancée par les pompes n'atteignant pas le sommet de la cloche, la combustion s'anima de plus en plus. On refit les barrages.

Une tentative semblable, faite quelque temps après, eut le même sort ; dès lors on se borna à surveiller les barrages.

Le traçage de la 2^{me} tranche arriva sur cette région en 1861. Comptant sur une extinction complète, on poussa une galerie vers l'éboulement. Bientôt il fallut encore battre en retraite.

De nouvelles attaques n'eurent qu'un très-fâcheux résultat, celui de mettre le feu en communication avec des travaux du 4^{me} étage qu'il fallut abandonner.

Tant qu'on attaqua par-dessous et avec une quantité d'eau restreinte, on n'eut aucun succès.

En 1863, on attaqua par-dessus avec de bons courants d'air et de l'eau en abondance ; à partir de ce moment, on put graduellement détruire le feu.

Feux du 4^{me} étage Saint-Augustin. — Le dépilage de la 3^{me} tranche du 4^{me} étage Saint-Augustin était achevé, il s'arrêtait contre un massif réservé. On se préparait à commencer

le traçage de la 4^{me} tranche, lorsque des fumées partant de la limite des dépilages se dégagèrent avec une telle intensité qu'il fallut abandonner tout l'étage et battre en retraite jusqu'au puits.

On parvint à regagner les galeries qui aboutissaient au dépilage ; mais là, les fumées sortant par divers côtés et reprenant plus de force dès qu'on ouvrait les portes d'attaque, rendaient tout travail impossible. Un courant existait entre le 4^{me} étage et le 2^{me} à travers des crevasses et de vieux travaux qui communiquaient aussi avec les tranchées.

Après deux mois de travaux, qui n'avaient abouti qu'à activer la combustion, on attaqua par-dessus, au 2^{me} étage, à 18 mètres en contre-haut du 4^{me} étage.

Une galerie de niveau fut dirigée au-dessus du feu. Un bure, foncé dans la partie centrale avec l'aide de tuyaux d'aéragé et d'arrosage, murillé de 2 mètres en 2 mètres en descendant, pour empêcher le contact de l'air avec les masses échauffées, mit en communication le 2^{me} étage avec le 4^{me}. Sa partie inférieure fut foncée en plein feu.

On établit ainsi au milieu de la région incendiée un bon courant d'air sans activer la combustion.

On attaqua le charbon embrasé au 4^{me} étage, et, en faisant des galeries en cul-de-sac, on le remplaça par des remblais. Quand il n'y eut plus de feu en 4^{me} tranche, on s'éleva sur les remblais et on arriva par tranches successives jusqu'au 2^{me} étage. Le bure servait à la fois au passage de l'air et de l'eau, et à la descente des matériaux.

FEU DU CLOZET. — J'entrerai dans quelques détails sur ce feu, dont les conséquences ont été fort graves. Il montre quelles proportions peut prendre subitement un incendie d'abord fort restreint et quelles difficultés peut présenter dans des régions exploitées et crevassées la limitation d'un feu auquel on ne veut abandonner que le plus petit espace possible (Voir PL. II, FIG. 7, 8, 9, 10, 11).

La région, dite du *Clozet*, où ce feu a pris naissance, est séparée du reste de la grande couche par des accidents géologiques qui l'ont placée sous le rapport de l'allure et de la nature du charbon dans des conditions particulières.

Le charbon du Clozet est très-dur, souvent brouillé avec du rocher, presque sans délits ni plans de clivage accusés.

La couche, plus irrégulière qu'ailleurs, a des plateurs et des dressants, des amincissements et des renflements brusques ; la puissance ordinaire, relativement faible, est comprise entre 3 et 8 mètres.

En direction, la région du Clozet a environ 300 mètres de longueur au niveau du 6^{me} étage ; elle se restreint en amont et s'étend au contraire à l'aval-pendage.

Voici dans quelles conditions se trouvaient les travaux du Clozet au moment de l'apparition du feu :

L'exploitation à ciel ouvert descend jusqu'au niveau du 3^{me} étage, à 34 mètres au-dessous de l'orifice du puits Saint-Charles ; à ce niveau se trouve une galerie de roulage en direction, reliée au 6^{me} étage par deux montages M_1 et M_2 (Fig. 8) placés aux extrémités du Clozet.

Le 4^{me} étage est vierge.

Au 5^{me} étage, on a dépilé une tranche horizontale et tracé la 2^{me}.

Au 6^{me}, cinq tranches sont exploitées ; le traçage de la 6^{me} tranche est fait. Il reste de 6 à 7 mètres de charbon sous les remblais du 5^{me} étage.

Les étages inférieurs, 6^{me bis}, 7^{me}, 8^{me} et 9^{me} sont en exploitation ; ils sont en communication avec le 6^{me} par des montages et des bures.

Le dépilage des charbons durs du Clozet a déterminé des crevasses qui s'échauffent et s'enflamment facilement. A partir de la 2^{me} tranche du 6^{me} étage, de fréquents échauffements ont rendu le travail pénible partout où l'on ne disposait pas d'un très-fort courant d'air ; deux fois le feu s'est déclaré ; on l'a éteint sans trop de peine.

Pour se mettre à l'abri du feu, au lieu d'exploiter simultanément à plusieurs niveaux, on avait résolu d'attaquer la couche à sa partie supérieure et de ne dépiler qu'un seul étage à la fois, composé de trois tranches; cet étage entièrement enlevé, on en prendrait un autre de même hauteur, immédiatement au-dessous du premier, et ainsi de suite.

Mais avant d'apporter cette modification à la méthode, il fallait déhouiller entièrement les parties supérieures brisées du 6^{me} étage.

Apparition du feu. — Telle était la situation du Clozet, lorsque une légère odeur de gaz se fit sentir dans la région centrale du 6^{me} étage, le 24 août 1875.

On poussa aussitôt deux traverses T_1 et T_2 vers le mur, à 10 mètres de distance l'une de l'autre pour chercher le foyer. Quatre jours après, l'une des traverses arrivait à une large crevasse à parois ébouleuses dans laquelle le feu flambait.

La combustion s'élevait haut et ne put être arrêtée par un fort jet d'eau. On commença l'attaque par dessus, tout en continuant à surveiller et arroser au 6^{me} étage.

Une porte P_1 fut placée dans la galerie du 6^{me} étage pour empêcher le courant d'air de passer sur le foyer.

Le 5^{me} étage était en ce point à peu près superposé au 6^{me}; 3 traverses furent ouvertes allant vers le mur: l'une au-dessus de la crevasse, les autres de chaque côté pour cerner le feu.

On faisait arriver en même temps au 5^{me} étage un courant d'eau qu'on dirigeait sur le feu au moyen de trous de sonde faits à travers le remblai et le charbon.

12 ouvriers travaillaient à la fois, 4 dans chaque traverse; on voulait aller vite pour ne pas donner au feu le temps de se développer. Tout paraissait aller bien; l'eau tombait chaude au 6^{me} étage, lorsque le 31 août, à 10 heures du soir, eut lieu une forte explosion.

Explosion; ses conséquences. — La galerie du 5^{me} étage se remplit aussitôt de fumée. En s'enfuyant, les ouvriers de la

traverse T_2 entendirent un éboulement qui se produisait en arrière. Quelques instants après, 8 piqueurs étaient réunis vers le montage M_1 , les 4 autres ne venaient pas.

Un ouvrier, prenant un réservoir portatif, s'avança dans les fumées et put dépasser la 2^{me} traverse ; mais un éboulement l'arrêta ; d'ailleurs, la chaleur devenait insupportable et les fumées étaient tellement épaisses qu'il ne distinguait rien autour de lui. Plusieurs fois il appela ; personne ne répondit. Il revint au bon air.

On eut un moment l'espoir que les ouvriers de la traverse T_3 , arrêtés par l'éboulement, avaient fui par le montage M_2 ; l'espoir fut de courte durée ; on vit la fumée sortir à plein montage ; les hommes devaient être asphyxiés.

L'explosion avait ouvert, entre le 6^{me} étage et le 5^{me}, une crevasse par laquelle montaient les fumées ; la porte P_1 avait été renversée ; rien n'empêchait l'air d'arriver, et le feu prenait d'effrayantes proportions ; la galerie du 6^{me} était flamboyante. Le feu avançait.

On s'occupa immédiatement de retirer les victimes.

Au 6^{me} étage, une nouvelle porte P_2 fut placée pour empêcher ou diminuer l'accès de l'air sur le foyer de la combustion.

Au 5^{me} étage, la fumée revenant en arrière arrivait jusqu'au montage M_1 . On prit diverses mesures pour renforcer l'air et refouler la fumée ; puis on marcha en avant.

Ce ne fut qu'après 17 heures de travaux qu'on trouva, au-delà de la crevasse et de l'éboulement, les 4 malheureux asphyxiés. Le feu n'existait pas encore au 5^{me} étage.

Pendant ce temps, le feu avait grandi au 6^{me} étage ; alimenté par l'air qui filtrait à travers les joints de la porte et plus encore entre le charbon et les remblais mal tassés, il s'était avancé jusqu'à la porte P_2 et menaçait de la dépasser. On se hâta de faire, à quelques mètres en arrière, un barrage plein, en maçonnerie, de 1^m,10 d'épaisseur.

Des détonations se faisant encore entendre par intervalles,

on redoutait de nouvelles explosions. Le malheur qu'on avait à déplorer imposait la plus grande prudence.

Au lieu d'attaquer immédiatement le feu par-dessus, comme d'ordinaire, en amenant des flots d'eau sur le foyer et en pratiquant l'arrachage de proche en proche, il fut convenu qu'on essaierait d'étouffer le feu, de le laisser s'assoupir avant de l'attaquer.

Mais il fallait d'abord le limiter.

Limitation du feu. — Le barrage B_1 du 6^{me} étage et une porte placée au 5^{me} devaient empêcher l'air de pénétrer.

On ferma la sortie des fumées. Quelques instants après, une explosion puissante renversait la porte du 5^{me} étage et les fumées repoussées commençaient à envahir les galeries ; on rouvrit aussitôt le trou de sortie des fumées.

Le barrage B_1 était à peine achevé que le feu se montrait tout autour, suivant les fissures du charbon. On redoubla la maçonnerie et on la prolongea jusqu'au mur et jusqu'au toit de la couche ; malheureusement, elle reposait sur des remblais mal tassés, renfermant des grès charbonneux et des bois. Le feu ne tarda pas à passer par-dessous.

On fouilla pour trouver un terrain compact et le barrage fut continué jusque sur les remblais de la 4^{me} tranche. Pour plus de précautions, contre la maçonnerie, on fit un autre barrage de 2 mètres d'épaisseur en argile bien damée.

On crut alors le feu arrêté en-dessous ; par-dessus, les gaz se dégageaient encore en petite quantité à travers mille crevasses imperceptibles.

Le 8 septembre, on fit une nouvelle tentative d'étouffement en bouchant le sommet du montage M_2 , par lequel sortaient les fumées. Mais bientôt des détonations de plus en plus fortes eurent lieu derrière les barrages ; les gaz remplissaient les galeries d'observation sans qu'on pût apercevoir leur source ; les portes s'échauffaient, une irruption du feu hors de ses limites était à craindre. On rouvrit donc le barrage de sortie et

il fut décidé qu'on ne le refermerait qu'après la construction d'un barrage plus complet, allant des remblais de la 4^{me} tranche du 6^{me} étage jusqu'au niveau de la 2^{me} tranche du 5^{me}, et du mur au toit de la couche.

Grand barrage. — Un emplacement à 8 mètres en arrière du barrage B₁ parut bon pour faire ce grand barrage B₂. Le charbon y était dur et peu fissuré ; les remblais de la 4^{me} tranche étaient compacts. Le barrage devait se composer de deux murs, l'un en maçonnerie de 1^m,10 d'épaisseur, l'autre, en arrière, en argile damée, de 2 mètres d'épaisseur. Un bure, reliant le 5^{me} au 6^{me} étage, servit à l'aérage et à la descente des matériaux. Pendant l'exécution de ce grand barrage, le barrage B¹ servit à contenir le feu, qui perceait sur divers points. Le travail fut achevé sans encombre ; les gaz qui passaient à travers les fissures se dégageaient par le bure et ne gênaient point les ouvriers.

On arriva à appuyer la partie supérieure du barrage sous du charbon solide au 5^{me} étage.

On put enfin fermer le montage M₂ sans inconvénient : la fermeture eut lieu graduellement. Quelques détonations se firent entendre ; le barrage tint bon et tout se calma.

Ainsi le feu se trouvait limité à l'Est par un immense barrage ; à l'Ouest, par le massif ; en aval, il était séparé du 6^{me} étage bis par 4 tranches de remblais du 6^{me} étage et par un massif de 6 mètres de charbon. On pouvait espérer qu'il ne franchirait pas ces barrières.

Pour laisser l'étouffement se compléter, on décida une suspension de travail de deux mois.

Quelques légères odeurs de gaz persistaient devant le grand barrage, au 5^{me} étage surtout ; les portes restaient chaudes, mais on comptait sur le temps pour faire disparaître les gaz et la chaleur. On continuait d'ailleurs à envoyer beaucoup d'eau derrière les barrages.

En janvier, un dégagement de fumée se fit au-dessous du

6^{me} étage, dans la galerie intermédiaire, près du montage allant au 6^{me} étage bis.

On perça à la hâte dans les remblais de 1^{re} tranche du 6^{me} étage ; ces remblais étaient chauds, un peu plus loin ils étaient en feu.

Le feu avait donc traversé toute la masse des remblais du 6^{me} étage ; il était sur le point de descendre plus bas, et, si on n'en devenait rapidement maître, il pouvait gagner les étages inférieurs, pleins de fissures et d'anciennes galeries, où il serait à peu près impossible de l'arrêter. On était exposé à perdre une grande étendue de travaux.

Des flots d'eau furent amenés au 6^{me} étage et lancés derrière les barrages. L'eau en sortait bouillante.

On fit avec célérité un barrage en B₃ devant les remblais en feu et l'on réussit à arrêter le feu.

Le barrage B₃ relié en suite au barrage B₂ opposa au feu un obstacle sans discontinuité.

Le barrage allant du 6^{me} bis au 5^{me} avait 392^m² de surface. On en pouvait surveiller toute l'étendue.

Le feu fut enfin cerné, limité.

Il restait à le détruire.

Destruction du feu. Attaque par-dessus. — Voici la série des opérations faites :

1° A 4^m,60 en contre-haut de la couronne de la galerie du 5^{me} étage, on fait une galerie G₂ allant du montage M₁ au montage M₂.

2° On débouche ensuite le montage M₂ et le courant d'air s'établit entre les deux montages par la galerie G₂.

3° Une porte placée dans le montage M₂ en-dessous du point de percement, isole le feu du courant d'air.

4° A partir de la galerie G₂, on ouvre ensuite une descente D₁, en face des montages M₃ et M₄.

Le feu paraissant s'être développé dans toute la région aban-

donnée, on décide de diviser cette région en tronçons de 25 à 30 mètres qu'on attaquera séparément.

Pour isoler ces tronçons, on pousse à partir du 4^{me}, du 4^{me} au 5^{me} d'abord, puis jusqu'au 6^{me} étage des descenderies D, D, D, de chaque côté desquelles on fait des barrages au niveau du 5^{me} et du 6^{me}.

Cela fait, on attaque un tronçon.

Chaque assaut exige un grand déploiement de force et de précautions, et beaucoup d'énergie et de bonne volonté chez les travailleurs. Nous avons heureusement des hommes faits à cette besogne et très-courageux.

La partie la plus difficile de l'assaut consiste à mettre la descenderie en communication avec la galerie chaude et pleine de gaz et à faire un barrage de chaque côté de la descenderie.

Plusieurs rangées de tuyaux d'aérage emportent les gaz; l'air arrive par la descenderie. On a fréquemment recours aux appareils respiratoires.

Il faut se hâter de faire les barrages pour ne pas donner au feu le temps de reprendre vivement. Il suffit souvent de quelques minutes pour que les mases éboulées se mettent à flamber.

On est souvent obligé de s'y reprendre à plusieurs fois pour réussir.

Une porte placée au bas de la descenderie permet de se retirer vite et sans perdre de terrain, dans le cas où il faut suspendre l'assaut.

C'est vers la fin de ces travaux contre le feu du Clozet que nous avons érigé pour la première fois l'*embouage* en système.

Le dernier tronçon le plus rapproché du grand barrage a été reconquis par ce procédé beaucoup plus simplement que par l'attaque vive en-dessus.

Si l'*embouage* eut été appliqué dès le début au feu du Clozet, la limitation d'abord et ensuite la destruction auraient été beau-

coup plus faciles et rapides, moins dangereuses et moins coûteuses.

Incendies accidentels.

Je citerai deux incendies accidentels qui ont eu de grandes proportions et dont les conséquences sont comparables à celles des plus violents incendies dus à la combustion spontanée.

1° *Feu de Saint-Louis.* — En 1865, le feu fut mis par inadvertance dans l'écurie souterraine du puits Saint-Louis. Cette écurie était en communication avec de vieux travaux que l'incendie gagna rapidement; un étage inférieur, le 3^{me}, fut aussi envahi par les fumées en quelques heures. De nombreuses galeries aboutissaient à la région incendiée, soit en partant de la tranchée, soit en partant du puits; on se hâta de les barrer.

En 12 heures, l'incendie avait pris un grand développement; il était maître d'un vaste réseau d'anciennes galeries à moitié éboulées, larges et hautes.

Les communications avec le sol et les parois des tranchées étaient si nombreuses qu'on ne put obtenir une fermeture hermétique: le feu ne pouvait être complètement étouffé.

Craignant une invasion du feu hors des barrages, on se décida à faire immédiatement une attaque vive.

L'eau fut envoyée en grande quantité sur la région incendiée au moyen d'une pompe à vapeur, établie sur le puits le plus voisin.

Tous les travaux furent regagnés, tronçon par tronçon, avec une peine inouïe. On avançait de quelques mètres au milieu des fumées dans de grandes galeries brûlantes, à moitié éboulées; on faisait des barrages pour assurer la possession des parties reconquises.

Les travaux durèrent quatre mois, à certains moments on y occupa jusqu'à cent hommes par jour, 25 par poste, se relayant toutes les 6 heures.

Il y eut un nombre considérable d'asphyxies momentanées.

Si l'on avait combattu ce feu avec les appareils respiratoires et l'*embouage*, on l'aurait détruit en très-peu de temps, en évitant beaucoup de dangers, de peines et de dépenses.

Après cet accident, il fut interdit d'introduire des lampes à feu nu dans les écuries. On remplaça aussi les bois de soutènement dans les écuries et leurs abords, par du fer et de la maçonnerie.

2° *Incendie de Sainte-Aline*. — Tout récemment un autre incendie accidentel a compromis le puits Sainte-Aline, principal centre d'extraction de la bouillère. (Il extrait en moyenne 500 tonnes par jour.)

Tous les travaux étaient en activité, lorsque tout à coup, à 1 heure du soir, le puits se remplit de fumées qui augmentèrent rapidement et sortirent bientôt en colonnes noires et épaisses, de 20 à 25 mètres de hauteur.

Comme il n'y avait jamais eu de feu dans les chantiers de Sainte-Aline, on ne sut d'abord d'où pouvaient provenir ces fumées.

Voici ce qui s'était passé :

Le puits Sainte-Aline est un puits de sortie d'air ; son tirage naturel très-énergique est encore accru par un foyer placé à 105 mètres de profondeur ; il sert à l'aérage non-seulement de ses 4 étages (6^{me}, 7^{me}, 8^{me} et 9^{me}), mais encore à celui d'une partie du champ d'exploitation de plusieurs puits voisins. (Voir PL. II, FIG. 4).

Le jour du sinistre, pour observer l'effet de la déviation d'un courant d'air, on avait placé une porte en A, au 7^{me} étage.

On encastre ordinairement dans de la maçonnerie les portes placées à demeure ; la porte A étant provisoire, était fixée sur une cloison en voliges ; on avait bourré du foin entre deux rangs de voliges pour mieux arrêter l'air.

A midi et demi, le second du chef-mineur, voulant s'assurer que la fermeture était bien faite, approcha sa lampe de la

cloison; la flamme, vivement attirée dans un joint, mit le feu au foin, et en peu d'instants les voliges commençaient à brûler.

Sans outils, ne pouvant abattre la cloison ni arrêter la combustion, le second appela à son aide des ouvriers qui se trouvaient à environ 150 mètres de distance. Lorsqu'il revint, le boisage et les parois au charbon étaient en feu; les fumées remplissaient la galerie. Le chef-mineur qui survint à ce moment ne put avancer jusqu'à la porte.

Les fumées refluant vers la galerie B et menaçant d'envahir les travaux, le chef-mineur fit immédiatement évacuer les chantiers.

Vers 1 heure $\frac{1}{4}$ eut lieu une forte explosion qu'on entendit du dehors; cette explosion coïncida avec la chute de la porte A.

Plusieurs portes d'aérage furent enfoncées; une porte que le chef-mineur avait sous la main et qu'il cherchait à placer vers B fut renversée. Trois autres explosions moins fortes suivirent par intervalles de 15 à 20 minutes.

Par suite de la dilatation et des remous produits par les explosions, les fumées refluèrent de tous côtés au 7^{me} étage; elles gagnèrent le 6^{me} étage par le montage DH et descendirent jusqu'au 8^{me} par le puits et une descenderie.

Mais la violence du courant d'air entraîna bientôt une partie des fumées qui se dégageaient dans le puits par la galerie D. Vers deux heures (1 heure $\frac{1}{2}$ après l'inflammation du foin), on arrivait péniblement jusqu'aux points b_1 , b_2 , b_3 et b_4 .

Barrages aux arrivées d'air. — Il fallait au plutôt barrer les galeries par lesquelles l'air venait sur le foyer; on commença des barrages sur ces quatre points, en s'aidant des toiles et appareils respiratoires que l'on avait pu se procurer.

La communication du puits avec l'extérieur étant interceptée, on ne disposait pas de moyens faciles d'approvisionnement; il fallait faire venir des matériaux des puits voisins par des che-

mins longs, coupés de bures et de montages, en se servant du dos, de seaux, de boîtes, etc...

L'eau ne manquait pas, le puits Sainte-Aline étant comme tous les autres pourvu de tuyaux avec une prise d'eau à chaque étage.

Dès que les barrages du 7^{me} étage furent commencés, on chercha à arrêter l'envahissement du 6^{me} étage par les barrages b_5 et b_6 .

A 4 heures, des toiles obstruant les galeries sur tous les points où l'on avait commencé des barrages, les fumées parurent diminuer légèrement.

A 9 heures, quelques barrages étaient terminés; le courant des fumées s'était sensiblement ralenti; à minuit, le volume des fumées avait diminué de moitié; à quatre heures du matin, 3 tuyaux d'aéragé (PL. IV, FIG. 4) suffisaient à leur dégagement; à 7 heures, il ne fallait plus que 2 tuyaux, d'où le gaz sortait avec une vitesse de 1 mètre environ par seconde. Le puits fut alors remis en service d'extraction et les travaux souterrains repris dans tous les chantiers non envahis par les fumées.

En même temps, on redoublait les barrages qui se trouvaient presque tous dans du charbon crevassé.

Barrage à la sortie des fumées. — Il y avait un immense intérêt à préserver le puits.

Le barrage b_7 fut commencé en même temps que les autres.

L'abondance des fumées (10 à 12 mètres cubes par seconde), et la position du point b_7 , auquel on ne pouvait arriver que par l'étroite galerie qui relie les deux recettes, rendaient le travail très-difficile.

Les fumées furent rejetées à la couronne au moyen de toiles (PL. III, FIG. 13), et quand le barrage s'approcha du sommet, des tuyaux furent placés dans la maçonnerie pour servir au dégagement des fumées (PL. IV, FIG. 4).

On n'arrêta pas immédiatement le dégagement des fumées pour deux raisons : d'abord parce qu'on les aurait fait refluer vers les barrages d'arrivée d'air ; ensuite parce qu'on pouvait provoquer des explosions.

C'est surtout en bouchant les arrivées d'air qu'on entrave la combustion.

2^{me} journée. — A midi (24 heures après le début de l'incendie), on bouche tous les tuyaux du barrage b_7 . Quelques instants après, le gaz se fait sentir en divers points, surtout au barrage b_3 et à ceux du 6^{me} étage, quoique les barrages aient tous été redoublés.

On cherche à compléter la fermeture hermétique en élevant les barrages au-dessus de la couronne, en redoublant encore ceux dont l'emplacement est le plus fissuré.

Le dégagement par les tuyaux b_7 diminue encore ; bientôt c'est un mélange de vapeur et de fumées blanches auquel un tuyau suffit.

3^{me} journée. — Au matin, tous les barrages sont clos aussi hermétiquement que possible. On bouche les tuyaux. Il en résulte encore en b_2 et b_3 et au 6^{me} étage de petits dégagements qui n'ont rien d'inquiétant.

Le feu est enveloppé.

Galleries abandonnées. — Situation des travaux. — A ce moment, une partie du 7^{me} étage, les chantiers dits de la Carrière sont envahis par les fumées ; le 6^{me} étage est arrêté, sa galerie de roulage H (Pl. II, Fig. 4) étant barrée. De plus, un étage du puits Saint-Charles, en communication avec le puits Sainte-Aline par le 6^{me} étage est menacé de manquer d'air.

Les galeries du 7^{me} étage sont en 6^{me} tranche ; 5 tranches sont défilées et remblayées.

Un massif est réservé autour des puits Sainte-Aline et Saint-Paul (puits d'épuisement) : ce massif est circonscrit par les galeries B, E, M, N. La galerie A est au milieu du massif ;

elle est dans du charbon assez solide. Le boisage est presque nul en D, très-serré au contraire dans la galerie B.

Les crevasses qui existent à la limite du massif, très-nombreuses sur certains points, constituent un danger grave; elles peuvent recevoir de l'air des étages inférieurs et supérieurs et laisser dégager les fumées, même jusqu'à la surface.

D'un autre côté, le remblai mal tassé des bords du massif ne peut pas empêcher les gaz de passer.

Il est à craindre que malgré les barrages le feu reste alimenté et ne puisse s'étouffer.

Dans ces conditions, toute attente ne pouvant qu'aggraver le mal, par suite des éboulements qui se feront dans les travaux abandonnés, on se résout à tenter immédiatement la reprise de ces travaux.

4^{me} jour. — L'opération la plus facile et la plus importante par ses conséquences, puisqu'elle dégagerait le 6^{me} étage, consiste à ouvrir le barrage b_4 et à en faire deux autres en b_{10} , b_{10} .

Pour ne pas envoyer de l'air sur le foyer et ne pas provoquer d'explosion, on se sert des appareils respiratoires. On ouvre la porte b_4 pour laisser passer les gaziers; on la referme aussitôt. Les gaziers posent des toiles aux points b_{10} , b_{10} , calfeutrent bien les pourtours et reviennent. Ce travail a pris une demi-heure.

On visite alors avec les appareils, la galerie D jusqu'au puits: elle est sans éboulement et sans feu.

On débouche les tuyaux b_7 , puis on ouvre la porte b_4 , et en moins d'une heure les fumées de la galerie D ont disparu.

Cela fait, on visite le montage du 6^{me}; on y rencontre de petits éboulements, une chaleur excessive, mais pas de feu. Alors on ouvre les barrages b_5 et b_6 , et on rétablit la circulation au 6^{me} étage.

5^e jour. — Le point le plus compromis était au croisement

des galeries A et B. On croyait avoir entendu le 1^{er} jour des bruits d'éboulements venant de ce côté.

Au moyen des appareils respiratoires on pénètre derrière les barrages b_1 . Vers le b_8 on est arrêté par un éboulement qui obstrue complètement la galerie B. Pendant qu'on pose une toile, l'éboulement, sans feu apparent d'abord, s'embrace. On renonce à cette attaque; on ferme soigneusement le barrage b_1 .

6^{me} jour. — On refait en b_3 ce qu'on a fait la veille en b_1 . On s'avance jusqu'en b_9 où les éboulements commencent. Une toile est placée en b_9 . Le feu se montre encore au bout de quelques minutes dans le charbon éboulé.

Cela fait, les gaziers se retirent.

On ouvre b_3 et au moyen de toiles on établit un courant d'air qui permet de construire facilement un barrage en b_9 .

7^{me} jour. — On fait passer un courant d'air dans la galerie G en ouvrant les barrages b_1 et b_2 , et l'on construit un barrage en b_3 .

Les chantiers de la carrière sont repris. On n'y trouve que quelques éboulements sans importance.

8^{me} jour. — Toujours avec les appareils respiratoires on pénètre dans la galerie A, du côté D, et en deux étapes de 25 mètres chacune, les gaziers viennent poser des toiles en A, près des éboulements.

Destruction du feu. — Le feu reste dans des éboulements sur 80 mètres de longueur dans les galeries A et B.

Deux moyens se présentent pour le détruire : le *défournement* qu'on pourra pratiquer en établissant un réseau de galeries à un niveau supérieur pour arroser et attaquer par petits tronçons; mais il est à craindre que pendant l'exécution des travaux d'attaque, le feu ne s'étende, et que travaux eux-mêmes ne facilitent les infiltrations d'air.

On adopte l'*embouage* qui paraît plus sûr, plus rapide, moins dangereux et moins pénible.

Embouage. — On emboue immédiatement en b_8 et b_9 au moyen d'un tuyau placé à la partie supérieure des barrages. (PL. IV, FIG. 10 à 14).

Ce premier travail étend sur le sol de la galerie une couche imperméable, remplit les vides subsistant entre les remblais et le charbon, au bas des parois, et bouche les fissures des parois voisines du barrage.

Mais le plafond est extrêmement fissuré en b_9 (PL. II, FIG. 4); le charbon y est à moitié éboulé : les gaz continuent à se dégager au-dessus des barrages. Il faut compléter l'embouage à la pompe (PL. IV, FIG. 12). Le dégagement cesse totalement lorsqu'on a introduit 12 mètres cubes de boue avec la pompe.

Pendant qu'on introduit de la boue en b_8 et b_9 (PL. II, FIG. 4), on prépare les travaux qui permettront d'embouer toute la région éboulée : ces travaux consistent : 1° en une galerie RS (PL. IV, FIG. 13) parallèle à la galerie B, placée à 5 mètres de distance horizontale et à 4 mètres en contre-haut; 2° en petites traverses, T, T, T, de 2 à 3 mètres de longueur, poussées vers la galerie B; 3° en trous de sonde partant des traverses et perçant dans les vides de la galerie B.

C'est par ces trous qu'on pratique l'embouage. La terre jetée dans un baquet (FIG. 18 et 10) est emportée par un courant d'eau. Pour ne pas envoyer de l'air en même temps que de la boue, on maintient le bas de vanne dans la boue.

Lorsqu'un trou refuse la boue, on en fait un autre plus haut et on termine par l'embouage à la pompe.

Mêmes travaux sur la galerie A par la parallèle J (FIG. 13).

Le 40^{me} jour, on termine l'embouage. Les trous qui étaient chauds au début et qui dégageaient des gaz avec force sont froids et ne donnent plus aucun dégagement.

Pendant l'opération, l'eau sortait claire en divers points.

Elle déposait les graviers et le sable près des trous, transportait les parties argileuses au loin et se filtrait complètement.

Quand le travail marchait bien, on introduisait par chaque trou de sonde 15^m de terre foisonnée, par poste de 8 heures; lorsque le trou était obstrué par des bois ou des roches, l'embouage était beaucoup plus lent.

Travail complémentaire. — Rétablissement des galeries.

Le feu est éteint.

Il s'agit de reprendre possession de l'espace emboué et de rétablir les anciennes galeries.

Pour cela, on trace une galerie au niveau supérieur des éboulements. On rencontre en plusieurs points l'eau retenue par la boue. Le sable s'est déposé près des trous de sonde; il est tassé, très-dur. La boue a pénétré dans les moindres fissures du charbon.

Cette première galerie est remblayée. Des planches mises sur le sol facilitent le traçage d'une seconde galerie qu'on fait immédiatement en-dessous.

On remblaie encore cette seconde galerie et on passe en-dessous pour rétablir les galeries A et B (FIG. 4, PL. II). Au croisement de ces galeries, et à peu de distance du barrage b_0 , on trouve des quantités considérables de coke; les parois mêmes des galeries sont carbonisées sur quelques points jusqu'à 1 mètre de profondeur.

Toutes les masses éboulées ont été enveloppées de boue; quelques-unes n'ont pas été pénétrées.

Trois mois après la naissance de cet incendie, il n'en restait pour ainsi dire pas de traces.

Grâce à l'embouage et aux appareils respiratoires, on est venu à bout de ce feu considérable et dangereux avec infiniment moins de peine, de dangers et de dépenses que par les anciens procédés.

CHAPITRE 5^m.

MOYENS EMPLOYÉS POUR PRÉVENIR LES INCENDIES SOUTERRAINS.

ARTICLE I.

Mesures générales.

Pour diminuer les causes d'incendies, on applique les diverses mesures suivantes :

1° Un bon aérage. Un courant d'air vif et frais emporte la chaleur produite par l'oxydation du charbon et atténuée, par suite, l'oxydation même, cause des échauffements.

2° Extraction du charbon brisé. Autant que possible, tout éboulement de charbon est complètement déblayé, et le vide restant, soigneusement remblayé.

3° Lorsqu'un obstacle s'oppose à l'extraction du charbon brisé, on empêche absolument l'air d'arriver dans la région brisée ; et, si on ne peut intercepter l'arrivée de l'air, comme par exemple à la limite des massifs réservés autour des puits en exploitation, on aère au contraire le plus possible. Pour cela, on maintient ouvertes au-dessus et au-dessous des crevasses, des galeries qui servent à l'aérage, à la surveillance, et, au besoin, à l'attaque en cas d'échauffement.

4° Il est bon que les divers quartiers d'une grande exploitation soient isolés les uns des autres, afin qu'un incendie ne puisse gagner toute l'étendue de la mine.

5° Le soutènement des galeries voisines des barrages est fait avec du fer ou de la maçonnerie.

6° *Ecuries souterraines.* — Le bois est aussi remplacé par du fer ou de la maçonnerie dans les écuries souterraines.

Il est défendu d'entrer dans les écuries avec des lampes à feu nu.

Enfin, il est défendu de porter du foin ou de la paille hors des écuries, etc.

Ces diverses mesures sont indépendantes de celles qui ont

pour but d'atténuer ou de supprimer les causes premières et essentielles des incendies souterrains. Ces causes résident dans la *nature du gisement* et la *méthode d'exploitation*.

L'influence de la *nature du gisement* est mise en évidence par les faits suivants : 1° les incendies sont très-rares dans les couches minces, tandis qu'ils sont ou ont été très-fréquents dans les couches puissantes ; 2° parmi ces dernières, les couches à charbon flambant sont plus sujettes aux incendies que celles à charbon anthraciteux ; 3° dans une même grande couche, certaines parties donnent lieu à plus de feux que d'autres parties, etc.

L'influence de la *méthode d'exploitation* ressort de ce fait à peu près général : que les incendies des grandes couches ont diminué graduellement à mesure que la méthode d'exploitation s'est perfectionnée.

Si l'on ne peut rien changer à la nature du gisement, on peut du moins faire choix de la méthode d'exploitation qui met le mieux à l'abri des incendies.

ARTICLE II.

Mesures reliées à la méthode d'exploitation.

Avant d'indiquer les rapports qu'il y a entre les incendies et la méthode d'exploitation, je jetterai d'abord un coup d'œil sur les mouvements de terrain qui sont la conséquence des travaux souterrains.

Mouvements de terrain produits par l'exploitation. — Tout défilage entraîne dans les roches voisines un mouvement qui dépend à la fois de la nature des roches, de l'étendue du défilage, de la proportion et de la qualité des remblais employés.

Je n'examinerai ici ces mouvements qu'au point de vue de leurs rapports avec les incendies spontanés.

Quand on dépile sans remblais, le plafond finit par fléchir sous son propre poids ou sous la charge des terrains supérieurs,

et il s'effondre. La cavité laissée dans le plafond par l'effondrement est de forme variable ; elle se rapproche généralement du dôme ; on l'appelle *cloche*. Entre la cloche et les roches éboulées, il reste ordinairement un vide. Au bout d'un certain temps, le vide se comble par l'effet de la désagrégation des roches ou d'une nouvelle charge ; les masses supérieures s'affaissent ; mais avant que ce dernier mouvement se produise, les roches éboulées ont quelquefois le temps de s'échauffer et de s'enflammer, si elles sont inflammables.

C'est ainsi que l'ancienne méthode d'exploitation *par piliers et galeries* a eu le feu pour conséquence sur la plupart des points de la grande couche où son application fut un peu étendue.

Le remblayage complet supprime la première partie du mouvement : *éboulement et cloche*, et atténue l'affaissement de la masse, sans l'empêcher complètement.

Cet affaissement reste encore de 40 p. $\%$ environ de la hauteur du charbon enlevé. Il a lieu de diverses manières, selon que les roches sont dures, tendres ou de solidité moyenne.

Avec ces dernières, il y a infléchissement, allongement sans rupture apparente ; le plafond s'abaisse doucement, sans grandes secousses ; on constate que du front de taille au point où les remblais sont complètement tassés, le plafond forme une courbe continue qui se déplace à mesure que le dépilage avance. Le plafond a des ondulations comparables à celles d'une vague à la surface de l'eau ; la courbe, très-prononcée en avant, se raccorde doucement avec l'horizontale (PL. V, FIG. 1.) Dans ce mouvement, les roches supérieures subissent d'abord un étirement, puis une contraction ; ces deux actions ne laissent pas, au point de vue de la dureté et de la solidité, des traces aussi sensibles qu'on pourrait le supposer. On ne constate parfois aucune différence de solidité entre deux tranches successives : le charbon ne paraît ni brisé ni crevassé ; les

petites fissures presque imperceptibles qui se sont formées vers le front de taille se referment en arrière au moment où la masse redevient horizontale.

Lorsque le charbon est très-tendre, le plafond ne s'infléchit plus avec la même régularité ; la masse est moins compacte dans la dernière tranche d'un étage que dans la première.

Dans le charbon très-dur, le mouvement n'est ni régulier ni continu. Le plafond reste parfois longtemps immobile, suspendu au-dessus des remblais ; puis il s'affaisse tout à coup en se crevasant. La masse supérieure se divise en blocs séparés par des crevasses renfermant du charbon brisé (PL. V, FIG. 2).

Si on arrête le défilage, l'affaissement reste incomplet, la plafond garde à peu près la courbure indiquée sur les FIG. 1 et 2 ; les crevasses des charbons durs et les petites fissures des charbons tendres restent ouvertes. C'est ce qui a lieu à la limites des massifs réservés ; les crevasses s'étendent dans une partie du massif.

Les affaissements intéressent non-seulement la couche de houille, mais encore les roches du toit ; ils se font sentir à de grandes hauteurs et même à la surface à plus de 200 mètres au-dessus des étages en exploitation. Sur certains points, on constate des dépressions du sol de 10 à 12 mètres de profondeur, malgré un remblayage complet.

Le défilage de chaque tranche détermine un mouvement ; par suite, la partie supérieure des étages se déforme de plus en plus, surtout du côté du toit ; les veines du mur, moins entraînées, subissent cependant aussi un étirement en dehors des glissements qui se produisent dans certaines circonstances, même avec des inclinaisons inférieures à 45 degrés.

Ces divers effets sont représentés par les FIG. 3, 4, 5, 6, 7 et 8 de la planche V.

Les FIG. 3 à 6 montrent les déformations successives de la partie supérieure d'un étage, et l'affaissement total du toit ; la FIG. 7 indique la position qu'occupait primitivement, dans

la couche, avant tout mouvement, le charbon que chaque tranche enlève horizontalement; elle montre aussi les remblais tassés et la position définitive du toit; la FIG. 8 est une épure détaillée de la part qui revient à chaque tranche dans l'affaissement total.

Tels sont les mouvements qui ont lieu ordinairement dans une couche peu accidentée, dont l'inclinaison ne dépasse pas 40 à 45 degrés. Une inclinaison plus forte peut occasionner des glissements sur le mur; les failles entraînent des modifications dans les mouvements figurés qui ne concernent que les terrains à peu près réguliers.

Nous pouvons maintenant nous reporter aux trois sources principales d'incendies souterrains signalées au chapitre 2 : *éboulements, fissures des massifs réservés, crevasses des charbons durs*, et déterminer leurs rapports avec la méthode ou les procédés d'exploitation appliqués.

ÉBOULEMENTS. — Les éboulements sont la conséquence inévitable de l'exploitation sans remblais.

Nous avons vu qu'au début de l'exploitation avec remblais, les éboulements avaient encore été la cause de nombreux incendies. Parmi ces derniers, les uns résultaient de la mauvaise disposition des travaux, les autres de l'inexpérience et de la négligence des ouvriers; quelques-uns même étaient faits volontairement par des entrepreneurs chargés de l'extraction, qui, à l'insu des surveillants, tiraient du charbon de chambres d'éboulements dont ils cachaient l'entrée.

Pour mettre fin à cet abus, on remplaça, en 1854, les entrepreneurs par des ouvriers payés au mètre courant de galerie. Longtemps on attacha une certaine importance à ce mode de paiement qui pouvait détourner les ouvriers de faire des surélévations sans profit. Cependant, à partir de 1866, les piqueurs ont été payés à la benne.

Une surveillance active a plus fait que le mode de paiement

pour la suppression des éboulements. En perfectionnant le boisage et l'exécution des remblais, on a rendu les éboulements de plus en plus rares. Autrefois, on avait constamment un bon nombre d'ouvriers occupés à remblayer des cloches; aujourd'hui, pour une production considérable et avec des étages disloqués, il se fait à peine chaque année deux ou trois éboulements notables.

On exécute cependant, grâce à l'expérience acquise, beaucoup de travaux qui passaient pour très-dangereux il y a 10 ou 15 ans.

Ce n'est pas seulement l'ensemble de la méthode d'exploitation qui exerce une grande influence sur les résultats au point de vue du feu; chaque partie de la méthode, le moindre détail d'exécution a son action sur l'état de la mine et les dangers de feu.

Les considérations suivantes le démontrent :

Traçages. — Au début de l'exploitation par tranches horizontales et remblais complets, les traçages étaient très-multipliés, les galeries larges, les piliers étroits. L'entretien était difficile et coûteux; des éboulements et des feux s'en suivirent.

On sentit bientôt la nécessité d'agrandir les piliers et de restreindre les galeries. La section horizontale totale des traçages qui dépassait d'abord le $\frac{1}{3}$ de la surface de chaque tranche, est descendu progressivement à $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{5}$ et même $\frac{1}{10}$. La masse moins découpée se tient mieux et l'on a moins de galeries à surveiller.

Le moment choisi pour faire les traçages a aussi son importance. Au début, on ne commençait le traçage de la 2^{me} tranche que lorsque le dépilage de la 1^{re} était tout à fait terminé et on ne se mettait même en marche que quelque temps après pour donner aux affaissements le temps de se compléter. Cela n'empêchait point les échauffements. Alors, en avançant, on sentait parfois des dégagements de gaz provenant d'éboulements lointains; pendant qu'on marchait sur le foyer, le feu

se développait et on arrivait devant un incendie considérable.

Aujourd'hui on n'attend pas que le mouvement provoqué par le dépilage d'une tranche soit terminé pour faire le traçage de la tranche suivante; ce traçage suit de près le dépilage inférieur.

Le traçage immédiat, qui maintient des galeries ouvertes dans toute l'étendue de l'étage, permet de surveiller la partie récemment dépilée. Les soins que l'on peut apporter au remblayage ordinaire ne font pas disparaître bien complètement tous les vides et le charbon brisé; il en peut rester derrière les bois et ce sont des causes d'échauffement. Avec des traçages ouverts, on s'aperçoit vite d'un échauffement qui commence et l'on peut y remédier aussitôt.

Pour que cette pratique soit sans inconvénient, on doit maintenir les nouvelles galeries au-dessus des remblais, c'est-à-dire au niveau de la nouvelle tranche à dépiler. En les conservant en-dessous, on ne pourrait les remblayer qu'après l'affaissement de la masse; les remblais n'y subissant pas de charge, laisseraient en couronne, par leur simple tassement, un vide dangereux.

Des vides semblables ont entraîné des échauffements dans diverses parties de la couche.

Dépilages. — Quelques-uns des premiers dépilages furent faits par grandes tailles. Il se produisit des éboulements et du feu, et par l'effet d'une réaction excessive; pour éviter le danger de larges excavations, on ne dépila plus, jusqu'en 1860, que par galeries successives. De plus, dans chaque tranche, on n'eut qu'un seul chantier en activité battant en retraite vers le puits.

Grâce à ces mesures, à un boisage mieux entendu et à des remblais soignés, les éboulements furent moins fréquents. On ne se laissa plus surprendre autant qu'autrefois par les coups de charge; on boisa partout, même dans les charbons qui paraissaient les plus solides et qui parfois s'effondraient tout à

coup. Ainsi la sécurité revint, la terreur du feu disparut, et progressivement, très-prudemment, on reprit le défilage par grandes tailles qui est aujourd'hui généralement appliqué.

En s'appuyant sur l'expérience, on ne craint plus d'attaquer une tranche sur un grand nombre de points à la fois ; on y trouve même un élément de sécurité. En défilant vite et en revenant immédiatement en-dessus, on ne laisse pas au charbon le temps de s'échauffer.

Remblayage. — Le remblayage est une mesure essentielle pour prévenir les incendies ; mais, pour être efficace, il doit encore remplir certaines conditions.

Un bon remblai doit être à la fois incombustible et peu compressible ; il doit aussi renfermer une proportion de menu suffisante pour que l'air ne puisse circuler à travers, même avant le tassement.

La mise en place des remblais exige des soins attentifs ; il faut éviter de laisser des vides et du charbon brisé. Pour y arriver, on arrache prudemment les bois lorsque cela paraît nécessaire.

FISSURES DES MASSIFS RÉSERVÉS. — Les massifs réservés au milieu des défilages d'une couche puissante se crevassent toujours.

L'étude des mouvements de terrain montre qu'une tranche verticale qu'on enlèverait préalablement autour du massif n'empêcherait point sa dislocation. On ne peut pas davantage supprimer cet inconvénient en déplaçant la limite du défilage à chaque tranche ; on étendrait ainsi la zone dangereuse sans atténuer beaucoup le danger en chaque point.

On doit donc éviter les massifs réservés autant que possible ; ce sont de vrais nids de feux.

CREVASSES DES CHARBONS DURS. — Avec des remblais qui se tassent, on ne peut éviter la formation de crevasses dans les

charbons durs. Il s'en forme dès que le plafond de la 1^{re} tranche s'affaisse ; elles se multiplient et s'aggravent après le dépilage de chaque nouvelle tranche.

Pour se mettre à l'abri des dangers d'incendie qui en résultent, on a dû réduire la hauteur des étages dans les charbons durs. Ainsi, tandis que dans les charbons tendres ou de dureté moyenne, on dépile, sans trop d'inconvénients, des étages de 16,20 et même 22 mètres de hauteur, par tranches horizontales prises en remontant, on a dû réduire à trois le nombre des tranches (de 2^m,30) des étages dans les charbons très-durs.

Le dépilage de la première tranche ne présente pas de grands dangers, et le traçage de la 3^{me}, se faisant pendant qu'on dépile la 2^{me}, on peut surveiller et au besoin combattre les échauffements à leur début.

Les étages sont exploités les uns après les autres, en descendant.

Si cette méthode n'empêchait point le feu de prendre naissance dans les 2^{me} et 3^{me} tranches, on exploiterait par tranches successives prises en descendant.

Dans ce système, que nous avons appliqué en diverses circonstances, le soutènement des remblais supérieurs présente peu de difficultés si on a eu le soin de placer sur le sol des planches destinées à former le plafond de la tranche inférieure.

Les diverses considérations qui précèdent concernent particulièrement la méthode d'exploitation par *tranches horizontales*, mais elles s'appliquent aussi à la méthode par *tranches inclinées*. Cette dernière méthode a pris, depuis dix ans, à Commeny, un assez grand développement et donne une entière satisfaction dans quelques parties de la grande couche.

La méthode par *rabattages*, essayée à plusieurs reprises, a échoué à cause du peu de consistance de la couche et par suite de l'extrême difficulté qu'on a rencontrée pour empêcher

des éboulements. Au point de vue du feu, cette méthode aurait sur les tranches de 2^m,50, horizontales ou inclinées, l'avantage d'ébranler moins souvent les parties supérieures d'un étage de hauteur donnée; mais elle exige du charbon solide.

En résumé, on peut dire qu'il est toujours possible d'exploiter une couche de houille quelconque sans donner naissance à des incendies; mais on peut être conduit, par des considérations d'économie ou autres, à adopter une méthode qui, sans présenter de très-grands dangers de feu, ne laisse pas dans une complète sécurité.

Je croirais avoir fait une œuvre utile si ces *Etudes* pouvaient contribuer à déterminer quelles sont les meilleures mesures à prendre en pareil cas.



TABLE DES MATIÈRES

PREMIÈRE PARTIE

	Pages.
DE L'ALTÉRATION DE LA HOUILLE EXPOSÉE A L'AIR	4
CHAPITRE 1 ^{er} . — COMBUSTIBLES OBSERVÉS.....	5
CHAPITRE 2 ^{me} . — ACTION DE L'AIR A DIFFÉRENTES TEMPÉRATURES..	9
ART. I. — Descriptions des expériences.....	9
ART. II. — Tableaux et diagrammes.....	18
ART. III. — Résumé des résultats obtenus.....	63
CHAPITRE 3 ^{me} . — EXPÉRIENCES DIVERSES	76
ART. I. — Action des gaz.....	76
ART. II. — Action des liquides	79
ART. III. — Action des corps acides, basiques et neutres sur la houille.....	81
CHAPITRE 4 ^{me} . — ACTION DE LA CHALEUR SEULE.....	84
ART. I. — Produits obtenus directement par l'action de la cha- leur, à diverses températures	84
ART. II. — Action d'une température plus élevée sur le premier résidu solide.....	96
CHAPITRE 5 ^{me} . — EXAMEN DES RÉSULTATS OBTENUS	98
ART. I. — Variations de poids.....	98
§ 1. — Eau hygrométrique	98
§ 2. — Décomposition et combustion lente de la houille....	101
§ 3. — Cause des accroissements du poids de la houille exposée à l'air	102
ART. II. — Coke et gaz.....	108
Rendement en coke et en gaz. — Pouvoir agglomérant. — Pouvoir éclairant. — Pouvoir calorifique.	
CHAPITRE 6 ^{me} . — OBSERVATIONS SUR LA HOUILLE DE COMMENTRY DANS LES CONDITIONS ORDINAIRES DE L'EXPLOITATION....	113
ART. I :	
§ 1. — Houille en fragments.....	114
§ 2. — Houille à l'état de menu	118
§ 3. — Schlamms exposés aux influences atmosphériques...	122
§ 4. — Mélange de fragments et de poussière abattu depuis 25 à 30 ans et renfermé depuis au milieu des remblais.	124
ART. II :	
§ 1. — Effets des incendies souterrains sur la houille.....	127
§ 2. — Effets d'une roche éruptive sur la grande couche de Commentry	131

ART. III. — Explication des faits.....	132
ART. IV. — Moyens propres à empêcher ou à diminuer l'altération de la houille extraite.....	134

DEUXIÈME PARTIE

DE LA COMBUSTION SPONTANÉE DE LA HOUILLE	135
--	-----

TITRE I. — Combustion spontanée en dehors des mines.

CHAPITRE 1 ^{er} . — COMBUSTION DU CHARBON EXPOSÉ AUX INFLUENCES ATMOSPHÉRIQUES.....	135
ART. I. — Conditions dans lesquelles se produit la combustion spontanée	135
ART. II. — Causes de la combustion spontanée.....	150
ART. III. — Moyens employés pour prévenir la combustion spontanée.....	160
CHAPITRE 2 ^{me} . — COMBUSTION SPONTANÉE A BORD DES NAVIRES.....	162

TITRE II. — Incendie des houillères de Commentry.

CHAPITRE 1 ^{er} . — HISTORIQUE	168
CHAPITRE 2 ^{me} . — ORIGINES, CAUSES ET CONSÉQUENCES DES INCENDIES.	176
ART. I. — Origines	176
ART. II. — Causes de l'échauffement	180
ART. III. — Effets et conséquences des incendies souterrains....	183
CHAPITRE 3 ^{me} . — DES CONDITIONS QUE DOIT REMPLIR L'AÉRAGE, ET DES PHÉNOMÈNES QUE PRÉSENTE LA RESPIRATION DANS LES RÉGIONS ÉCHAUFFÉES OU INCENDIÉES... ..	188
ART. I. — Travail dans l'air pur et frais	192
ART. II. — D° chaud et humide	193
ART. III. — D° vicié.....	198
ART. IV. — Matériel d'aérage et appareils respiratoires.....	203
CHAPITRE 4 ^{me} . — MOYENS EMPLOYÉS POUR COMBATTRE LES INCENDIES SOUTERRAINS	210
ART. I. — Etouffement.....	211
ART. II. — Refroidissement	219
ART. III. — Défournement.....	222
ART. IV. — Mesures générales.....	224
ART. V. — Exemples d'incendies.....	228
CHAPITRE 5 ^{me} . — MOYENS EMPLOYÉS POUR PRÉVENIR LES INCENDIES SOUTERRAINS	249
ART. I. — Mesures générales.....	249
ART. II. — Mesures reliées à la méthode d'exploitation.....	250



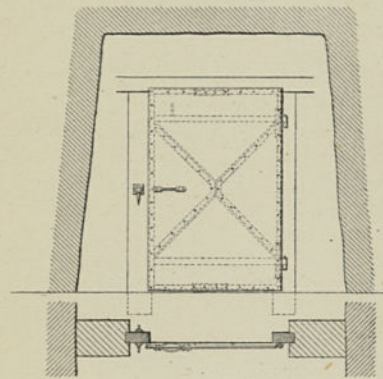
Saint-Etienne, imp. Théolier frères.



MATÉRIEL ET PROCÉDÉS.

Porte en fer.

Fig 1



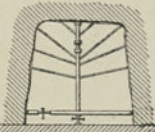
Prix de revient d'une porte

Désignations.	en tôle	en bois
Tôle	10,05	
Cornières	5,20	
Ferments et rivets	6,65	5,50
Bois pour châssis	10,10	10,10
Bois pour porte		5,25
Main-d'œuvre	23,00	7,25
Totaux	55,00	26,30

Toiles.

avec armature

Fig 2

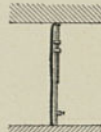


Dimensions: Toile: 3/300, Armature: 20"

Poids: 3^k, 20^l

Prix: 11,00, 42,00

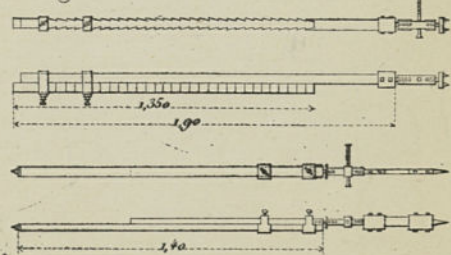
simple Fig 3



Dimensions: 3/300, 3^k

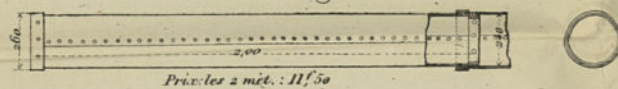
Prix: 11,00

Fig 4 Détails de l'armature.



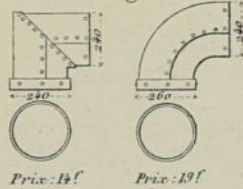
Tuyaux en tôle.

Fig 5



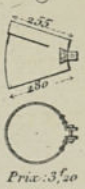
Prix: les 2 mètr.: 11,50

Coudes Fig 6



Prix: 14^f

Bride Fig 7



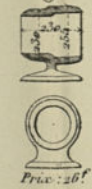
Prix: 3,50

Porteur Fig 8



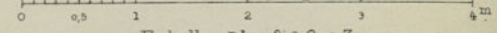
Prix: 0,75

Cabarit Fig 9



Prix: 26^f

Echelle p^r la fig 1



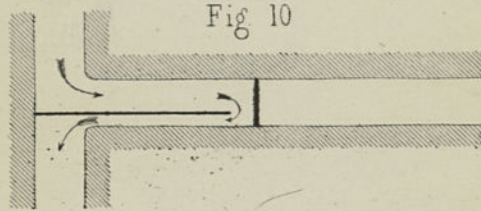
Echelle p^r les fig 2 et 3



Aérage et respiration.

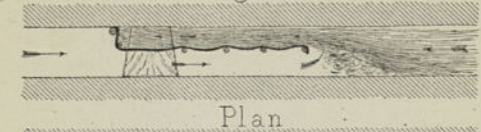
Toile verticale.

Fig 10

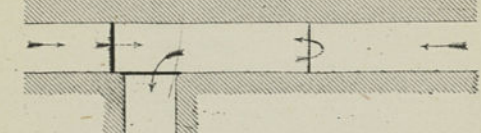


Toile horizontale.

Fig 11

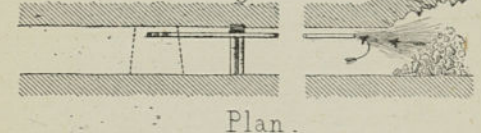


Plan

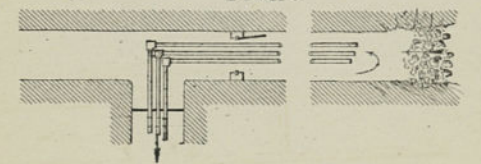


Disposition des tuyaux

Fig 12

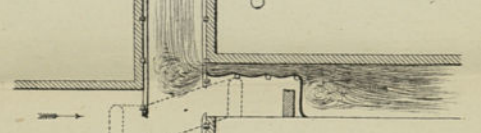


Plan

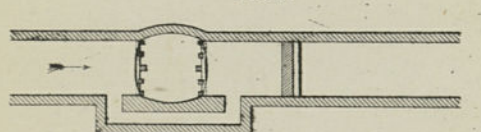


Emploi des toiles (Feu de S^{te} Aline.)

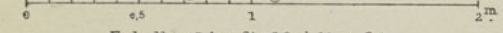
Fig 13



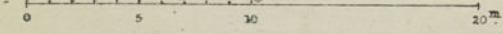
Plan



Echelle p^r les fig 4 à 9 et 16

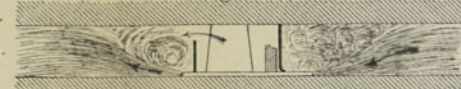


Echelle p^r les fig 10 à 14 et 28.

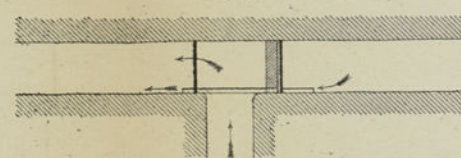


Toile et tuyau

Fig 14

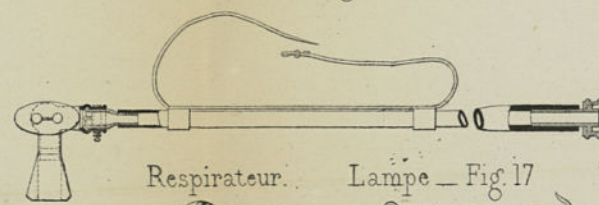


Plan



Appareils Fayol.

Tube Fig 15.



Respirateur. Lampe Fig 17

Tube simple

dans sa boîte

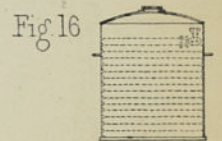
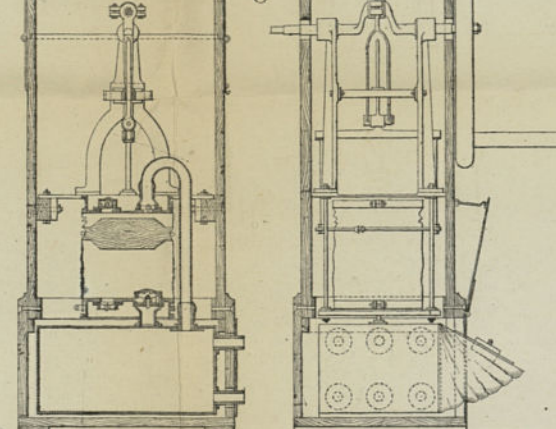


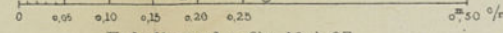
Fig 16

Pompe à air

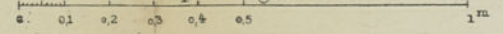
Fig 18



Echelle p^r les fig 15 et 17.

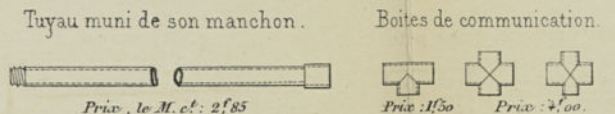


Echelle p^r les fig 18 à 27.



Arrosage.

Fig 20 Tuyaux en fer.



Tuyau muni de son manchon. Boîtes de communication.

Coudes. Boîtes d'équerre. Joint à brides.

Bouchons Manchon. Boîtes à diminution. Robinet.

Fig 21 Lance. Prix: 9^f 60.

Fig 22 Tuyaux en fonte. Tuyaux en toile et raccord en cuivre. Fig 23

Bache en fonte. Fig 24

Bache en bois. Fig 25

Fig 26 Sonde.

Fig 27 Curette.

Disposition générale. Coupe par a b. Fig 28

Tonneau réservoir. (Détail)

Plan.

a b

Plan.

Plan.

Plan.

Plan.

Plan.

Plan.

Plan.

Plan.

Plan.

Plan.

Plan.

Plan.

Plan.

Plan.

Plan.

Plan.

Plan.

Plan.

Plan.

Plan.

Plan.

Plan.

Plan.

Plan.

Plan.

Plan.

Plan.

Plan.

Plan.

St Etienne - Lith. LANTZ, rue de la Loire.



BARRAGES.

Fig 1 - Barrage plein.



Fig 2 - Barrage à porte.

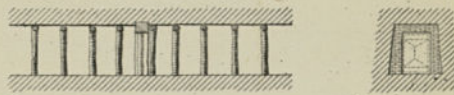
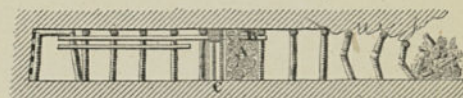


Fig 3 - Barrage provisoire en foin.



Ordre suivi pour la construction du barrage.

- 1° Pose du foin A. 3° Pose des voliges C.
- 2° Pose des tuyaux B. 4° Construction de la porte.

Fig 4 - Barrage de sortie des fumées. (Feu de S^{te} Aline)

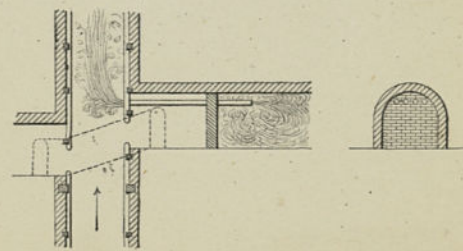
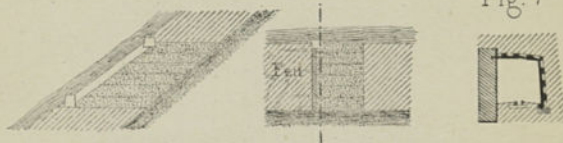


Fig 5. Barrage horizontal en terre.



Fig 6. Barrage vertical. Soutènement en fer.



EMBOUAGE.

Embouage par dessus.

Fig 8 1° Remblayage complet.

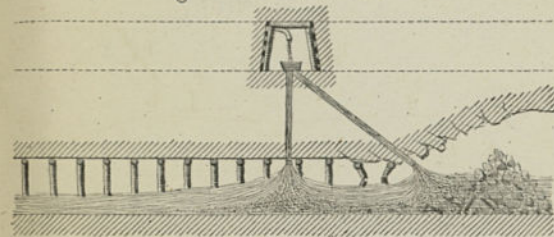
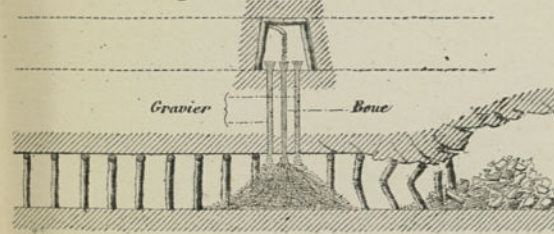


Fig 9 2° Barrage.



Embouage sans pression (Feu de S^{te} Aline)

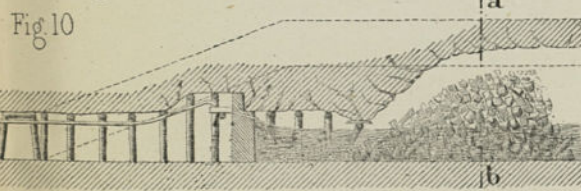


Fig 11 Coupe par a b.

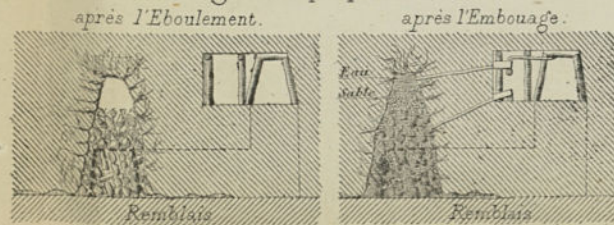
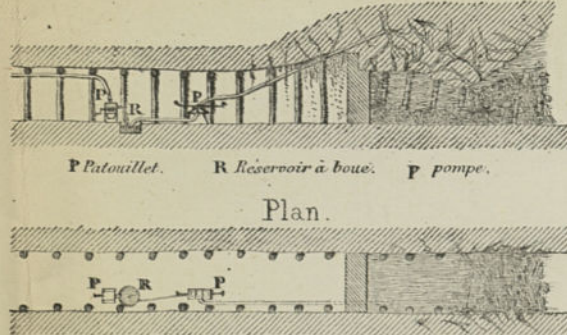


Fig 12 - Embouage à la pompe. (Feu de S^{te} Aline).



Feu de S^{te} Aline (7^e Etage).

Fig 13. Plan.

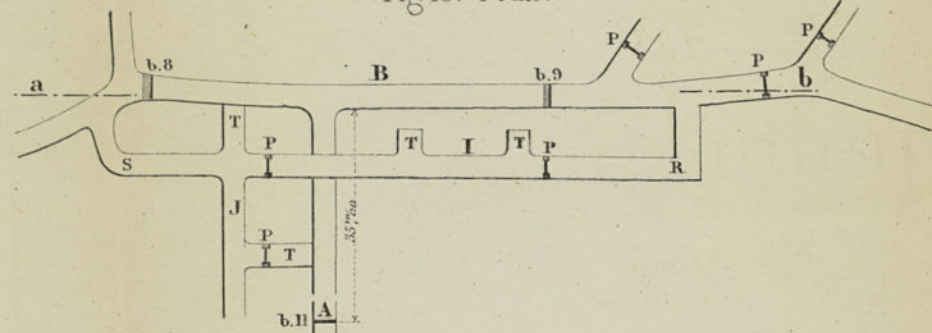


Fig 14. Coupe par ab.

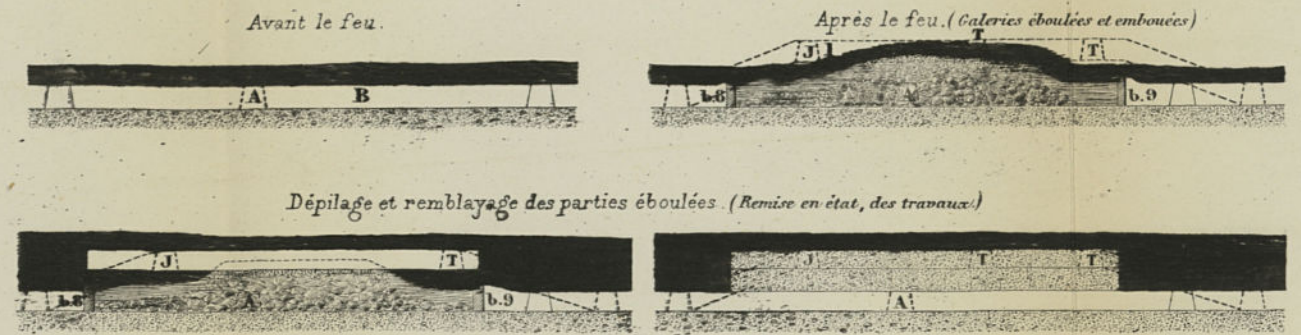


Fig 16 Patouillet.

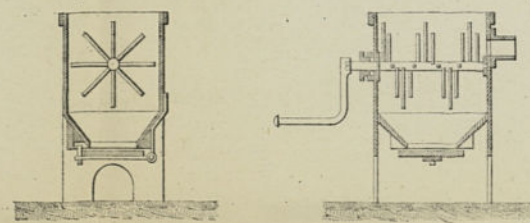


Fig 17. Pompe.

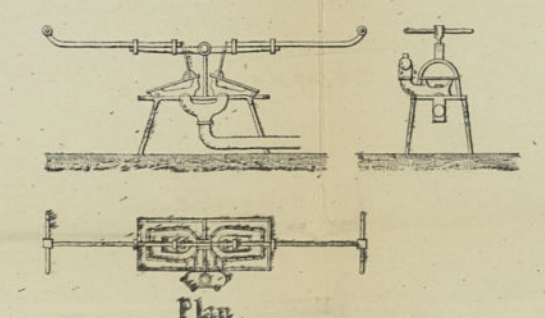
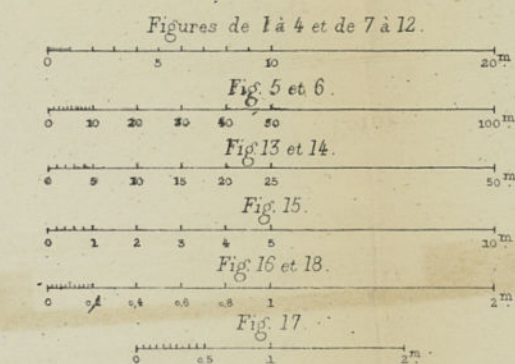
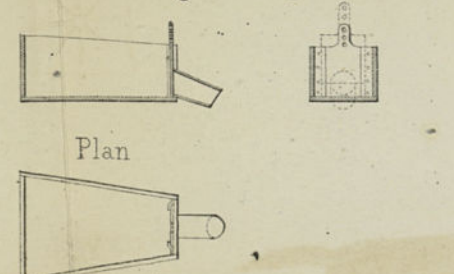


Fig 18. Bâche. Coupe en long. Coupe en travers.





MOUVEMENTS DE TERRAIN PRODUITS PAR L'EXPLOITATION.

Affaissement du Plafond d'une tranche en dépilage.

Fig 1.-Charbon tendre ou de moyenne dureté.

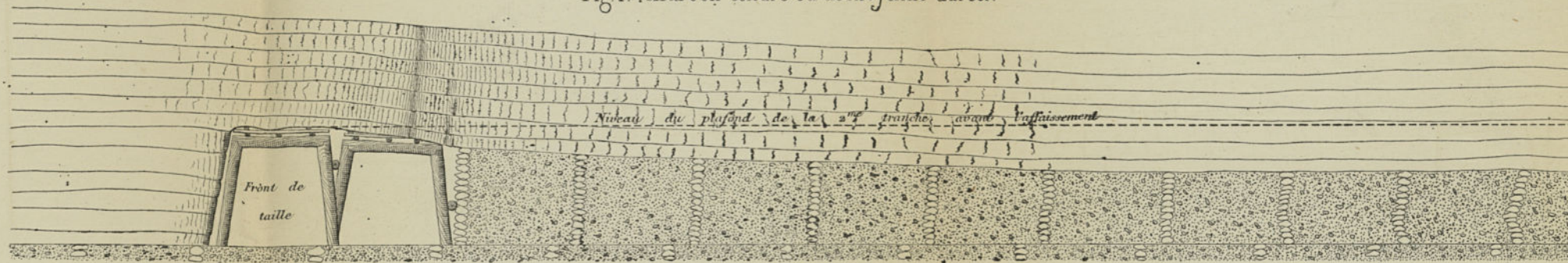
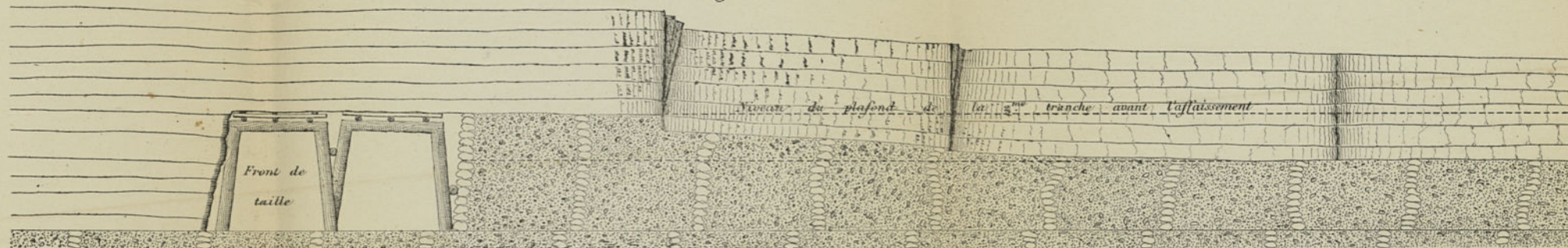


Fig 2.-Charbon dur.



Affaissement des parties supérieures d'un étage en exploitation.

Dépilage par tranches horizontales.

Fig 3.-1^{re} tranche.

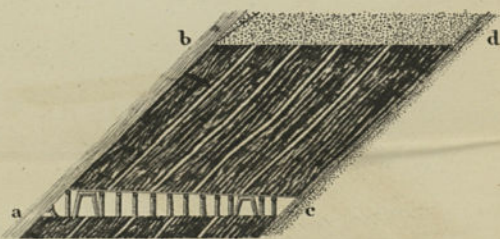


Fig 4.-3^e tranche.

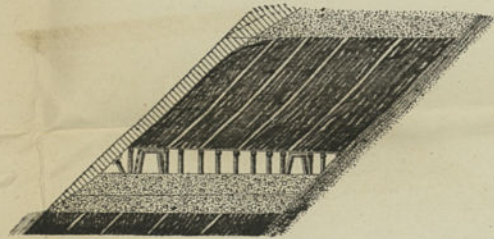


Fig 5. 6^e tranche.

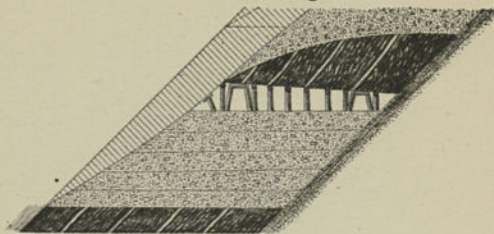
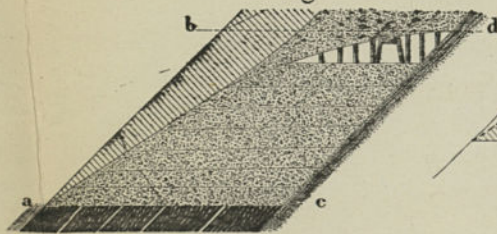
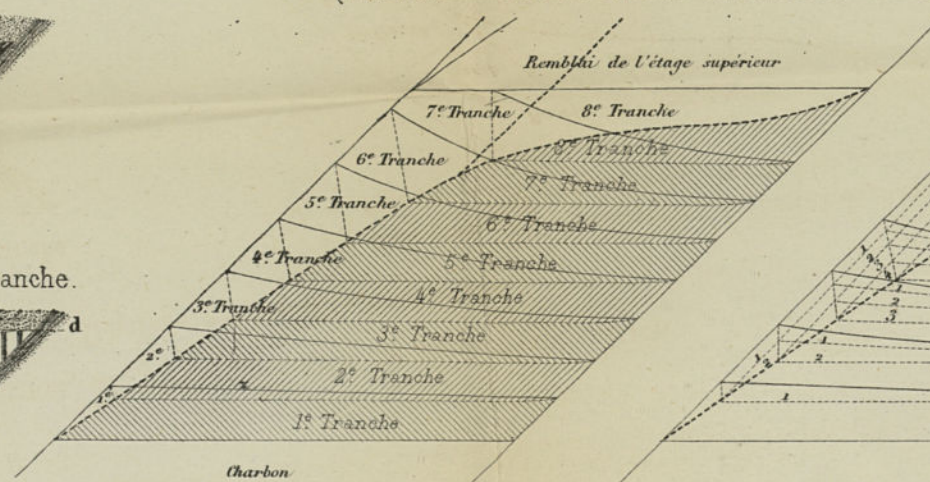


Fig 6. 8^e tranche.



Echelle de 1/666 pour les fig. 3, 4, 5 et 6.

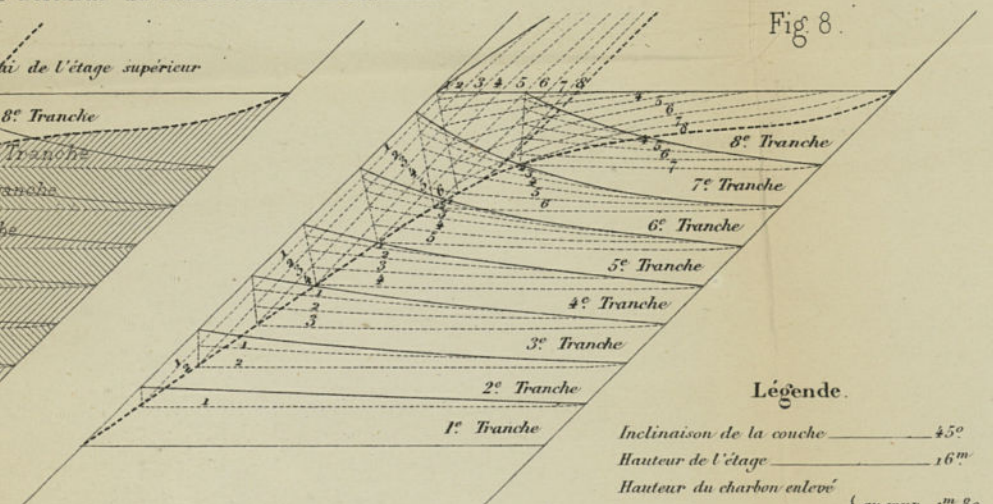
Fig 7 { Traits pleins—Position primitive du charbon de chaque tranche.
Hachures—Volume définitif du remblai id.



Echelle de 1/333 pour les fig. 7 et 8.

Epure des mouvements successifs produits par l'enlèvement de chaque tranche.

Fig 8.



Echelle de 9^{mm} p. mètr. pour les fig. 1 et 2

Légende.

- Inclinaison de la couche — 45°
- Hauteur de l'étage — 16^m
- Hauteur du charbon enlevé par chaque tranche. — { au mur 1^m 80
au toit 2^m 66
- En 7^e et 8^e tranches le toit est remplacé par les remblais de l'étage supérieur.

