

ADMINISTRATION DES MINES - BESTUUR VAN HET MIJNWEZEN

Annales des Mines

DE BELGIQUE



Annalen der Mijnen

VAN BELGIE

P 1273



REDACTION

— LIEGE, 7, boulevard Frère-Orban —

REDACTIE

**INSTITUT NATIONAL DE
L'INDUSTRIE CHARBONNIÈRE**

**NATIONAAL INSTITUUT VOOR
DE STEENKOLENNIJVERHEID**

NOVEMBRE 1952

NOVEMBER 1952

COMITE DE PATRONAGE

- MM. L. BRACONIER, Administrateur-Directeur-Gérant de la S. A. des Charbonnages de la Grande Bacnure, à Liège.
L. CANIVET, Président de l'Association Charbonnière des Bassins de Charleroi et de la Basse-Sambre, à Bruxelles.
E. CHAPEAUX, Président de la Fédération de l'Industrie des Carrières, à Bruxelles.
P. CULOT, Délégué à l'Administration des Charbonnages de la Brufina, à Hautrage.
P. DE GROOTE, Ancien Ministre, Président de l'Université Libre de Bruxelles, à Uccle.
L. DEHASSE, Président de l'Association Houillère du Couchant de Mons, à Mons.
A. DELATTRE, Ancien Ministre, à Paturages.
A. DELMER, Secrétaire Général Honoraire du Ministère des Travaux Publics, à Bruxelles.
L. DENOEL, Professeur à l'Université de Liège, à Liège.
N. DESSARD, Président de l'Association Charbonnière de la Province de Liège, à Liège.
A. DUFRASNE, Directeur-Gérant Honoraire de la S. A. des Charbonnages de Winterslag, à Bruxelles.
P. FOURMARIER, Professeur à l'Université de Liège, à Liège.
L. GREINER, Président d'Honneur du Groupement des Hauts Fourneaux et Acières Belges, à Bruxelles.
A. HALLEUX, Professeur à l'Université Libre de Bruxelles, à Bruxelles.
M. LASSALLE, Président de la Fédération de l'Industrie du Gaz, à Bruxelles.
P. MAMET, Président de la Fédération Professionnelle des Producteurs et Distributeurs d'Electricité de Belgique, à Bruxelles.
A. MEILLEUR, Administrateur-Délégué de la S. A. des Charbonnages de Bonne Espérance, à Lambusart.
I. ORBAN, Administrateur-Directeur Général de la S. A. des Charbonnages de Mariemont-Bascoup, à Bruxelles.
E. SOUPART, Administrateur-Délégué de la S. A. des Charbonnages de Tamines, à Tamines.
E. STEIN, Président de l'Association Charbonnière du Bassin de la Campine, à Hasselt.
R. TONGLET, Président de l'Union des Producteurs Belges de Chaux, Calcaires, Dolomies et Produits Connexes (U.C.C.D.), Soc. Coop., à Sclayn.
R. TOUBEAU, Professeur d'Exploitation des Mines à la Faculté Polytechnique de Mons, à Mons.
P. van der REST, Président du Groupement des Hauts Fourneaux et Acières Belges, à Bruxelles.
J. VAN OIRBEEK, Président de la Fédération des Usines à Zinc, Plomb, Argent, Cuivre, Nickel et autres Métaux non ferreux, à Bruxelles.
O. VERBOUWE, Directeur Général Honoraire des Mines, à Uccle.

BESCHERMEND COMITE

- HH. L. BRACONIER, Administrateur-Directeur-Gérant van de N. V. « Charbonnages de la Grande Bacnure », te Luik.
L. CANIVET, Voorzitter van de Vereniging der Kolenmijnen van het Bekken van Charleroi en van de Beneden Samber, te Brussel.
E. CHAPEAUX, Voorzitter van het Verbond der Groeven, te Brussel.
P. CULOT, Afgevaardigde bij het Beheer van de Steenkolenmijnen van de Brufina, te Hautrage.
P. DE GROOTE, Oud-Minister, Voorzitter van de Vrije Universiteit Brussel, te Ukkel.
L. DEHASSE, Voorzitter van de Vereniging der Kolenmijnen van het Westen van Bergen, te Bergen.
A. DELATTRE, Oud-Minister, te Paturages.
A. DELMER, Ere Secretaris Generaal van het Ministerie van Openbare Werken, te Brussel.
L. DENOEL, Hoogleraar aan de Universiteit Luik, te Luik.
N. DESSARD, Voorzitter van de Vereniging der Kolenmijnen van de Provincie Luik, te Luik.
A. DUFRASNE, Ere Directeur-Gérant van de N. V. der Kolenmijnen van Winterslag, te Brussel.
P. FOURMARIER, Hoogleraar aan de Universiteit Luik, te Luik.
L. GREINER, Ere-Voorzitter van de « Groupement des Hauts-Fourneaux et Acéries Belges », te Brussel.
A. HALLEUX, Hoogleraar aan de Vrije Universiteit Brussel, te Brussel.
M. LASSALLE, Voorzitter van het Verbond der Gasnijverheid, te Brussel.
P. MAMET, Voorzitter van de Bedrijfsfederatie der Voortbrengers en Verdelers van Electriciteit in België, te Brussel.
A. MEILLEUR, Afgevaardigde-Beheerder van de N. V. « Charbonnages de Bonne Espérance », te Lambusart.
I. ORBAN, Administrateur-Directeur Generaal van de N. V. « Charbonnages de Mariemont-Bascoup », te Brussel.
E. SOUPART, Afgevaardigde-Beheerder van de N. V. « Charbonnages de Tamines », te Tamines.
E. STEIN, Voorzitter van de Kolenmijn-Vereniging van het Kempisch Bekken, te Hasselt.
R. TONGLET, Voorzitter der Vereniging der Belgische Voortbrengers van Kalk, Kalksteen, Dolomiet en Aanverwante Producten (U.C.C.D.), S. V., te Sclayn.
R. TOUBEAU, Hoogleraar in de Mijnbouwkunde aan de Polytechnische Faculteit van Bergen, te Bergen.
P. van der REST, Voorzitter van de « Groupement des Hauts-Fourneaux et Acéries Belges », te Brussel.
J. VAN OIRBEEK, Voorzitter van de Federatie der Zink-, Lood-, Zilver-, Koper-, Nikkel- en andere non-ferro Metalenfabrieken te Brussel.
O. VERBOUWE, Ere Directeur Generaal der Mijnen, te Ukkel.

COMITE DIRECTEUR

- MM. A. MEYERS, Directeur Général des Mines, à Bruxelles, Président.
J. VENTER, Directeur de l'Institut National de l'Industrie Charbonnière, à Liège, Vice-Président.
H. ANCIAUX, Inspecteur Général des Mines, à Wemmel.
P. DELVILLE, Directeur Général à la Société « Evence Coppée et Cie », à Bruxelles.
C. DEMEURE de LESPALU, Professeur d'Exploitation des Mines à l'Université Catholique de Louvain, à Sirault.
P. GERARD, Directeur divisionnaire des Mines, à Hasselt.
M. GUERIN, Inspecteur Général des Mines, à Liège.
H. LABASSE, Professeur d'Exploitation des Mines à l'Université de Liège, à Embourg.
R. LEFEVRE, Directeur divisionnaire des Mines, à Jumet.
M. NOKIN, Directeur à la Société Générale de Belgique, à Bruxelles.

BESTUURSCOMITE

- HH. A. MEYERS, Directeur Generaal van het Mijnwezen, te Brussel, Voorzitter.
J. VENTER, Directeur van het Nationaal Instituut voor de Steenkolennijverheid, te Luik, Onder-Voorzitter.
H. ANCIAUX, Inspecteur Generaal der Mijnen, te Wemmel.
P. DELVILLE, Directeur Generaal bij de Vennootschap « Evence Coppée et Cie », te Brussel.
C. DEMEURE de LESPALU, Hoogleraar in de Mijnbouwkunde aan de Katholieke Universiteit Leuven, te Sirault.
P. GERARD, Afdelingsdirecteur der Mijnen, te Hasselt.
M. GUERIN, Inspecteur Generaal der Mijnen, te Luik.
H. LABASSE, Hoogleraar in de Mijnbouwkunde aan de Universiteit Luik, te Embourg.
R. LEFEVRE, Afdelingsdirecteur der Mijnen, te Jumet.
M. NOKIN, Directeur bij de « Société Générale de Belgique », te Brussel.

ANNALES
DES MINES
DE BELGIQUE

ANNEE 1952.
Tome LI. — 6^e livraison.

ANNALEN
DER MIJNEN
VAN BELGIE

JAAR 1952.
Boekdeel LI. — 6^e aflevering.

INSTITUT NATIONAL DE
L'INDUSTRIE CHARBONNIERE

NATIONAAL INSTITUUT VOOR
DE STEENKOLENNIJVERHEID

Sommaire — Inhoud

Renseignements statistiques belges et des pays limitrophes	742	
INSTITUT NATIONAL DE L'INDUSTRIE CHARBONNIERE		
Compte rendu de la Conférence « Emploi et valorisation de la houille » (D.K.B.L., Essen - novembre 1951) :		
W. PUFF. — Obtention de gaz pauvre par gazéification des déchets de préparation des charbons (Traduction adaptée)	747	
F. NISTLER. — Voies nouvelles de la production de gaz pauvre à partir des houilles (Traduction adaptée)	753	
NOTES DIVERSES		
J. FRIPIAT, H. CALLUT et J. STASSEN. — Lutte contre les poussières (Bassin de Liège).	758	
R. C. COREY et J. W. MYERS. — Utilisation des charbons de faible valeur pour la production de l'énergie aux États-Unis d'Amérique. — Traduit par L. DENOEL	780	
MATERIEL MINIER. — (Notes rassemblées par INICHAR) : Soutènement marchant (Iron and Coal T. R.) — Appareil enregistreur de convergence J. Davis et Fils (Iron and Coal T. R.) — Nouveautés concernant les rouleaux pour convoyeurs à courroie (Équipement mécanique). — Nouveautés concernant le nettoyage des berlines (G. Alberts). — Marteaux-piqueurs à pulvérisation d'eau. — Amélioration des marteaux-piqueurs du type sans emmanchement. — Masque de protection contre l'oxyde de carbone (R. Freitag). — Transport de blessés en lieux difficiles (Pact). — Béton Ocrat résistant à l'acide (Ocriet)	799	
S. L. SIK. — Nouveautés dans le fonçage des puits par congélation. — Traduit par L. DENOEL	809	
MINISTRY OF FUEL AND POWER. — Rapport du Fuel Research Board pour la période de 1949 à 1950. — Traduction résumée par INICHAR	817	
R. A. ACTON TAYLOR. — Transport hydraulique du charbon. — Traduit par L. DENOEL	828	
G. COPPA ZUCCARI. — Nouvelles d'Italie	833	
STATISTIQUES		
G. H. MARCHAL. — Bilan énergétique de la Belgique. — Année 1950	836	
BIBLIOGRAPHIE		849
COMMUNIQUES		854

Reproduction, adaptation et traduction autorisées en citant le titre de la Revue, la date et l'auteur.

BASSINS MINIERES	Production nette (Tonnes)	Consommation propre et distribution de charbon gratuit au personnel (tonnes)	Stock (tonnes)	Journées d'extraction	PERSONNEL													Grisou capté et valorisé (3)		
					Nombre moyen d'ouvriers				Indices (1)				Rendement Kg		Présences %		Mouvement de la main-d'œuvre (2)			
					à veine	Taille	Fond	Fond et surface	Veine	Taille	Fond	Fond et surface	Fond	Fond et surface	Fond	Fond et surface	Belge		Etrangère	Totale
Borinage	355.170	31.040	221.981	22,5	2.956	6.938	16.431	22.573	0,19	0,44	1,07	1,50	935	667	72,0	74,7	-156	-211	-367	658.539
Centre	288.123	28.854	245.744	23,1	2.064	5.182	11.993	16.786	0,17	0,42	0,98	1,40	1020	714	76,9	78,9	+ 6	- 29	- 23	1.282.477
Charleroi	537.772	45.191	317.892	23,1	4.673	9.541	22.195	31.987	0,20	0,41	0,98	1,44	1020	694	76,6	79,2	-131	-413	-544	1.384.772
Liège	346.990	29.159	109.532	21,6	2.995	7.565	18.140	24.910	0,19	0,47	1,17	1,64	855	610	68,7	71,2	- 76	-115	-191	—
Campine	755.248	58.832	694.412	24,7	4.713	9.631	23.370	32.452	0,15	0,32	0,77	1,09	1299	917	77,7	80,9	+ 95	-299	-204	—
Royaume	2.283.304	194.076	1.589.561	23,2	17.334	38.584	91.505	127.860	0,18	0,39	0,96	1,36	1042	735	74,5	77,3	-262	-1067	-1329	3.325.788
1952 Juillet	2.143.272	181.634	1.544.438	21,6	17.553	39.241	93.011	130.383	0,18	0,40	0,96	1,38	1042	725	66,3	69,8	-587	-3037	-3624	3.525.617
Juin	2.328.042	194.958	1.349.002	22,6	18.536	41.383	97.048	134.992	0,18	0,40	0,96	1,36	1042	735	76,5	79,6	-269	- 472	-741	3.476.237
Mai	2.622.438	209.144	1.136.208	24,8	18.924	42.606	99.160	137.227	0,18	0,40	0,96	1,34	1042	746	82,0	84,6	-459	- 36	-495	3.253.507
1951 Août	2.406.990	205.137	224.076	24,6	17.353	39.404	92.175	129.759	0,18	0,40	0,96	1,37	1042	730	76,8	79,7	-624	+1156	+532	—
1951 Moy. mensuelle .	2.472.141	225.528	224.787(4)	24,4	17.826	39.919	94.419	132.962	0,17	0,39	0,95	1,35	1054	741	79,6	82,3	-503	+1235	+732	—
1950 » »	2.275.365	226.592	1.037.994(4)	23,8	17.972	—	92.154	133.320	0,19	—	0,99	1,44	1013	694	78	81	-418	- 514	-932	—
1949 » »	2.321.167	232.463	1.804.770(4)	24,0	19.890	—	103.290	146.622	0,20	—	1,08	1,55	926	645	—	81,33	—	—	—	—
1948 » »	2.224.261	229.367	840.340(4)	24,4	19.519	—	102.081	145.366	0,21	—	1,14	1,64	878	610	—	85,88	—	—	—	—
1938 » »	2.455.404	255.141	2.227.260(4)	24,2	18.739	—	11.945	131.241	0,18	—	0,92	1,33	1085	752	—	—	—	—	—	—
1913 » »	1.903.466	187.143	955.890(4)	24,1	24.844	—	105.921	146.084	0,31	—	1,37	1,86	731	538	—	—	—	—	—	—
Sem. du 13 au 19-10-52	605.449	—	1.671.411	6	19.595	—	94.704	131.290	0,19	—	0,95	1,33	1051	753	80,6	83,4	—	—	—	—

(1) Nombre de journées d'extraction divisé par la production correspondante, soit l'inverse du rendement exprimé en t. (2) Différence entre les nombres d'ouvriers inscrits au début et à la fin du mois. (3) En m³ de gaz à 8.500 cal., 0°C et 760 mm de mercure. (4) Stock fin décembre.

BASSINS MINIERES	Secteur domestique	Administrations publiques	Cokeries, Usines à gaz Agglomérés	Centrales électriques	Sidérurgie	Constructions métalliques	Métaux non-ferreux	Produits chimiques	Chemins de fer et vicinaux	Textiles	Industries alimentaires	Cimenteries	Carrières et industries dérivées	Papeteries	Autres Industries	Exportations	Total du mois
Borinage	61.851	310	102.802	38.629	4.288	720	—	6.287	25.504	2.575	8.362	35.721	8.748	163	8.405	17.607	321.976
Centre	49.312	1.010	61.207	30.665	8.668	2.405	—	7.892	25.346	3.247	4.936	20.616	3.172	1.805	6.473	24.391	251.205
Charleroi	116.339	6.955	78.808	94.826	5.111	3.381	2.205	11.437	10.826	3.079	10.721	16.563	21.729	9.446	14.642	53.606	499.674
Liège	117.024	2.846	45.111	68.181	2.869	751	13.110	2.930	6.461	2.280	7.700	2.972	9.417	981	9.977	30.474	323.084
Campine	78.630	75	354.947	8.788	4.751	7.187	5.682	2.889	56.771	520	4.628	8.277	20.199	40	9.346	86.813	649.543
Royaume	463.156	11.196	642.875	241.089	25.687	14.504	20.997	31.435	124.908	11.701	36.347	84.149	63.265	12.435	48.843	212.891	2.045.478
1952 Juillet	361.885	11.977	588.787	198.888	22.860	10.545	24.319	30.952	88.258	9.937	32.415	68.751	54.207	6.632	41.454	215.041	1.766.908
Juin	353.310	13.765	651.269	210.719	28.868	11.867	24.438	32.532	110.389	12.891	28.550	78.484	62.862	9.528	44.760	248.055	1.922.287
Mai	326.445	16.076	673.355	258.809	35.067	14.735	32.055	36.708	119.070	11.165	25.630	74.833	61.466	10.255	51.031	246.483	1.993.183
1951 Août	532.530	10.715	660.905	267.172	42.086	15.420	40.633	45.657	118.770	19.582	45.559	79.274	76.718	18.175	73.204	150.820	2.198.586
1951 Moy. mens. (1)	573.550	12.613	665.427	322.894	42.288	20.098	35.737	49.347	125.216	28.243	33.075	87.057	77.036	21.377	80.279	141.475	2.319.813

GENRE	Fours en activité		Charbon d'enfournement (t)			Huiles combustibles	COKE (t)										Ouvriers occupés					
	Batteries	Fours	Belge	Etranger	Total		Production			Consommation propre	Distribution gratuite au personnel	Débit						Stock en fin de mois				
							Gros coke plus de 80 mm	Autres	Total			Secteur domestique	Administrations publiques	Sidérurgie	Centrales électriques	Usines à gaz			Chemins de fer	Autres secteurs	Exportations	Total
Métallurgiques	22	8.11	126.782	28.260	355.042	—	208.790	62.740	271.530	1.530	1.521	2.746	142	239.736	—	—	231	8.675	2.573	265.624	41.127	2.133
Autres	20	623	251.946	49.043	302.989	13	164.232	68.624	232.856	8.486	844	6.378	1.304	87.872	85	99	811	29.711	106.410	233.514	77.953	2.687
Le Royaume	42	1.477	580.728	77.303	658.031	13	373.022	131.364	504.386	10.016	2.365	9.124	1.446	327.608	85	99	1.042	38.386	118.983	499.138	119.080	4.820
1952 Juillet	43	1.477	574.767	89.380	664.147	54	374.229	134.461	508.690	10.504	1.878	7.385	2.094	333.054	378	—	1.062	35.735	114.737	496.323	123.848	4.823
Juin	42	1.477	572.618	102.932	675.550	77	379.930	138.024	517.954	12.770	2.065	6.918	3.158	348.760	327	547	717	43.179	67.395	473.036	121.986	4.856
Mai	42	1.480	597.609	112.561	710.170	148	395.961	148.737	544.698	12.341	1.685	13.802	7.937	359.706	544	592	927	58.341	60.479	496.011	89.838	4.849
1951 Août	41	1.448	551.359	135.140	686.499	218	410.506	125.990	536.496	16.057	2.977	14.359	2.016	378.475	1.622	112	1.340	54.989	66.162	522.052	75.623	4.631
1951 Moy. mens. (1)	40	1.462	538.325	121.596	659.921	1.003	385.851	123.001	508.852	18.998	3.498	16.295	2.968	364.833	1.299	301	1.904	55.968	40.684	487.752	67.270 (2)	4.613
1950 »	42(3)	1.497(3)	481.685	20.862	508.547	14.870(4)	297.005	86.167	383.172	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.169
1949 »	41	1.532	487.757	86.436	574.193	992	315.740	103.825	419.565	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.635
1948 »	47	1.510	454.585	157.180	611.765	—	373.488	95.619	469.107	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.463
1938 »	56	1.664	399.063	158.763	557.826	—	—	—	366.243	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.120
1913 »	—	2.898	233.858	149.621	383.479	—	—	—	293.583	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4.229

(1) Chiffres provisoires. (2) Stock fin décembre. (3) Pendant tout ou partie de l'année. (4) en hl.

GENRE	GAZ (en 1.000 m3) (1)						SOUS-PRODUITS (t)					Production (t)										Matières premières (t)					Ouvriers occupés				
	Production	Consommation propre	Débit				Braï	Goudron brut	Ammoniaque (en sulfate)	Benzol	Huiles légères	Boulets	Briques	Totale	Consommation propre + Distribution gratuite au personnel	Charbon	Braï	Rapport Braï Production en %	Ventes et cessions +	Stock (fin du mois) +	Ouvriers occupés										
			Synthèse	Sidérurgie	Autres industries	Distributions publiques																									
Métallurgiques	116.812	70.300	16.361	42.420	214	25.954	1.153	8.699	3.269	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Autres	108.182	53.186	51.048	—	2.103	34.063	897	7.821	2.687	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Le Royaume	224.994	123.486	67.409	42.420	2.317	60.017	2.050	16.520	5.956	1.352(2)	15(1)(2)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
1952 Juillet	227.395	127.785	71.061	40.289	2.258	57.959	1.778	16.610	6.084	1.822(3)	1767(3)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Juin	233.037	127.240	73.611	41.441	2.106	61.172	1.919	17.536	6.262	810(4)	2019(4)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Mai	244.696	134.811	74.859	47.853	4.983	64.740	2.479	18.004	6.421	1.048(5)	2219(5)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1951 Août	234.979	130.404	73.145	43.565	4.593	61.981	2.291	17.378	6.298	2.566	1795	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1951 moy. mens. (1)	231.719	129.281	68.913	42.906	4.975	63.218	2.223	16.861	5.997	2.282	1703	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1950 »	196.979	126.600	(6)	(6)	(6)	(6)	1.844	13.909	4.764	3.066	632	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1949 »	185.659	140.644	(6)	(6)	(6)	(6)	1.614	15.129	5.208	3.225	1312	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1948 »	90.208(7)	(6)	(6)	(6)	(6)	(6)	—	16.053	5.624	4.978	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1938 »	75.334(7)	(6)	(6)	(6)	(6)	(6)	—	14.172	5.186	4.635	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1952 Août	61.238	45.866	107.104	1.596	82	92.491	8.567	8.00	103.270	31.952	648	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Juillet	40.163	36.396	76.559	1.266	87	72.075	6.157	8.04	72.929	29.796	641	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Juin	52.828	49.771	102.599	1.297	64	96.654	8.394	8.18	97.698	27.519	640	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Mai	50.353	56.463	106.816	1.644	85	98.259	8.802	8.24	100.472	23.979	665	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1951 Août	71.916	57.974	129.890	1.269	75	119.875	11.048	8.51	127.948	6.469	698	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1951 moy. mens. (1)	86.180	63.971	150.151	1.609	95	138.220	12.895	8.59	148.498	4.990(2)	718	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1950 »	38.898	46.079	84.977	2.488	377	78.180	7.322	8.62	85.999	—	552	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1949 »	20.574	44.702	65.276	1795	—	60.240	5.558	8.52	63.697	—	462	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1948 »	27.014	53.834	80.848	—	—	74.702	6.625	8.19	—	—	563	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1938 »	39.742	102.948	142.690	—	—	129.737	12.918	9.05	—	—	873	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1913 »	—	—	217.387	—	—	197.174	—	—	—	—	1911	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

(1) Ramenés à 4.250 calories, 0° et 760 mm Hg. (2) Juillet 1952. (3) Juin 1952. (4) Mai 1952. (5) Avril 1952. (6) Non recensés. (7) Non utilisé à la fabrication.

(1) Chiffres provisoires. (2) Stock fin décembre. (3) Chiffres rectifiés.

BELGIQUE

BOIS DE MINES

AOÛT 1952.

BELGIQUE

BRAI

AOÛT 1952.

PERIODE	Quantités reçues m³			Consommation (y compris les export.) m³	Stock m³	Quantités reçues †			Consommation totale †	Stock †	Exportations †
	Origine indigène	Importation	Total			Origine indigène	Importation	Total			
1952 Août . . .	85 117	17.402	102 519	85.607	879.868	3.554	295	3 849	8.474	52.709	128
Juillet . . .	99.718	43.874	143.592	88.582	852.252	2.623	215	2.838	6.118	57.334	1 280
Juin . . .	92 709	44.195	142.905	84.427	784 843	1.457	320	1.777	8.268	60.614	3.076
Mai . . .	97.918	41.787	139.705	94 543	717.371	3.180	835	4.015	8.525	67.105	2.116
1951 Août . . .	87.802	81.276	169.084	92.834	446.964	5.198	3.514	8.712	10.657	12.136	278
1951 Moy. mens. .	64.936	30.131	95.067	93.312	643.662(1)	6.394	5.394	11.788	12.722	20.114(1)	208
1950 » »	62.036	12.868	74.904	90.209	570.013(1)	5 052	1 577	6.629	7.274	31.325(1)	1 794
1949 » »	75.955	25.189	101.144	104.962	727.491(1)	2.962	853	3.815	5.156	39.060(1)	453

(1) Stock fin décembre.

(1) Stock fin décembre.

BELGIQUE

METAUX NON FERREUX ET ALLIAGES

JUILLET 1952.

PERIODE	Produits bruts (1 ^{re} et 2 ^e fusions)							Demi-produits		Ouvriers occupés	
	Cuivre †	Zinc †	Plomb †	Etain †	Aluminium †	Antimoine, Cadmium, Cobalt, Nickel, etc. †	Total †	Argent, or, platine, etc. kg	A l'exception des métaux précieux †		Argent, or, platine, etc. kg
1952 Juillet (1) .	12.681	14.660	5.514	791	120	264	34.030	25.473	10.277	1.250	15.885
Juin (2) . . .	12 748	15.279	6.251	843	132	298	35.551	24.507	13 261	1 714	16.003
Mai . . .	11.736	16.406	6 399	1.018	120	352	36.031	23.303	13.891	1.667	16.256
Avril . . .	11.519	16.458	6.154	1.040	125	364	35.660	22.120	13.279	2.310	16.571
1951 Juillet . . .	11.344	16 943	6.491	851	113	476	36.218	24.874	14 052	1.462	16.650
1951 Moy. mens. .	11.846	16.741	5.887	835	117	407	35.833	23.065	16.470	1.875	16.647
1950 » »	11.437	14.777	5.175	864	141	391	32.785	19 512	13.060	1.788	15.053

N.B. — Pour les produits bruts : moyennes trimestrielles mobiles. Pour les demi-produits : valeurs absolues.

(1) Chiffres provisoires. (2) Chiffres rectifiés.

BELGIQUE

SIDER

PERIODE	Hauts fourneaux en activité	PRODUCT								
		Produits bruts			Produits demi-finis (1)		Produits			
		Fonte	Acier	Fer de masse	Pour relamineurs belges	Autres	Aciers marchands (2)	Profils et zores (1 et U de plus de 80 mm)	Rails et accessoires	Fil machine
1952 Août (3) . . .	46	329.461	338.210	4.382	30.128	19.201	107.768	21.823	4 745	24.793
Juillet (4) . . .	43	347.745	346.354	3.343	32.223	25.234	93.834	16.396	7.651	26.725
Juin . . .	48	380.729	390.964	4.393	37.433	26.773	110.446	21.237	6.840	31.318
Mai . . .	48	401.714	421.781	4.190	39.337	20.702	126.595	18.492	8.833	31.910
1951 Août . . .	49	412.845	428.932	5 198	66.689	11.138	111.832	19.348	13.476	36.602
1951 Moy. mensuelle .	49	403.938	416.999	5.433	56 785	14.177	117.691	19.299	8.881	37.671
				Fers finis				Profils (80 mm et plus, zores)	Rails, access- soires, traverses	
1950 Moy. mensuelle .	39	367.898	311.038	3.584	70 503		91.952	14.410	10.667	36 008
1949 moy. mensuelle .	40	312.441	315.203	2.965	58.052		91.460	17 286	10.370	29.277
							Aciers marchands et rods (2)	Profils spéciaux et poutrelles		Verges
1948 » »	43	327.416	321.509	2.573	61.951		70.980	39.383	9.853	28.979
1938 » »	45	202.177	184.369	3.524	37.839		43.200	26.010	9.337	10 603
							Aciers mar- chands (2)			Verges et aciers serpentés
1913 » »	54	207.058	200.398	25.363	127.083		51.177	30.219	28.489	11.852

(1) Qui ne seront pas traités ultérieurement dans l'usine qui les a produits. (2) Non compris l'acier moulé.

(3) Chiffres provisoires. (4) Chiffres rectifiés.

IMPORTATIONS					EXPORTATIONS			
Pays d'origine Période Répartition	Charbons t	Cokes t	Agglomérés t	Lignites t	Destination	Charbons t	Cokes t	Agglomérés t
Allemagne Occid.	27.127	—	—	3.970	Allemagne	3.265	47.348	—
Etats-Unis d'Amérique	57.506	—	—	—	Autriche	—	95	—
France	6.124	—	8	—	Congo Belge	200	11	—
Grande-Bretagne	12.582	—	—	—	Danemark	10.109	22.728	790
Pays-Bas	2.367	—	—	545	Finlande	6.961	—	—
Total Août 1952	105.706	—	8	4.515	France	97.027	19.247	12.145
1952 Juillet	94.431	—	19	4.025	Grande-Bretagne	—	2.193	—
Juin	129.642	—	31	4.740	Gd-D. Luxembourg	1.455	9.075	815
Mai	106.702	—	23	4.131	Italie	79.030	—	835
1951 Août	176.005	—	29	8.883	Norvège	—	2.132	—
moy. mens.	128.811	633	23	8.335	Pays-Bas	13.635	—	10.613
					Suisse	1.533	4.984	345
					Yougoslavie	—	10.669	—
					Autres pays	—	501	—
					Total Août 1952	213.215	118.983	25.543
Répartition :					1952 Juillet	215.255	109.581	18.885
1) Secteur domestique.	3.553	—	8	3.760	Juin	250.896	67.365	35.134
2) Secteur industriel.	97.153	—	—	755	Mai	253.979	60.479	31.755
					1951 Août	148.708	64.590	31.270
					moyenne mens.	144.030	40.373	27.613

PRODUCTION (T)									Ouvriers occupés
finis									
Tôles fortes 4,76 mm et plus	Tôles moyennes 3 à 4,75 mm	Larges plats	Tôles fines noires	Tôles galvanisées, plombées, et étamées	Feuillards, bandes à tubes, tubes sans soudure	Divers	Total	Tubes soudés	
37.326	5.573	3.175	24.131	11.377	17.082	3.790	261.583	2.495	48.630
33.897	4.743	3.148	23.290	11.738	15.965	3.389	240.776	2.235	49.015
34.386	6.8	3.936	32.754	10.216	22.089	4.336	284.445	2.195	49.111
39.460	5.650	3.090	36.936	9.958	27.421	6.546	313.891	2.329	49.524
36.123	5.727	2.194	54.899	8.292	33.680	5.528	327.701	3.925	50.375
34.561	6.822	2.564	44.740	14.423	32.392	4.925	323.969	3.628	49.755
			Tôles minces, tôles fines, tôles magnétiques						
24.476	6.456	2.109	22.857	11.094	20.949	2.878	243.858	1.981	43.428
30.715	5.831	3.184	23.449	9.154	23.097	3.526	247.349	—	40.506
			Tôles fines	Tôles galva- nisées	Feuillards et tubes en acier				
Grosses tôles	Tôles moyennes								
28.780	12.140	2.818	18.194	10.992	30.017	3.589	255.725	—	38.431
16.460	9.084	2.064	14.715	—	13.958	1.421	146.852	—	33.024
19.672	—	—	9.883	—	—	3.530	154.822	—	35.200

PRODUCTION	Unités	Juliet	Jun	Juliet	Moyenne	PRODUCTION	Unités	Juliet	Jun	Juliet	Moyenne
		1952 (a)	1952 (b)	1951	mensuelle 1951			1952	1952	1951	mensuelle 1951
PORPHYRE :						PRODUITS DE DRA-					
Moellons	t	731	794	362	944	GAGE : Gravier	t	74.683	82.081	97.632	88.309
Concassés	t	318.774	316.476	278.150	243.311	Sable	t	14.476	16.613	14.551	13.304
Pavés et mosaïques.	t	5.986	6.663	6.184	7.057	CALCAIRES :	t	136.930	156.113	216.473	195.831
PETIT-GRANIT :						CHAUX :	t	109.202	121.929	132.897	140.289
Extrait	m ³	14.225	17.173	14.870	16.129	PHOSPHATES	t	2.754	2.382	8.775	10.755
Scié	m ³	5.561	5.991	5.067	5.432	CARBONATES NATUR.					
Façonné	m ³	1.212	1.497	1.202	1.582	(Craie, marne, tuf- feau)	t	16.106	15.468	13.653	18.630
Sous-produits	m ³	13.207	15.397	14.642	15.530	CARBON. DE CHAUX					
MARBRES :						PRECIPITES	t	4.752	1.900	6.120	5.960
Blocs équarris	m ³	456	575	681	690	CHAUX HYDRAULI-					
Tranches ramenées à 20 mm	m ²	35.363	40.983	38.042	45.329	QUE ARTIFICIELLE	t	1.377	1.744	1.454	1.206
Moellons et concas- sés	t	3.978	3.850	8.440	6.393	DOLOMIE : Crue	t	22.817	5.182	19.647	15.979
Bimbeloterie	Kg	44.615	50.339	28.255	36.205	Frittée	t	16.426	14.305	13.926	13.987
GRES :						PLATRE :	t	2.139	2.291	1.972	2.329
Moellons bruts	t	22.464	22.181	19.086	20.717	AGGLOM. PLATRE	m ²	96.333	105.967	140.236	85.804
Concassés	t	128.749	133.091	115.874	117.636						
Pavés et mosaïques.	t	2.536	2.526	2.370	2.723						
Divers taillés	t	5.510	5.360	3.527	4.095						
SABLE :						SILEX : Broyé	t	2.504	1.622	1.287	502
pour métallurgie	t	44.121	48.874	49.109	52.774	Pavés	t	1.447	1.024	1.501	434
pour verrerie	t	40.638	35.057	49.234	55.114	FELDSPATH & GALETs	t	376	310	277	109
pour construction	t	113.182	126.066	114.380	117.553	QUARTZ et QUARTZITs	t	45.343	24.649	34.977	10.411
Divers	t	35.877	42.376	40.471	42.773	ARGILES :	t	95.285	72.281	81.053	20.800
ARDOISE :											
pour toitures	t	817	938	900	1.010						
Schiste ardoisier	t	65	53	74	81						
Coticule (pierres à aiguiser)	Kg	3.585	5.445	4.310	5.354	Ouvriers occupés		16.840	16.918	17.443	17.376

(a) Chiffres provisoires. (2) Chiffres définitifs.

HOUILLE

PAYS ETRANGERS

DERIVES

PAYS	Production t		Nombre d'ouvriers inscrits		Rendement par journée d'ouvrier (kg)			Nombre de journées d'extraction	Absentéisme en %	COKES t	AGGLOMERES t
	Nette	Mar- chande	Fond	Fond et Surface	A front	Fond (2)	Fond et Surface				
France (1)											
Nord-Pas de Calais	2 221.050	—	96.897	139.420	—	1.228	814	23.36	25.36	353.437	278.830
Lorraine	921.983	—	24.063	35.464	—	1.984	1.289	23.01	24.39	22.177	11.313
Blanzv	187.894	—	6.682	9.962	—	1.530	980	22.02	28.26	—	15.318
Loire	285.034	—	11.639	16.730	—	1.273	855	23.21	27.49	23.586	17.364
Auvergne	84.364	—	4.094	5.698	—	1.151	783	22.08	29.23	—	13.900
Cévennes	224.950	—	10.835	16.263	—	1.155	734	23.60	31.29	—	95.958
Aquitaine	124.123	—	6.295	9.561	—	1.113	735	17.64	37.98	28.744	4.833
Dauphiné	40.795	—	1.854	2.751	—	1.098	730	24.00	21.03	—	5.175
Provence (L)	80.166	—	2.827	4.360	—	1.903	1.188	19.20	37.55	—	—
Hostens (L)	93.241	—	—	154	—	—	28.583	29.00	—	—	—
Autres mines (H et L)	48.798	—	2.342	3.288	—	—	—	—	—	—	2.937
Total France (H et L)	4.318.398	—	167.528	243.671	—	1.353	891	22.93	26.61	773.809(7)	590.472(7)
Sarre	1.342.744	—	38.318	58.776	—	1.612	1.035	24.91	15.24	334.432(7)	—
Total France et Sarre	5.661.142	—	205.846	302.447	—	1.407	922	23.30	—	1108.241(7)	590.472(7)
France (3)											
Nord-Pas de Calais	608.071	—	97.511	139.730	—	1.236	823	6	—	—	—
Lorraine	243.002	—	24.341	35.817	—	2.059	1.349	5,63	—	—	—
Blanzv	54.871	—	6.761	10.066	—	1.594	1.042	6	—	—	—
Loire	78.435	—	11.605	16.587	—	1.340	904	5,91	—	—	—
Autres mines	195.058	—	28.183	41.926	—	—	—	—	—	—	—
Total France	1.179.437	—	168.401	244.126	—	1.374	929	5,91	—	—	—
Sarre	331.834	—	38.409	59.314	—	1.660	1.054	6	—	—	—
Total France et Sarre	1.511.271	—	206.891	303.440	—	1.429	954	5,29	—	—	—
Pays-Bas (4)	965.057	—	29.925	51.912	—	1.587	—	24	—	204.306	74.362
Grande Bretagne											
Sem. du 20 au 27-9-52	—	4.598.900	—	719.500	3.150	—	1.210	—	12,68 ⁽⁵⁾	—	—
Sem. 28-9 au 4-10-52	—	4.503.700	—	719.300	3.150	—	1.200	—	12,46 ⁽⁵⁾	—	—
Allemagne (6)											
Ruhr	2.261.923	—	—	—	3.390	1.490	1.140	—	—	—	—
Aix-la-Chapelle	127.304	—	—	—	2.600	1.140	900	—	—	—	—
Basse-Saxe	48.037	—	—	—	2.490	1.200	880	—	—	—	—
TOTAUX	2.437.264	—	—	—	3.310	1.460	1.110	—	—	—	—

(1) Mois d'août 1952. — (2) Rendement calculé déduction faite des productions à ciel ouvert. — (3) Semaine du 12 au 18 octobre 1952. — (4) Mois de juin 1952. — (5) Sur l'ensemble des mineurs. — (6) Semaine du 6 au 12 octobre 1952. — (7) Y compris la production des usines non annexes des mines (France : 345.865 t de cokés et 144.844 t d'agglomérés ; Sarre : 275.932 t de cokés).

Emploi et valorisation de la houille

Conférence organisée à Essen le 6 novembre 1951
par la Deutsche Kohlenbergbau-Leitung.

RAPPORT PAR INICHAR (Suite) (1)

Obtention de gaz pauvre par gazéification des déchets de préparation des charbons

par Dipl. Ing. W. PUFF, Essen.

Traduction adaptée de « Glückauf » du 12 avril 1952, par INICHAR.

SAMENVATTING

Het blijkt mogelijk op economische wijze arm gas voort te brengen door de vergassing van de afval der kolenwasserijen en zelfs van een gedeelte van de afval der zevertijen.

Het voortgebrachte gas kan gebruikt worden voor de verwarming van cokes-ovens, hetgeen de besparing mogelijk maakt van een belangrijke hoeveelheid rijk gas.

De valorisatie van deze afval biedt nog andere voordelen; ze vergemakkelijkt de techniek van de mechanische verwerking der kolen door de toepassing van een oordeelkundige snede toe te laten bij het wassen. In een groot aantal gevallen laat ze tevens toe het wassen op twee producten toe te passen. Ze vermijdt tevens het ontstaan van steenstortbranden en laat de benutting toe van een product dat tot nu toe waardeloos en hinderlijk was.

RESUME

Il paraît possible de gazéifier économiquement, en vue de la production de gaz pauvre, les déchets de lavage du charbon, et même une partie des déchets de triage. Le gaz ainsi produit peut être utilisé, notamment pour la chauffe des fours à coke, ce qui libère une quantité intéressante de gaz riche. Cette valorisation des déchets de préparation mécanique apporte encore d'autres avantages; elle améliore la technique de préparation en permettant un placement judicieux de la coupure du lavage; elle permet, dans un grand nombre de cas, le lavage à deux produits. Elle supprime le danger d'incendie dans les terrils et constitue enfin une valorisation d'un produit qui, précédemment, était considéré comme sans intérêt.

Dans les charbonnages du Bassin de la Ruhr, la proportion des déchets de préparation des charbons est d'environ 20 % de la production brute; sur une production valorisable de 100 millions de tonnes, on dispose donc de 25 millions de tonnes de déchets de lavage et de triage. La possibilité de valoriser les deux tiers de ces déchets, qui tiennent 12 ou 13 % de carbone, conduirait à un sup-

plément de production de 2 millions de tonnes par an.

A une époque de pénurie de charbon, de gaz et de courant électrique, ces considérations sont à la base du développement intensif de la valorisation de ces sous-produits considérés jusqu'à présent comme sans valeur.

Il est possible de produire du gaz pauvre par la gazéification des déchets de la préparation des charbons. Cette gazéification doit nécessairement s'effectuer à proximité immédiate des installations de trai-

(1) Voir « Annales des Mines de Belgique », septembre 1952, p. 615-629.

tement, car le combustible ne pourrait supporter des frais de transport.

Le gaz pauvre produit peut être employé à divers usages :

1) le chauffage des fours à coke, d'où résulte une production supplémentaire de gaz riche, qui peut être envoyée dans le réseau de distribution du gaz de ville;

2) le chauffage des chaudières, et partant, la production d'énergie.

Depuis quelques dizaines d'années, les essais et les propositions n'ont pas manqué; mais les procédés laissent à désirer pour des raisons techniques ou économiques. C'est pourquoi, il nous a paru utile de passer en revue les différents éléments du problème de la gazéification des déchets de préparation : matières premières, possibilités techniques et rentabilité.

A. Les matières premières.

Les déchets de préparation proviennent pour les $\frac{3}{4}$ du lavage et, pour $\frac{1}{4}$, du triage. De ces derniers (déchets de triage); $\frac{1}{4}$ (ou plus s'ils sont concassés) est exploitable.

La nature des déchets de lavage (granulométrie de 0 à 80 mm) dépend de la précision de la coupure des appareils de lavage et, plus encore, de la position de la coupure.

Cette nature dépend de l'état d'avancement des techniques d'utilisation des déchets; s'il n'existe en effet aucune possibilité de les valoriser, il faut réduire au minimum leur teneur en charbon. Ceci implique qu'une part élevée des matières minérales doit se trouver dans les mixtes. Si l'on veut faire de ces mixtes un combustible convenant au chauffage des chaudières, il faut corrélativement augmenter leur teneur en charbon.

Le tableau I (première partie) donne un exemple de composition des mixtes et des déchets ou refus qui sont tous deux un mélange de charbon, de barrés et de schistes charbonneux, de schistes argileux et gréseux. Ces deux fractions sont toutes deux hétérogènes par suite de concentrations en carbone différentes de leurs constituants; mais, en plus, leur degré d'hétérogénéité lui-même varie par suite de la participation différente de chacun des constituants dans le mélange.

Tableau I.

Composition du combustible en fonction de la position de la coupure.

Echelon de densité	Partie de la production brute					
		5 % Mixte		15 % Refus		20 % Mélange «a»
< 1,5		27 %		1 %		7,5 %
1,5 — 1,8		42 %		5 %		13,0 %
> 1,8		31 %		96 %		79,5 %
	1,25 % Dans le charbon	1,75 % Mixte véritab.	2 % Dans le refus			17 % Mélange «b»
< 1,5	61 %	16 %	14 %			2,5 %
1,5 — 1,8	26 %	62 %	36 %			7,0 %
> 1,8	13 %	22 %	50 %			90,5 %

On a, d'une part, un combustible pour chaudière, relativement médiocre, à 40 % de cendre et, d'autre part, un refus dont la gazéification en gaz pauvre est à envisager.

Il semblerait, à première vue, que le mélange « a », obtenu en supprimant la séparation entre mixtes et refus, permette d'obtenir un produit qui, par sa teneur plus élevée en carbone, convienne mieux pour la gazéification que le refus. D'après les plus récentes recherches, ceci n'est pas toujours vrai. En

effet, les teneurs relativement élevées en charbon et en « mixtes » dans le mélange, font que le degré admissible d'hétérogénéité (ou la « limite d'hétérogénéité ») serait largement dépassé. Cela signifie qu'il existe des inégalités trop fortes dans les concentrations en carbone, et par suite, dans l'aptitude à réagir des trois composants du mélange. Il en découle un déroulement irrégulier de la réaction dans les couches de combustibles qui provoque, soit de trop grandes pertes en imbrûlés, soit une consommation trop faible de produits combustibles.

Au point de vue de la densité de ses éléments, le refus devrait être composé comme suit : 3 à 4% de substances de densité inférieure à 1,5 et 9 à 10 % entre 1,5 et 1,8. Mais la teneur en cendres moyenne n'est donc pas le seul point dont il faut se préoccuper dans la fabrication des mélanges; il importe aussi de considérer et de ne pas dépasser la « limite d'hétérogénéité ».

Dans l'exemple du tableau I (2^{me} partie), on a déplacé la coupure de telle façon que 40 % des anciens mixtes passent maintenant dans la fraction refus, tandis que 25 % passent dans le charbon.

Il reste donc de vrais mixtes dont la quantité équivaut à 35 % des anciens. Par mélange avec le refus, on obtient un mélange « b », respectant dans les deux cas les conditions imposées par la limite d'hétérogénéité.

On constate donc que la valorisation des résidus a fait évoluer la technique de préparation des charbons dans le sens d'un déplacement logique des coupures. Le tableau II fait apparaître que les diverses fractions sont obtenues par l'application d'un principe naturel qui permet de rester en dessous de la limite d'hétérogénéité.

Tableau II.

Participation théorique des fractions au point de vue densité dans les résultats de préparation.

Densité	< 1,5	1,5 — 1,8	> 1,8
Charbon	grande	petite	très petite
Mixtes	petite	grande	petite
Déchets ou refus	très petite	petite	grande

Ces considérations techniques relatives au traitement des déchets ont déjà été envisagées. La limite inférieure de la teneur en carbone, compatible avec une valorisation économique des déchets par gazéification, serait de 12 %; la limite supérieure se situe à 20 % de carbone par suite, d'une part, de la limite d'hétérogénéité et, d'autre part, du fait que, dans des refus plus riches en carbone, les mixtes n'existent qu'en quantité limitée.

D'ailleurs, il faut toujours s'attendre à des variations dans la teneur en carbone de déchets de préparation, variations plus ou moins importantes et dépendantes des conditions de travail; or, ce n'est pas de la moyenne des teneurs en carbone dont il faut tenir compte pour la gazéification, mais bien de la teneur inférieure; en effet, une quantité donnée de comburant ne peut convertir qu'une quantité donnée de carbone et on ne peut jamais travailler avec un excès de comburant.

Possibilités techniques.

Un procédé de gazéification des déchets de préparation mécanique est subordonné aux conditions fondamentales suivantes :

1) température de travail située en dessous du point d'agglomération des cendres; ceci pour éviter le plus possible les pertes de volume et ne pas augmenter la dureté des résidus, car les déchets dégazés sont utilisés habituellement pour le remblayage, le plus souvent pneumatique;

2) bilan thermique économique, obtenu par :

- a) une dépense calorifique minimum, ce qui corrobore la condition précédente;
- b) des pertes de chaleur réduites dans le gaz et dans les résidus par la récupération poussée des chaleurs sensibles;

3) de faibles vitesses du courant gazeux dans le générateur pour éviter l'entraînement des poussières aux conséquences désagréables et coûteuses.

Le procédé par courant transversal de la firme Dr. C. Otto et Cie semble satisfaire aux précédentes conditions; il a l'avantage d'avoir été expérimenté depuis de longues années dans une installation de distillation de schistes bitumineux, traitant 400 tonnes/jour.

Comme, en outre, on disposait dans l'installation d'essai de la firme du Dr. Otto d'un petit four de distillation, les essais préliminaires furent accélérés. La collaboration entre la D.K.B.L., la Ruhrgas A.G. et la firme Otto a favorisé l'acheminement du four de distillation en générateur à gaz pauvre.

La figure 1 montre le schéma de principe du procédé : les déchets descendent de façon continue dans un four à chambre verticale, tandis que les éléments de gazéification sont introduits perpendiculairement à l'avancement du combustible à travers les couches de celui-ci.

On récupère au maximum les chaleurs sensibles par :

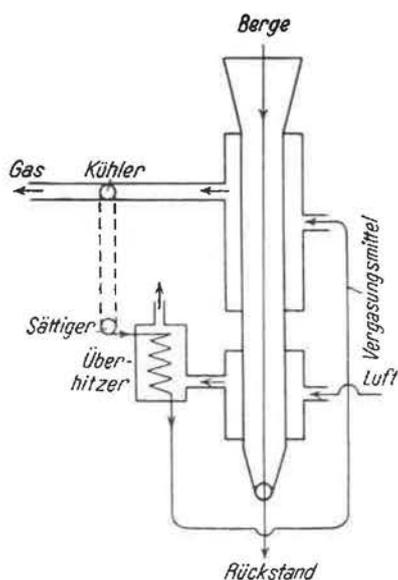


Figure 1. — Procédé par courant transversal.

Berge	==	Déchets;
Kühler	==	Réfrigérant;
Sättiger	==	Saturateur;
Ueberhitzer	==	Surchauffeur;
Vergasungsmittel	==	Elément de gazéification;
Rückstand	==	Résidus;
Luft	==	Air.

1) utilisation dans le saturateur d'air de l'eau chaude obtenue dans le réfrigérant du gaz;

2) introduction d'air dans la partie inférieure du gazogène pour refroidir les résidus et achever partiellement la combustion du combustible restant;

3) utilisation de la chaleur sensible des gaz chauds dans un surchauffeur pour le préchauffage des éléments de gazéification.

Après les recherches préliminaires de 1950, un gazogène expérimental de 9 à 15 tonnes de capacité journalière fut d'abord installé; à l'aide de cet appareil, on a pu entreprendre, depuis le début de cette année, toute une série de recherches fondamentales qui ont apporté d'importants enseignements concernant :

1) la capacité spécifique d'enfournement et de production de gaz du générateur;

2) le rendement et le pouvoir calorifique du gaz qu'il est possible d'atteindre aux températures maxima dans le générateur, celles-ci devant se trouver à environ 150° en dessous de la limite d'agglomération (en moyenne : 1100° C) des cendres;

3) les concessions à faire aux dépens du rendement et du pouvoir calorifique du gaz pour améliorer le bilan thermique et la capacité d'enfournement et atteindre ainsi la rentabilité maximum.

Parallèlement à ces recherches, la Société « Rheinische Stahlwerke » a entrepris dans un de ses charbonnages un essai de remblayage pneumatique à l'aide des déchets dégazés; l'essai a prouvé qu'il était possible d'employer un tel produit pour le remblayage, même dans des conditions difficiles.

L'appréciation prudente des résultats des essais, sans tenir compte de la possibilité d'améliorations ultérieures du procédé, permet d'obtenir, en gazéification à l'échelle industrielle, les rendements et chaleurs spécifiques indiqués par les courbes de la figure 2.

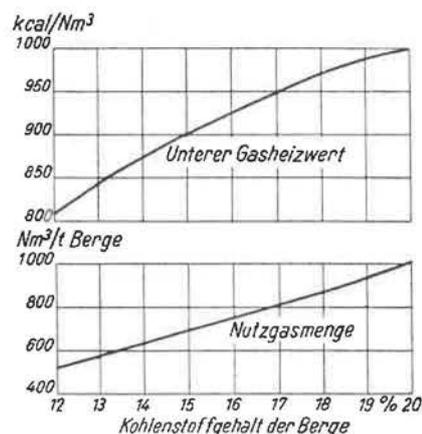


Figure 2. — Production de gaz utile et pouvoir calorifique du gaz en fonction de la teneur en carbone du combustible.

Unterer Gasheizwert	==	Pouvoir calorifique inférieur;
Nutzgasmenge	==	Quantité de gaz utile;
Kohlenstoffgehalt der Berge	==	Teneur en carbone des déchets.

On pourrait donc obtenir par tonne de déchets, et suivant leur teneur en carbone qui varie de 12 à 20 %, de 530 à 1000 Nm³ de gaz d'un pouvoir calorifique compris entre 800 et 1000 Kcal/Nm³.

Ce gaz, malgré son pouvoir calorifique relativement faible, est très inflammable et brûle convenablement. Lors de l'utilisation pour le chauffage des fours à coke, il est non seulement possible, mais encore avantageux de le mélanger avec un volume de gaz riche proportionnellement peu important pour atteindre l'effet thermique optimum.

Le goudron produit en petites quantités doit, directement ou indirectement, améliorer le bilan thermique de la gazéification.

La figure 3 représente le plan d'une installation industrielle capable de produire de 750.000 à

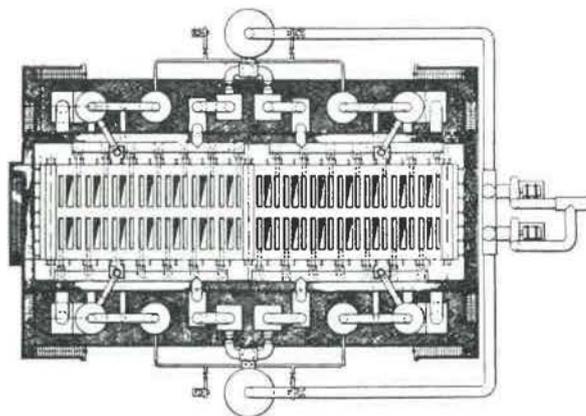


Figure 3. — Générateur à courant transversal pour la gazéification des déchets de lavage (vue en plan).

900.000 Nm³ de gaz, suivant la teneur en carbone des produits traités (12 à 20%). Dans les 28 chambres de gazéification constituant une batterie, chaque groupe de 7 chambres possède un réfrigérant, un saturateur d'air et un surchauffeur. La production de gaz d'une telle installation utilisée pour la chauffe de fours à coke, serait suffisante pour un enfournement de 950 à 1400 tonnes de fines à coke humides.

L'ensemble des frais d'établissement, y compris le transport des produits traités et du gaz, les silos, le briquetage à froid des déchets menus, etc., s'élèverait à environ 5 millions de D. M.

Considérations économiques.

Des calculs préliminaires du prix de revient du gaz pauvre obtenu par gazéification de déchets de

préparation des charbons ont été faits en appliquant le système standard des charbonnages. On les a établis sur la base de 300 jours de travail par an; en effet, par suite du manque de possibilités de stockage du gaz riche, il peut être nécessaire de diminuer sa production les dimanches et jours fériés, pour autant qu'il n'existe pas d'autre possibilité d'utiliser le gaz pauvre.

Industriellement, un arrêt complet et une remise en marche de l'installation ne font aucune difficulté.

D'un autre côté, on fait des calculs pour 350 jours de fonctionnement, ceci dans le cas où il existerait des moyens suffisants de stockage du gaz riche ou si l'on utilisait le gaz pauvre pour le chauffage des chaudières. Les frais d'exploitation sont rassemblés dans le tableau suivant :

Jours de fonctionnement par an	300	350
	D. M./année	D. M./année
Salaires, traitements, y compris la séc. soc.	133.000	155.000
Entretien	164.000	190.000
Courant, eau, etc.	261.000	305.000
Frais ordinaires	117.000	137.000
Amortissement et intérêt	600.000	600.000
Total	1.275.000	1.387.000

Les prix de revient spécifiques du gaz pauvre dépendent de la capacité de production du gazogène pour les différentes teneurs en carbone du produit traité (fig 4). Lorsque la teneur s'élève, la

quantité de déchets traitée à l'heure par mètre carré de section du gazogène diminue; par contre, le volume de gaz produit augmente. C'est ainsi que, si l'on considère comme nulle la valeur d'un combustible dont la teneur approximative en ballast est comprise entre 74 et 82 %, le prix de revient du gaz diminue de façon constante avec l'augmentation de la teneur en carbone du combustible gazéifié.

On a calculé, suivant les barèmes de la D.K.B.L. et pour des teneurs en carbone supérieures à 15 %, la valeur de la fraction « mixtes » dans les déchets; si l'on tient compte de cette valeur dans le calcul des prix de revient, ceux-ci augmentent légèrement avec la teneur en carbone, ainsi que l'indique la courbe en traits interrompus de la figure 4.

Le prix de revient d'un volume de gaz pauvre correspondant à 10⁶ Kcal varie donc, si l'on ne tient pas compte de la valeur du combustible, de 4,80 à 7,05 D. M. pour 300 jours de travail et de 4,46 à 6,58 D. M. pour 350 jours. Si l'on tient compte de la valeur du produit traité, les prix varient de 6,38 à 7,05 pour 300 jours et de 5,95 à 6,75 D. M. pour 350 jours de travail, ces prix étant de l'ordre de grandeur de ceux des calories obtenues à partir du charbon ou du coke.

Le prix de revient correspondant du Nm³ de gaz riche obtenu, sans tenir compte bien entendu de l'épuration et de la compression, varie dans le premier cas entre 2 et 3 Dpf. et, dans l'autre, entre 2,6 et 3 Dpf. La chauffe au gaz pauvre inférieur

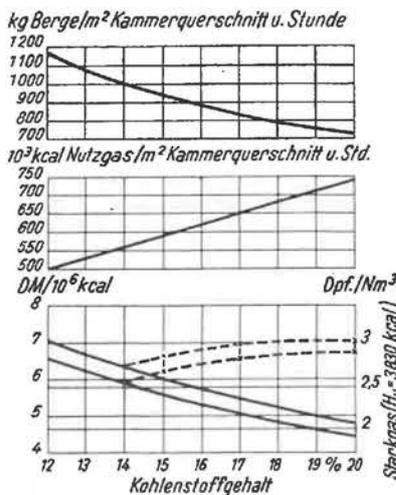


Figure 4. — Rendement du générateur et prix de revient en fonction de la teneur en carbone du combustible.

- Kg. Berge/m² Kammerquer = Kg de déchets par m² de section schnitt u. Stunde de chambre et par heure.
- 10³ Kcal Nutzgas/m² Kam- = 10³ Kcal contenues dans le gaz merquerschnitt u. Std par m² de section de chambre et par heure.
- Starkgas (H_u : 3850 kcal) = Gaz riche (P_c = 3850 Kcal).
- Kohlenstoffgehalt = Teneur en carbone.

libère un supplément de 12 % de gaz riche dont le pouvoir calorifique est de 3830 Kcal/Nm³.

Il est caractéristique de comparer, comme on l'a fait à la figure 5, les pourcentages du prix de revient qui, dans la gazéification du coke, du poussier et des déchets de préparation, incombent à chacun des trois postes : prix du combustible, frais d'exploitation, capital.

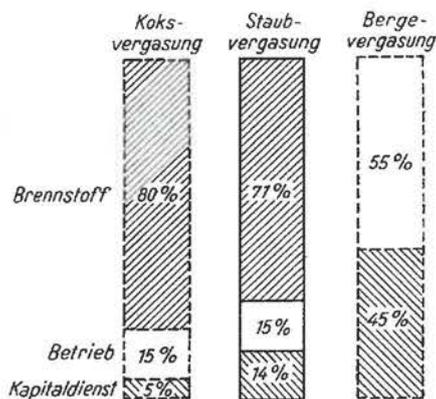


Figure 5. — Constitution du prix de revient de la gazéification du coke.

Koksvergasung	=	Gazéification du coke.
Staubvergasung	=	Gazéification du poussier.
Bergevergasung	=	Gazéification des déchets
Brennstoff	=	Combustible.
Betrieb	=	Exploitation.
Kapitaldienst	=	Capital.

Dans la gazéification du coke et du poussier, les frais d'investissement ont peu d'importance, tandis que le coût du combustible a une influence fondamentale; par suite des prix de revient élevés qui en résultent, le procédé n'est applicable qu'à la couverture des besoins de pointe.

Dans la gazéification des déchets de préparation, le coût du combustible est nul, mais il y a de lourdes charges préalables dues aux investissements élevés. Le prix de revient est relativement bas et ce procédé est uniquement applicable pour de fortes utilisations, et donc pour le relèvement de la fourniture de base du gaz.

Il est compréhensible que la rentabilité de la gazéification des déchets de préparation soit subordonnée à certaines conditions bien déterminées. Elle dépend dans une mesure élevée, d'une part, de la quantité de déchets, et partant de la capacité de l'installation, et d'autre part, de la nature de ces déchets. Il existe aussi des considérations locales telles que, par exemple, le fait de devoir tenir compte d'importants frais de transport pour le combustible ou le gaz.

On ne peut donc considérer la gazéification des déchets comme économiquement applicable dans toutes les circonstances, même abstraction faite de ce que le capital nécessaire pour établir une installation relativement coûteuse n'est pas toujours disponible.

Vu la rareté des capitaux en Allemagne, la question essentielle est de savoir s'il est possible actuellement de justifier les grands investissements que nécessite la gazéification de déchets de préparation. Pour y répondre, il faut considérer que la gazéification des déchets signifie :

- 1) gain supplémentaire de combustible;
- 2) production du combustible récupéré sous forme de gaz;
- 3) prix de revient relativement bas.

En chiffres, cela apparaît par exemple comme suit : un investissement de 5 millions de D. M. permet la libération de 150.000 Nm³ de gaz de ville par jour pour la distribution (de 45 à 55 millions de Nm³ par an).

Cela correspond, dans le cas de la production de gaz pauvre par gazéification de poussier, à une quantité de charbon de 140 tonnes par jour (42.000 à 50.000 tonnes/an). Cela équivaut à un investissement de 100 à 119 D. M. par tonne de production annuelle de charbon, rendue disponible par l'utilisation des déchets.

Pour obtenir le même résultat sans valorisation de déchets, il faudrait investir :

- de 50 à 60 D. M. par tonne supplémentaire de production annuelle pour l'extraction;
- de 30 à 40 D. M. par tonne de production annuelle pour la gazéification.

En outre, 25 à 40 D. M. d'investissement par tonne de production annuelle de charbon vont être compensés par l'économie à attendre de la production de gaz pauvre par la gazéification des déchets. Le bilan des investissements est ainsi équilibré.

Mais, last but not least, la valorisation des déchets apporte d'autres avantages :

- 1) du point de vue de la préparation des charbons :
 - a) elle rend possible le placement de la coupure de lavage suivant les principes naturels de la technique de la préparation mécanique;
 - b) elle rend possible la marche à deux produits pour un charbon brut ne contenant pas trop de barrés.
 - 2) du point de vue économique de l'énergie dans les sièges :
 - a) elle accroît le rendement des chaudières par l'utilisation d'un combustible largement débarrassé de son ballast;
 - b) elle permet un supplément de chauffage par l'emploi de gaz pauvre.
 - 3) du point de vue de la sécurité de la mine, elle diminue le danger d'incendie dans les mines et les terrils;
 - 4) du point de vue de l'économie de la nation :
 - a) elle augmente la production de combustible;
 - b) elle crée une source d'énergie à bon marché.
- Tous ces avantages sont obtenus par la valorisation d'un produit qui jusqu'alors n'avait aucune valeur.

Voies nouvelles de la production de gaz pauvre à partir des houilles

par le Dr. NISTLER, Essen.

Traduction adaptée de « Glückauf » du 12 avril 1952.

par INICHAR.

SAMENVATTING

De auteur toont de noodzakelijkheid en de economische voordelen aan van de vergassing van kolenstof. Hij beschrijft het principe van het «vlamprocédé» van de Ruhrgas A.G. en vergelijkt achtereenvolgens de evolutie der temperaturen en der concentraties van de reagerende stoffen volgens de omloop der gassen, enerzijds in de vergassingsvlam bij het kolenstof en in de gewone gasgenerator anderzijds. Uit deze studie leidt hij het constructie-principe van semi-industriële apparaten af, waarin men vervolgens de invloed van de granulometrie van het stof en de problemen gesteld door het smelten der assen en door de noodzakelijkheid met een overmaat aan brandstof te werken, bestudeerd heeft.

Deze techniek werd aldus ontwikkeld tot aan het industrieel stadium.

De bijdrage bevat talrijke thermische balanssen en inlichtingen aangaande de kostprijs van het gas.

RESUME

L'auteur montre la nécessité et les avantages économiques de la gazéification des poussières. Il décrit le principe du « procédé de flamme » de la Ruhrgas A.G. Il compare successivement l'évolution, suivant le trajet des gaz, des températures et des concentrations des corps réagissants, d'une part, dans la flamme de gazéification de poussières et, d'autre part, dans le gazogène ordinaire. De cette étude ont été déduits les principes de construction d'appareils semi-industriels dans lesquels ont alors été étudiés l'incidence de la granulométrie des poussières et les problèmes posés par la fusion des cendres et la nécessité d'opérer avec excès de combustible. La technique a ainsi été développée jusqu'au stade industriel. Le mémoire contient de nombreux bilans thermiques et renseignements concernant les prix de revient du gaz.

Les besoins croissants du marché en gaz de ville, gaz de synthèse et gaz pauvre conduisent à un développement sans cesse plus important de la gazéification des combustibles solides; un élargissement de la gamme des combustibles à gazéfier accompagne nécessairement cette extension. L'ancienne Union pour les intérêts charbonniers, à Essen, et la Ruhrgas A.G. s'occupèrent de ce problème déjà de nombreuses années avant la dernière guerre; elles construisirent, en collaboration avec la Demag A.G., une installation expérimentale de gazéification de poussier à l'usine d'azote de la Société Minière Hibernia A.G. à Herne.

Cette installation était terminée en 1943, mais par suite de la guerre, les recherches n'ont pu être menées à bien. En 1949, la Ruhrgas A.G. reprit ces travaux dans un département spécial; ils aboutirent à l'élaboration de quelques nouveaux procédés de production de gaz pauvre par gazéification de poussier dans une chambre à turbulence. Ces procédés sont décrits ci-dessous; ils ont entretemps été développés jusqu'au stade industriel.

Les procédés de gazéification de poussières présentent un intérêt tout particulier du fait qu'ils sont indépendants des caractéristiques et du degré

d'évolution des combustibles traités. En effet, tout combustible solide peut être réduit en poussière et gazéifié en lit fluide, quels que soient son pouvoir cokéfiant, son rendement en goudron et ses autres propriétés.

La grande surface externe des charbons pulvérisés assure un déroulement rapide de la réaction et permet ainsi de traiter dans un même gazogène de grandes quantités de combustible, ce qui réduit les frais d'installation et de fonctionnement.

D'autre part, il importe de tenir compte du fait que les progrès actuels de la mécanisation vont accroître sans cesse la quantité de poussières et de produits fins disponibles.

La production de gaz pauvre est d'autant plus importante dans le district de la Ruhr, qu'un grand nombre de cokeries gaspillent pour le chauffage de leurs fours le gaz de cokerie même, alors qu'elles sont techniquement à même d'utiliser du gaz pauvre. Là où du gaz de haut fourneau n'était pas disponible, on ne pouvait jusqu'à présent produire du gaz pauvre qu'à partir de coke concassé dans un générateur à grille tournante. Ce procédé, malgré des frais d'installation et de fonctionnement relativement faibles et un rendement sus-

ceptible d'être encore amélioré actuellement, ne fournit pas un gaz de remplacement économique par suite du prix élevé du coke.

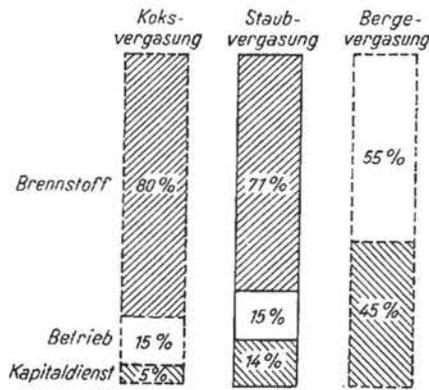


Figure 1. — Détails du prix de revient du gaz obtenu à partir de coke, de poussier et de schistes.
 Koksvergasung = Gazéification de coke.
 Staubvergasung = Gazéification de poussier.
 Bergevergasung = Gazéification de schistes.
 Brennstoff = Combustible.
 Betrieb = Frais d'exploitation.
 Kapitaldienst = Amortissement et intérêts du capital.

Il ressort de la figure 1 que le bilan économique de la gazéification des fines est approximativement semblable à celui de l'utilisation d'un gazogène; contrairement à la gazéification des déchets minéraux, les frais d'investissement et de fonctionnement de ces deux procédés sont relativement minimes. La supériorité économique de la gazéification des fines sur le gazogène à coke est due

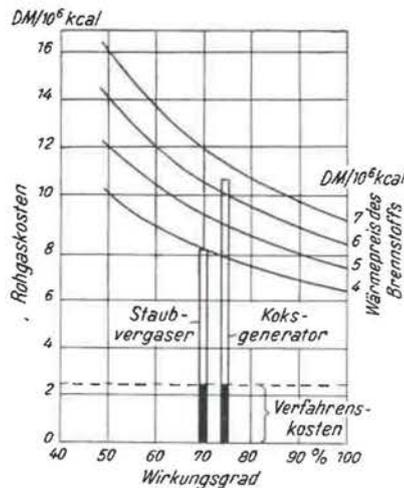


Figure 2. — Prix du gaz brut en fonction du rendement et du prix du combustible.
 DM/10⁶ Kcal = DM/10⁶ Kcal.
 Rohgaskosten = Prix du gaz brut.
 Wärmepreis des Brennstoffs = Prix du combustible.
 Staubvergaser = Appareil de gazéification de poussier.
 Koks-generator = Gazogène à coke.
 Verfahrenskosten = Frais d'exploitation.
 Wirkungsgrad = Rendement de la gazéification.

uniquement au prix moins élevé du combustible utilisé.

La figure 2 montre l'influence du rendement de la gazéification et du prix du combustible sur le prix de revient du gaz, ces prix étant établis en DM/Kcal. Avec le coke, qui coûte déjà presque 7 DM aux 10⁶ Kcal, il est impossible de fournir du gaz de remplacement à un prix inférieur à environ 10 DM les 10⁶ Kcal. Pour des raisons de transport, on ne peut, dans le bassin de la Ruhr, utiliser du lignite ou des briquettes de lignite. Ainsi donc, sont seules utilisables les catégories de combustibles bon marché tels que les poussières de triage, les tout-venants fins, les schlammes, etc. Or, la pente des courbes de la figure 2 montre que, en gazéifiant ces combustibles relativement cendreaux avec un rendement analogue à celui des gazogènes à grille tournante, on doit obtenir d'excellents résultats du point de vue économique.

Le principe du procédé développé par la Ruhr-gas A.G. est de faire réagir les poussières de charbon avec une quantité d'air sensiblement inférieure à celle nécessaire à leur combustion. Il s'agit ici d'une flamme de poussières qui est entretenue par la nette insuffisance d'air.

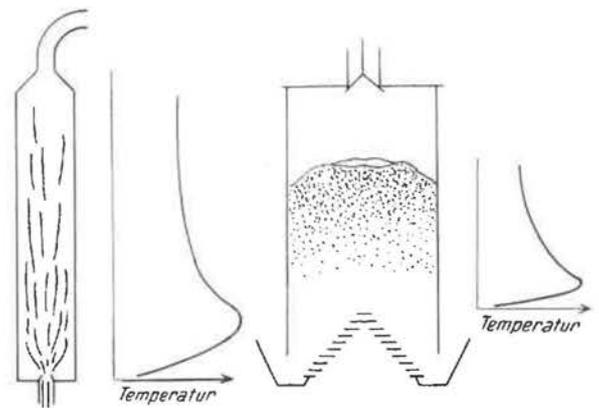


Figure 3. — Répartition de la température dans l'appareil de gazéification de poussier et dans le gazogène à coke.

La figure 3 montre la répartition des températures dans une telle flamme: la température s'élève d'abord rapidement jusqu'à utilisation complète de l'oxygène de l'air insufflé, passe par un maximum, diminue ensuite, d'abord rapidement, puis de plus en plus faiblement jusqu'au sommet de l'appareil. Cette chute de température résulte de réactions endothermiques de la gazéification; elle présente une analogie certaine avec la répartition des températures dans les couches de combustible d'un gazogène où l'on peut de même distinguer une zone d'oxydation à température croissante et une zone de réduction à température décroissante.

Mais, des différences essentielles quoique peu apparentes existent entre les deux processus de gazéification et créent des difficultés lors de la gazéification des poussières. Il y a tout d'abord une grande différence dans les concentrations des corps réagissants: en effet, si l'on parcourt dans

le sens du flux des gaz les couches de combustible d'un gazogène à lit fixe, la concentration de l'oxygène s'annule rapidement et la contraction des gaz réductibles CO_2 et H_2O atteint son maximum là où l'oxygène disparaît et diminue graduellement vers la fin du processus. Mais tout au long de celui-ci, la concentration en carbone reste constante.

Lors de la gazéification des poussières, l'évolution des concentrations des corps réagissants gazeux est identique à celle qui se réalise dans le gazogène; il existe une différence dans la variation des concentrations en carbone qui ici diminuent de plus en plus vers la fin du processus. En effet, le carbone qui se déplace avec le gaz dans la même direction que lui, est utilisé par les réactions de gazéification; la dissociation du CO_2 et de la vapeur d'eau consommant également du carbone cesse dès que celui-ci a disparu.

Il est avantageux de favoriser l'échange de chaleur et le contact des produits de la réaction par une énergique turbulence du flux gazeux. Mais, la nécessité d'un certain excès de poussier vers la fin du processus n'en est pas pour autant diminuée, car sans carbone libre, aussi violente que soit la turbulence, la dissociation du CO_2 et de la vapeur d'eau ne peut se faire.

Ainsi, comme on ne peut renoncer à cet excès de carbone, on doit éliminer du flux gazeux à sa sortie du gazogène un résidu non gazéifié. Il peut alors être utilisé par exemple pour le chauffage ou être réintroduit dans le circuit de gazéification. La première solution ne présente guère d'intérêt du fait qu'il faut coupler la gazéification du poussier avec un procédé d'utilisation du résidu non gazéifié; or on désire, dans la gazéification, utiliser des fines relativement cendreuses et la poussière excédentaire à récupérer aura une teneur en cendres encore sensiblement plus élevée même si dans le gazogène, elle n'a perdu que ses matières volatiles. On constate donc qu'il ne peut y avoir que peu d'intérêt à utiliser ultérieurement cet excès de poussier, dégazé et enrichi en cendres, alors que la deuxième solution (le recyclage de la poussière) apparaît comme tout indiquée.

Comme le montre le schéma de la figure 4, il existe plusieurs façons de réaliser ce recyclage. On peut réintroduire l'excédent de poussière dans l'appareil, soit en même temps que les fines fraîches provenant du bunker, soit en amont de l'introduction de celles-ci et avec l'air de gazéification. Cette deuxième solution est particulièrement séduisante du fait que l'entière de l'oxygène des gaz agit sur les poussières résiduelles, dégazées et riches en cendres; mais du point de vue appareillage, la première solution ou procédé à un étage, est de loin plus simple. C'est par conséquent ce procédé qui a été adopté, d'autant plus que de nombreux essais ont démontré que la gazéification complète est possible dans l'appareil à un étage.

En ce qui concerne l'élimination des scories, il y a lieu d'attirer encore une fois l'attention sur l'analogie de l'évolution des températures dans un gazogène à lit fixe et dans la flamme de poussier alimentée avec un excès de combustible. Dans

les deux cas, un maximum de température nettement visible se présente à la fin de la zone d'oxydation; mais il existe une différence essentielle dans la composition du combustible à ce maximum. Dans le gazogène à lit fixe (ou plus exactement à lit de combustible se déplaçant lentement en sens inverse des gaz) le combustible a certainement déjà perdu à cet endroit la moitié de son pourcentage en carbone. Mais il reste quand même pour une grande partie composé de carbone, de sorte qu'il est encore stable aux températures d'environ 1400°C que l'on rencontre à ce maximum. Par contre, dans la zone où la quasi-totalité du carbone est consommée, règne une température nettement moins élevée. Ce déplacement en sens contraire du combustible et des gaz permet ainsi de dépasser quelque peu la température de fusion des cendres. Il en est autrement dans le cas de la gazéification de poussier: ici le combustible se déplace dans la même direction que les gaz et les différences de grandeur des particules du combustible sont beaucoup plus accentuées que dans les procédés utilisant du combustible en morceaux, même si celui-ci n'a été classé que très imparfaitement.

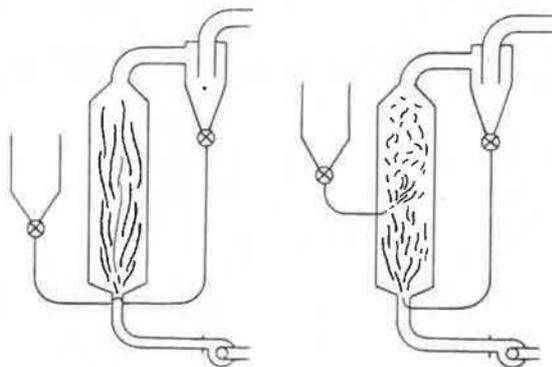


Figure 4. — Appareils de gazéification de poussier à un et à deux étages.

Il en résulte que, dans la zone du maximum de température, de nombreuses particules de poussier sont déjà complètement brûlées, de sorte que, à cette même température de 1400°C , une grande partie des cendres est liquéfiée. Pour éviter avec certitude la fusion ou le ramollissement des cendres, on devrait donc travailler à une température sensiblement plus basse que dans un gazogène à lit fixe.

Les projets tendant à résoudre ce problème n'ont pas manqué. C'est ainsi que l'on a proposé d'introduire les gaz réacteurs à des endroits différents.

Cette solution serait cependant difficile à appliquer par suite de la perte de rendement causée par la forte baisse de température.

Au contraire, il semble beaucoup plus rationnel de travailler à des températures suffisamment élevées pour liquéfier complètement les cendres, ceci en préchauffant l'air aussi fortement que possible.

La chambre de gazéification est elle-même conçue en forme de cyclone. Suivant ce principe, on assure la séparation de la scorie fondue et crée

en outre une vitesse relative élevée entre les particules de poussier et les gaz réacteurs de sorte que les réactions de gazéification se passent dans des espaces excessivement réduits; cette concentration de la source de chaleur sous un volume restreint favorise également la fusion des cendres. La possibilité de traiter une grande quantité de combustible par unité de volume et le processus de la gazéification lui-même favorisent donc la séparation des cendres sous forme liquide.

L'exactitude des considérations précédentes a été prouvée par une série d'environ 200 essais, conduits dans une installation expérimentale d'une capacité journalière de 5 tonnes. La gamme des combustibles expérimentés comprenait toutes les variétés de houilles ainsi que des lignites et de la tourbe.

Les granulométries étaient celles d'une gamme de poussières donnant entre 20 et 82 % de refus au tamis 4 700; ces finesses correspondent à peu près à celles des poussières de triage. Il résulte des essais que l'influence de la granulométrie des poussières est particulièrement minime.

Dans cette installation expérimentale, l'élimination de la scorie a été réalisée par coulée discon-

tinue. Les charbons traités avaient une teneur en cendres allant jusqu'à 30 %.

Dès que les essais eurent prouvé que même les charbons donnant les cendres les moins fusibles pouvaient être gazéifiés par le procédé, une installation expérimentale complète, de 14 tonnes de capacité journalière, a été montée et mise en activité; elles comprenaient tous les éléments nécessaires, depuis le dispositif de broyage du charbon jusqu'aux installations d'épuration complète du gaz, avec élimination continue des scories.

Le pouvoir calorifique du gaz obtenu correspond approximativement à celui d'un gaz de haut fourneau.

Un charbon flambant à 24,4 p. c. de cendres, 1,8 p. c. d'humidité et 30,2 p. c. de matières volatiles, a donné par exemple un gaz pauvre de composition suivante : 5,3 p. c. de CO_2 , 22,1 p. c. de CO , 12,6 p. c. de H_2 et 60 p. c. d'azote.

Le pouvoir calorifique supérieur était de 1 051 Kcal/Nm³ et l'inférieur de 991 Kcal/Nm³. On n'y trouve que des traces de méthane. L'examen du bilan thermique de la gazéification dans l'installation expérimentale a permis d'établir le schéma de l'utilisation de la chaleur représenté à la figure 5.

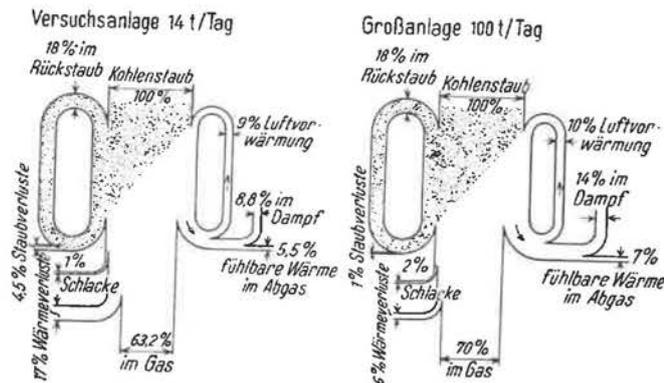


Figure 5. — Bilan thermique de la gazéification.

Versuchsanlage 14 t/Tag	= Installation expérimentale 14 t/jour.
18 % im Rückstaub	= 18 % dans le poussier recyclé.
Kohlenstaub 100 %	= Poussier 100 %.
4,5 % Staubverluste	= 4,5 % pertes en poussier.
1 % Schlacke	= 1 % scories.
17 % Wärmeverluste	= 17 % pertes calorifiques.
9 % Luftvorwärmung	= 9 % préchauffage de l'air.
8,8 % im Dampf.	= 8,8 % dans la vapeur.
5,5 % fühlbare Wärme im Abgas	= 5,5 % de chaleur sensible dans le gaz final.
Grossanlage 100 t/Tag	= Installation industrielle 100 t/jour.
18 % im Rückstaub	= 18 % dans le poussier recyclé.
1 % Staubverluste	= 1 % pertes de poussier.
Kohlenstaub 100 %	= Poussier 100 %.

Le gaz pauvre emporte environ 63 p. c. de l'énergie calorifique du combustible sous forme de chaleur latente. Une autre partie de cette énergie calorifique est réintroduite dans le circuit avec l'excès de poussier non gazéifié.

La chaleur sensible du gaz est utilisée dans le préchauffeur de l'air de gazéification, qui recycle ainsi une grande partie de la chaleur sensible.

Une autre partie de cette chaleur sensible est utilisée dans une chaudière à vapeur. Il résulte de tout cela que 72 p. c. du potentiel thermique du combustible sont utilisés dans l'installation expérimentale. Les pertes par conductivité et rayonnement s'élèvent à 17 p. c. et sont par conséquent très élevées, de même que les pertes de poussier lors de la réintroduction de l'excès de combustible.

Dans une installation industrielle d'une capacité journalière de 100 tonnes, ces deux sources de pertes calorifiques diminueraient de sorte que l'on peut espérer un rendement de 70 p. c. et, si l'on tient compte de la vapeur produite, une utilisation de la quantité totale de chaleur de l'ordre de 84 p. c.

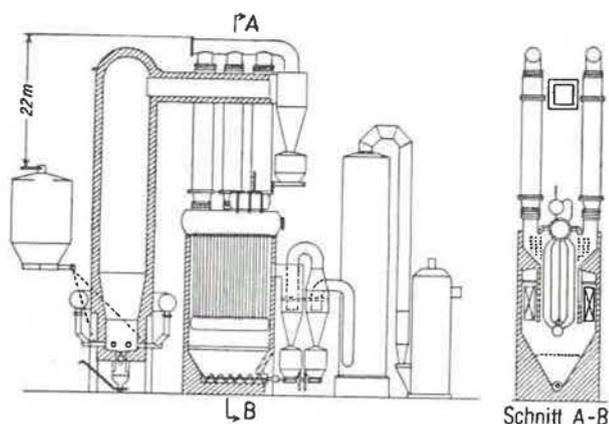


Figure 6. — Générateur de gaz pauvre pour 1.000 tonnes de poussier de charbon par jour.
Schnitt A-B = Coupe A-B.

L'esquisse de projet d'installation, représentée à la figure 6 montre comment le procédé peut être réalisé industriellement. Une série de tuyères disposées tangentiellement injectent du poussier

et de l'air fortement préchauffé dans une chambre-cyclone.

La scorie liquide, essorée par le tourbillon gazeux, s'écoule sans arrêt par un orifice ménagé dans le fond de la chambre et est granulée dans un bain d'eau. Les gaz d'abord dépoussiérés en grande partie par un cyclone, traversent le réchauffeur d'air et la chaudière de récupération. Ils sont finalement épurés complètement par un Multiklon, un laveur et enfin un électro-filtre.

Jusqu'à présent, les recherches se sont limitées au problème le plus immédiat de la production de gaz pauvre par gazéification par l'air. Le procédé peut toutefois certainement être appliqué à la fabrication de gaz de synthèse à l'aide d'un mélange vapeur-oxygène. Il faut même s'attendre à ce que la possibilité de régler la concentration d'oxygène du mélange gazeux rende plus facile cette nouvelle application du procédé. Le rendement sera également plus élevé que lors de la gazéification par l'air, les pertes thermiques dues à l'important volume d'azote de l'air étant éliminées.

Un mot encore au sujet du prix de revient du gaz : les frais d'installation et de fonctionnement du nouveau procédé ne dépassent certainement pas ceux d'une installation avec gazogène à grille tournante; le rendement sera pratiquement le même; le bénéfice résultant de l'utilisation d'un combustible meilleur marché va donc se retrouver entièrement dans le prix de revient du gaz.

Lutte contre les poussières

Quelques résultats obtenus dans les mines du bassin houiller de Liège.

par

H. CALLUT,

Ingénieur
à l'Institut National des Mines.

J. FRIPIAT,

Administrateur-Directeur
de l'Institut National des Mines.

J. STASSEN,

Ingénieur
du Corps des Mines.

SAMENVATTING

De individuele bescherming tegen het stof gaf goede resultaten zolang de stofvorming min of meer gelocaliseerd bleef. De huidige voorwaarden van verspreide algemene stofvorming in de werkplaatsen vereisen echter collectieve beschermingsmiddelen.

In de huidige bijdrage hebben wij de mogelijkheden willen doen uitschijnen van de samengeordende toepassing van de verschillende bevochtigingswijzen. Wij hebben dus niet het rendement van ieder der verschillende methoden willen bepalen. De taak werd sedert verscheidene jaren door het Instituut voor Mijnhygiëne waargenomen. In ondergeschikte orde hebben wij ons voorgesteld de administratieve overheden voor te lichten nopens de indeling der werkplaatsen in « stoffige » en « niet stoffige » werkplaatsen.

Tot dit doel hebben wij als meetapparaat de conimeter van de firma Watson (Londen) uitgekozen, die, zoals bekend, zekere bezwaren, maar daarentegen ook merkelijke voordelen vertoont. Om de monsters te vergelijken, waarvan de telling der stofdeeltjes onmogelijk bleek, werd een fotometrische methode toegepast.

De uitgevoerde proeven hebben ons tot de volgende conclusies geleid. In de pijlers zijn de drie meest gebruikte stofbestrijdingsmiddelen : afbouwhammer met sproeiërs, waterinjectie in de laag, waterverstuiving aan de stortpunten, afzonderlijk toegepast, dikwijls onvoldoende om de stofvorming doeltreffend te bestrijden in de « stoffige » werkplaatsen waarvan de productie 150 ton per dag overschrijdt. Deze drie methoden kunnen nochtans gecombineerd worden en hun resultaten zijn van aard om samengesteld te worden. Bij de delving der galerijen is het nat boren verreweg te verkiezen boven het droog boren en het laden der stenen geeft, na voldoende bevochtiging, slechts weinig stof.

Tenslotte bestaat de eerste voorbehoedende maatregel in het bepalen van de werkplaatsen waarvan het stofgehalte moet verminderd worden. Dit vereist de keuze van een indelingscriterium, dat met het oog op de gewenste eenvoudigheid, moet gesteund zijn op gemakkelijk te meten aanduidingen van een bepaald toestel. In huidige bijdrage hebben wij de fotometrische index, gemeten op de monsters opgenomen met de conimeter als criterium aangenomen. Wij menen ons voor en analoge studie te onderkennen met de « Handpomp » als meetapparaat, dat dezelfde voordelen vertoont als de conimeter en hopen daarover spoedig interessante waarnemingen te vergaren.

RESUME

Les moyens de protection individuels contre les poussières ont rendu des services appréciables aussi longtemps que la production des poussières était plus ou moins localisée. Mais dans les conditions actuelles, l'empoussiérage général des chantiers impose l'usage de moyens de protection collectifs.

Dans le présent travail, nous avons voulu faire ressortir les possibilités qu'offre la mise en œuvre conjuguée des différents modes d'humidification. Nous n'avons donc pas cherché à déterminer le rendement d'abattement de poussières obtenu par les diverses méthodes appliquées. Ce travail a été entrepris, depuis plusieurs années, par l'Institut d'Hygiène des Mines. Ajoutons que, subsidiairement, nous sommes assigné d'éclairer les autorités administratives quant au classement des chantiers en « Poussiéreux » et « Non poussiéreux ».

A cet effet, nous avons choisi, comme appareil de mesure, le conimètre de la Firme Watson (Londres) qui présente, nous le savons, des inconvénients mais aussi de précieux avantages. Pour comparer les échantillons dont le dénombrement des particules était impossible, nous avons adopté une méthode photométrique.

L'ensemble de ces expériences nous a conduits aux conclusions suivantes. En taille, les trois méthodes généralement adoptées de lutte contre les poussières, les marteaux-piqueurs à pulvérisation d'eau, l'injection d'eau en veine et la pulvérisation aux points de chute, appliquées seules, sont souvent insuffisantes pour lutter efficacement contre les poussières dans les chantiers « poussiéreux » dont la production dépasse environ 150 tonnes par jour. Ces trois méthodes peuvent se combiner et leurs résultats sont susceptibles de s'additionner. En galerie, la perforation humide est, de loin, supérieure à la perforation à sec, et le chargement des pierres, suffisamment humidifiées, ne donne lieu qu'à un très faible soulèvement de poussières.

Enfin, nous savons que la première mesure de prévention est de déterminer les chantiers dont la teneur en poussières doit être réduite. Cela impose le choix d'un critère de classement qui, dans un but de simplicité, devrait être basé sur des indications facilement mesurables données par un appareil déterminé. Dans ce travail, nous avons choisi comme critère l'indice photométrique mesuré sur les échantillons prélevés par le conimètre. Nous prévoyons actuellement la poursuite d'une étude analogue en utilisant le « Hand-Pump » comme appareil de mesure, qui présente les mêmes avantages que ceux qui ont été retenus pour le conimètre, et nous espérons bientôt avoir rassemblé à ce sujet des enseignements intéressants.

BUT DU RAPPORT

Le 6 décembre 1945, un arrêté du Régent complétait les dispositions du Règlement Général de la Police des Mines du 28 avril 1884, relatives à l'aérage des Mines, par un article 23bis ainsi conçu :

« Art. 23bis. — Dans le délai de six mois à dater de la publication au *Moniteur Belge* du présent arrêté (le 29-12-45), les chantiers et ateliers poussiéreux en activité dans les travaux souterrains des mines de houille comporteront des installations, appareils ou dispositifs capables d'abattre ou d'éliminer, dans une proportion aussi forte que possible, les poussières produites par les creusements en veine et en roche ainsi que par les transports des produits, ou, plus généralement de rendre ces poussières inoffensives pour la santé du personnel occupé.

» Les chantiers et ateliers poussiéreux au sens du présent arrêté seront désignés par les ingénieurs en chef-directeurs des arrondissements miniers.

» Les installations, appareils ou dispositifs dont il s'agit doivent être d'un type préalablement agréé par l'Administration des Mines.

» Le nombre, les emplacements, etc., de ces installations, appareils ou dispositifs seront déterminés, au besoin, par arrêtés ministériels.

» Sont à considérer comme agréés dès à présent, les installations, appareils ou dispositifs comportant le captage des poussières par aspiration, la pulvérisation de liquides, et l'emploi de masques anti-poussières individuels, sans pression ou sous légère pression. »

Le préambule justifiant cet arrêté considère en effet : « que la mécanisation des opérations de creusement, tant en veine qu'en roche, produit, dans certains cas, une importante quantité de poussières ténues qui se répandent dans l'atmosphère ambiante;

» Qu'il en est de même dans certaines circonstances pour ce qui concerne le transport des produits;

» Et que l'absorption de ces poussières par les voies respiratoires est néfaste, à la longue, à la santé du personnel occupé, et qu'il s'indique en conséquence de la réduire dans toute la mesure du possible. »

Signalons que l'action nocive des poussières avait retenu depuis longtemps l'attention des exploitants. On en verra la preuve dans les multiples dispositifs inventés en Belgique et décrits dans les *Annales des Mines* et dans les *Rapports annuels de l'Institut National des Mines*.

Nous les mentionnons sans plus amples détails :

— Le sac à poussières des carrières de coticule de Bihain (1907).

— Le capteur Fourneau des Charbonnages Belges à Frameries (1920).

— Le capteur des Charbonnages de Patience et Beaujonc (1920).

— Et plus récemment les masques filtrants Brison (1938).

— Les masques à vent soufflé des Charbonnages d'Hensies-Pommerœul (1938).

— Les capteurs Recsi et Collinet (1938).

Tous ces engins ont rendu des services appréciables lorsque la production des poussières était plus ou moins localisée, mais dans les conditions actuelles, l'empoussiérage général des chantiers impose des moyens de protection collective.

Ceux-ci ont été appliqués en Belgique avec des fortunes diverses.

La confrontation des mesures conimétriques que nous avons faites dans le bassin de Liège fera ressortir les possibilités qu'offre la mise en œuvre conjuguée des différents modes d'humidification.

Tel est le but essentiel de notre travail.

Ajoutons que, subsidiairement, nous nous sommes assigné d'éclairer les autorités administratives quant au classement des chantiers en « poussiéreux » et en « non poussiéreux ».

Nous n'avons donc pas cherché à démontrer que telle méthode d'abatage des poussières donne tel rendement, c'est-à-dire produit une réduction déterminée de la teneur en poussières.

En effet, le travail d'expérimentation et de description des méthodes de lutte contre les poussières a été entrepris par l'Institut d'Hygiène des Mines après sa création, dès 1946.

A cette époque, dans les chantiers d'abatage du charbon, on a tenté de déterminer le rendement obtenu, dans la réduction de la teneur en poussières, par l'injection d'eau en veine.

Des essais entrepris en septembre 1946, au Siège du Quesnoy des Charbonnages du Bois-du-Luc, ont démontré que, par l'injection d'eau en veine, la réduction de la teneur en poussières pouvait atteindre 70 % de la teneur moyenne enregistrée lors d'essais à sec (1).

Par contre, en mai 1947, aux Charbonnages de Ressaix des essais analogues ne donnaient qu'un rendement de l'ordre de 30 à 40 % (2).

Déjà à cette époque, on pouvait affirmer que le rendement obtenu par l'injection d'eau en veine dépend essentiellement du soin apporté à son exécution et que celle-ci requiert de la part de l'ingénieur exploitant une étude systématique préalable et constante.

Depuis 1947 également, les marteaux-piqueurs à pulvérisation d'eau ont été mis en service dans certains charbonnages belges et les rendements obtenus par cette méthode d'abatage des poussières, ont varié depuis 44 % (aux charbonnages de Patience et Beaujonc) (3) jusqu'à 80 et 83 % (aux Charbonnages d'Amercœur (4) et de Fontaine l'Évêque) (5) en passant par 50 et 65 % (aux Charbonnages de Beeringen) (6).

Au cours de ces années d'expérience, on a également constaté que l'abatage du charbon n'était pas la seule source de soulèvement de poussières, mais que le transport pouvait parfois en produire davantage.

C'est pour cette raison que des pulvérisateurs fixes ont été placés aux différents points de chute des charbons au cours de leur transport. Le rendement de semblable méthode pourrait atteindre 75 % (7).

Nous pensons que ce résultat est beaucoup trop optimiste, mais nous proposons fréquemment d'appliquer cette méthode en même temps que les

marteaux-piqueurs à pulvérisation d'eau et l'injection d'eau en veine.

Dans les travaux au rocher, la perforation à sec et la perforation humide ont été comparées.

Des essais de perforation à sec, entrepris aux Charbonnages de la Grande Bacnure au moyen d'un capteur « Neu », ont donné un rendement de captage de l'ordre de 90 % (8).

Cependant pour atteindre ce résultat, plusieurs conditions plus ou moins difficiles à réaliser sont indispensables.

C'est pourquoi, nous pensons qu'un tel résultat est exceptionnel et qu'il n'est pas possible, au moyen d'un capteur à sec (aspirant les poussières à l'orifice du fourneau de mine), d'obtenir un degré de suppression des poussières comparable à celui que peut donner le forage à l'eau. Les tableaux, diagrammes et photographies des échantillons prélevés par nous, en mai et en juillet 1952, dans les ateliers n^{os} 19 et 20 confirment notre opinion.

Enfin des essais de forage humide entrepris au Siège de Romsée des Charbonnages de Wérister ont démontré que le rendement de cette méthode pouvait atteindre jusque 96 % (9).

En résumé, on peut conclure de ce bref rappel qu'il existe actuellement plusieurs méthodes pour abattre ou éliminer dans une proportion aussi forte que possible les poussières produites par les creusements en veine et en roche ainsi que par le transport des produits.

APPAREILLAGE ET TECHNIQUE

Nous avons choisi comme appareil de mesure, pour entreprendre cette étude, *Le Conimètre* fabriqué par la firme Watson (de Londres), qui présente les avantages et inconvénients suivants :

Avantages :

1. L'appareil est portatif, petit et peu encombrant pour circuler dans les chantiers.
2. Il permet d'estimer visuellement et immédiatement la quantité de poussières en suspension dans l'atmosphère.
3. Il est possible de photographier l'échantillon prélevé.
4. Il est prévu pour un prélèvement de 30 échantillons de poussières.
5. La prise d'échantillon se fait instantanément dès qu'on est en station.

Inconvénients :

1. On peut enregistrer des écarts importants entre les résultats fournis par deux appareils différents. La standardisation n'a pas encore permis d'obtenir l'identité absolue, notamment en ce qui concerne la vitesse d'aspiration réalisée par la pompe à ressort.

(1) Voir communication n^o 7 de l'Institut d'Hygiène des Mines (I.H.M.).

(2) Voir communication n^o 24 de l'I.H.M.

(3) Voir communication n^o 31 de l'I.H.M. - Octobre 1947.

(4) Voir communication n^o 70 de l'I.H.M. - Mars 1950.

(5) Voir communication n^o 41 de l'I.H.M. - Mars 1948.

(6) Voir communication n^{os} 29 et 54 de l'I.H.M. - Juillet 1947 et janvier 1949.

(7) Voir communication n^o 29 de l'I.H.M.

(8) Voir communication n^o 26 de l'I.H.M. - Avril 1947.

(9) Voir communication n^o 19 de l'I.H.M. - Février 1947.

2. Les résultats fournis par un même appareil en aspirant plusieurs prises successives peuvent varier. En effet, chaque prise se fait à un temps bien déterminé. Deux prises successives se font donc à des temps différents, et les conditions dans lesquelles les échantillons ont été prélevés peuvent avoir varié.
3. Le comptage des particules est difficile. Il peut légèrement varier d'un opérateur à l'autre.
4. Lorsque l'échantillon d'air poussiéreux prélevé contient trop de poussières, le comptage devient impossible. Nous verrons plus loin comment nous avons résolu ce problème pour comparer deux échantillons très poussiéreux.
5. Le microscope grossit 200 fois les particules, ce qui ne nous permet pas de voir et donc de compter les particules inférieures à $0,5 \mu$ qui sont certainement très dangereuses.

Devant cette série impressionnante d'inconvénients qui peuvent entacher les mesures d'une certaine erreur, nous avons cependant retenu les trois premiers avantages qui sont très importants.

Grâce à ces trois avantages inhérents au conimètre, il nous sera possible de classer *rapidement* les chantiers en deux catégories « les poussiéreux » et les « non poussiéreux ».

Le Conimètre.

Une pompe à ressort d'un volume de 5 cm^3 crée une dépression très brusque dans une chambre étroite comprise entre deux plaques circulaires, l'une en verre, l'autre en métal.

Cette dépression provoque une aspiration de l'air poussiéreux à travers un conduit de $0,5 \text{ mm}$ de diamètre perçant la plaque métallique. L'air, pénétrant à grande vitesse dans la chambre, frappe violemment la plaque de verre enduite de vaseline qui capte les poussières.

La plaque de verre peut tourner autour de son centre : cette disposition permet le prélèvement de trente échantillons successifs. Chacun d'entre eux constitue une plage indépendante qui, éclairée par transparence, peut être observée au moyen du microscope fixé à demeure sur l'appareil.

L'oculaire du microscope est pourvu d'un réticule sur lequel sont gravées deux lignes qui se croisent au centre du champ et font entre elles un angle de 18° (voir planches I, II et III).

Dénombrement des particules.

Le réticule est utilisé pour simplifier le dénombrement des particules. En effet, cette dernière opération se limite à la zone comprise dans les angles aigus formés par les deux lignes. Elle donne le nombre de grains qui se trouvaient en suspension dans

$$\frac{2 \times 18^\circ}{360^\circ} \times 5 \text{ cm}^3 \text{ ou } 0,5 \text{ cm}^3$$

Parallèlement à l'un des côtés des angles aigus est gravée une troisième ligne. La distance entre

celle-ci et le côté de l'angle représente une longueur de 5 microns sur la plaque de verre. On est ainsi en mesure d'apprécier les dimensions des grains de poussière.

Pour l'examen des plages et le dénombrement des particules, l'appareil est monté sur un support stable et la plaque de verre éclairée par une lampe à incandescence.

Lorsque les poussières sont réparties régulièrement dans le champ du microscope, il est possible de compter jusqu'à des teneurs de 2 000 particules par cm^3 . Mais si elles sont rassemblées dans une petite région du champ, on est limité à une teneur fort inférieure.

On pourrait croire que le dénombrement des poussières est une opération absolument objective donnant des résultats indiscutables. Il n'en est rien. Lorsqu'on se trouve dans les meilleures conditions (petit nombre de particules disséminées sur toute la surface du champ), on aperçoit un certain nombre de points se situant à la limite de visibilité, apparaissant ou disparaissant pour une très légère modification de la mise au point ou même de l'éclairage. L'opérateur les compte ou les néglige. Et quand il y a des agglomérations, le même opérateur doit estimer le nombre de particules qu'elles renferment.

Dans le présent travail, tous les dénombrements ont été faits par le même opérateur. On peut donc admettre que les résultats sont comparables.

Indice photométrique.

Dans le but de classer les échantillons où le dénombrement est impossible, nous avons adopté une méthode photométrique. Celle-ci permet de caractériser l'opacité d'une plage par un nombre : l'indice photométrique.

Si l'on éclaire (par transparence) une plage du conimètre, une partie de la lumière est arrêtée par les poussières, tandis que l'autre passe et traverse le microscope. Si Q_a est le flux lumineux arrêté, Q_p le flux lumineux qui traverse le microscope et Q_t le flux qui traverserait le même microscope en l'absence de toute poussière sur la plage considérée, on peut admettre qu'on a la relation :

$$Q_t = Q_a + Q_p \tag{1}$$

Q_p est facile à mesurer : il suffit de placer une cellule photoélectrique derrière l'oculaire. Le courant débité par la cellule I_p est une mesure du flux lumineux qui la frappe (Q_p). La relation entre Q_p et I_p est même linéaire si la cellule débite en court-circuit. La même cellule donne également un courant I_t proportionnel à Q_t lorsqu'on opère, dans les mêmes conditions, sur une ou deux plages restées vierges sur la même plaque.

La relation (1) a, dans ces conditions, comme conséquence immédiate :

$$I_t = I_a + I_p$$

I_a étant le courant que donnerait la même cellule pour un flux lumineux Q_a .

L'indice photométrique, qui exprime l'opacité d'un échantillon se définit par la relation :

$$I_{ph} = 100 \frac{Q_a}{Q_t}$$

se mesure donc par :

$$100 \frac{I_a}{I_t} \quad \text{ou} \quad 100 \frac{I_t - I_p}{I_t}$$

Le dispositif expérimental est réalisé de la façon suivante. Le conimètre est placé sur un support afin que l'axe du microscope soit horizontal. La plage à observer est fortement éclairée par un projecteur de cinéscopie dont on n'a conservé que la boîte à lumière avec le condensateur optique. La source de lumière est une lampe à incandescence de 35 watts, 6 volts, alimentée par un accumulateur au plomb d'une capacité de 105 ampères/heure.

Le condensateur donne du filament de l'ampoule une image très floue sur la plaque de verre en face de l'objectif du microscope. La cellule photoélectrique est montée à l'extrémité d'un tube s'emboîtant sur le tube du microscope du côté de l'oculaire. Les deux bornes de la cellule sont connectées au dispositif de mesure réalisé suivant le schéma de la figure 1.

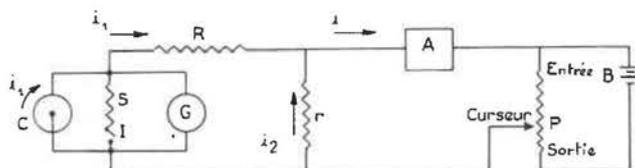


Figure 1.

- A : Milliampèremètre (sensibilité 0.5 milliampères);
- B : Batterie d'accumulateurs (deux éléments alcalins de 1,5 volt chacun);
- C : Cellule photoélectrique;
- G : Galvanomètre à miroir : sensibilité : un déplacement du spot de de 1 mm à 1 mètre de distance correspond à 16×10^{-10} ampères;
- S : Shunt du galvanomètre (150 ohms);
- I : Interrupteur permettant d'utiliser ou de retirer le shunt;
- P : Potentiomètre;
- R : Résistance de 50.000 ohms environ;
- r : Résistance de 500 ohms environ.

L'interrupteur I étant ouvert, la cellule (C) éclairée à travers le microscope débite, en l'absence de la batterie (B), dans le galvanomètre (G) dont le spot dévie. En raccordant la batterie et en agissant à bon escient sur le potentiomètre (P), on peut ramener à zéro le spot du galvanomètre. A ce moment, il passe dans la cellule, un courant i_1 , le même que dans la résistance (R). Et la différence de potentiel aux bornes de la cellule est nulle puisqu'aucun courant ne passe dans le galvanomètre.

Tout se passe donc comme si la cellule débitait en court-circuit et le courant i_1 est proportionnel au flux lumineux frappant la cellule.

Dans ces conditions, le courant mesuré au milliampèremètre (A), vérifie la relation :

$$i = \left(1 + \frac{R}{r}\right) i_1$$

On dispose, lors de la mise au point, du coefficient d'amplification R/r pour obtenir au milliampèremètre (A) une déviation proche du maximum lorsqu'on opère sur une plage vierge.

Le potentiomètre (P) a été réalisé pour faciliter la mise à zéro du galvanomètre. Il est représenté schématiquement à la figure 2.

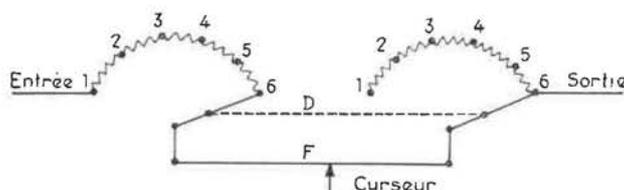


Fig. 2.

Il est formé d'au moins deux résistances à plots dont on peut utiliser une certaine partie au moyen du combinatoire D. Elles sont réunies par un potentiomètre monofilaire (F) à curseur. La disposition est telle que la résistance totale entre l'entrée et la sortie est constante quelle que soit la

position du combinatoire; de plus, la résistance entre deux plots consécutifs est légèrement inférieure à celle du fil F. Celui-ci a une longueur de 1,20 m et une résistance de l'ordre de 1 ohm.

Si la résistance comprise entre deux plots consécutifs est de 1 ohm, nous voyons que, dans le cas de la figure 2, la résistance totale est de 6 ohms et la résistance entre la borne d'entrée et le curseur peut, suivant la position de celui-ci, prendre n'importe quelle valeur entre 5 et 6 ohms.

En déplaçant les doigts sur les plots 5, la résistance totale (entre bornes d'entrée et de sortie) reste la même, tandis que la résistance entre curseur et entrée peut varier de 4 à 5 ohms.

Le shunt du galvanomètre est utilisé lors du passage d'une plage à la suivante pour éviter le lancement du spot à l'extrémité de sa course.

Après une première demi-heure de fonctionnement pendant laquelle le flux lumineux de l'ampoule augmente, la stabilité lumineuse du dispositif ainsi réalisé est tout à fait satisfaisante au moins pendant deux heures de fonctionnement continu, temps largement suffisant pour procéder aux mesures photométriques des trente plages d'une plaque.

D'autre part, l'expérience a montré que, pour une plaque bien nettoyée, les indications du milliampèremètre pour les différentes plages diffèrent entre elles de moins de 1 %.

Photographie des échantillons.

Dans le but de faire éventuellement état des échantillons prélevés, ceux-ci sont habituellement photographiés. Pour cela, dans l'installation servant à la mesure de l'indice photométrique, on remplace la cellule photoélectrique par une chambre noire photographique à plaques, dont l'objectif a été enlevé (le microscope du conimètre fait ici office d'objectif photographique).

La mise au point est vérifiée pour chaque plage sur verre dépoli.

Le format utilisé est de 9×12 cm : le champ du microscope peut ainsi être représenté par un cercle d'environ 7 cm de diamètre, ce qui correspond au grossissement du microscope.

DESCRIPTION DES CHANTIERS VISITES

Nous avons parcouru un certain nombre de chantiers de différentes sociétés du Bassin Houiller de Liège et nous y avons prélevé des échantillons d'air chargés de poussières.

1) *Chantiers d'abatage du charbon.*

Afin de pouvoir comparer les résultats obtenus, nous avons rassemblé dans le tableau A la description de quelques-uns des chantiers visités en indiquant les conditions de gisement, la méthode d'exploitation, le mode d'aérage, la vitesse du courant d'air dans la voie de retour d'air, les moyens d'évacuation, les endroits où ont été prélevés les échantillons d'air, les moyens de lutte contre les poussières et enfin le diagramme de l'indice photométrique en fonction du chemin parcouru.

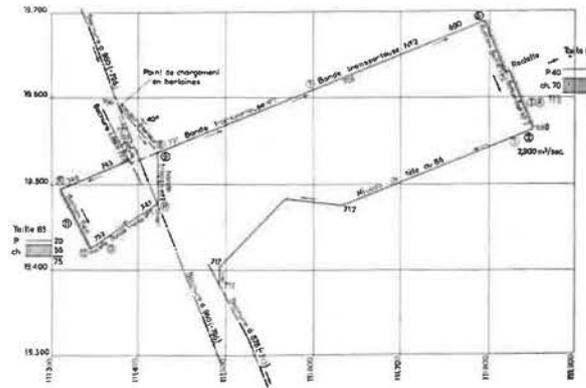
Les endroits où ont été prélevés les échantillons, sont représentés aux différents plans par un chiffre entouré d'un cercle. Le chiffre représente le numéro de la plage du conimètre sur laquelle la poussière a été aspirée.

Ces mêmes chiffres sont repris aux différents tableaux et diagrammes ci-annexés. Les échantillons ont toujours été prélevés au poste d'abatage le plus important lorsqu'il y a deux postes d'abatage.

Les cotes des différents plans sont rapportées au niveau de la mer pris comme origine (sauf pour le chantier n° 14).

TABLEAU A

Nom du chantier	N° 1 (T.86)	N° 1bis (T. 85)	N° 2	N° 7	N° 14	N° 15	N° 16	N° 18
1. Conditions de gisement.								
Couche n°	9	9	8+9 réunies	9	8+9 réunies	14	14	14
Composition de la couche: voir	plan n° 1	plan n° 1	plan n° 2	plan n° 7	plan n° 14	plan n° 15	plan n° 16	plan n° 18
Pente de la couche	— 3°	— 2°	25°	14°	21°	10°	26°	15° à 24°
Nature du toit	peu résistant	peu résistant	peu résistant	résistant	peu résistant	très résistant	très résistant	résistant
2. Méthode d'exploitation: taille chassante.								
Longueur de la taille suivant la pente	140 m	79 m	190 m	150 m	GV + 6P réunies 52 m GV seule 37 m 6P seule 48 m	174 m	185 m	260 m
Largeur de havée, en mètres	1,85	1,85	1,00	1,50	1,00	2,10	1,20	1,20
Avancement journalier	½ hève	½ hève	0,40	1,50	0,50	1,05	0,60	0,60
Abatage au marteau piqueur	au 1 ^{er} poste	1 ^{er} poste	1 ^{er} poste	1 ^{er} et 2 ^e postes	1 ^{er} poste	1 ^{er} poste	1 ^{er} poste	1 ^{er} poste
Nombre d'ouvriers à veine au 1 ^{er} poste	49	18	24	29	6P seule: 4 GV + 6P } réunies } + GV seule } 12	46	23	15
» » » » » 2 ^e poste	—	—	—	15	—	—	—	—
Production en tonnes nettes au 1 ^{er} poste	164	65	136	140	126	300	159	90
» » » » » 2 ^e poste	—	—	—	75	—	—	—	—
» » » » » par jour	164	65	136	215	126	300	159	90
3. Aérage.								
Suivre les flèches sur le plan	n° 1	n° 1	n° 2	n° 7	n° 14	n° 15	n° 16	n° 18
Aérage ascendant ou descendant	faible rabat vent	faible rabat vent	ascensionnel	ascensionnel	ascensionnel	rabat vent	ascensionnel	ascensionnel
Vitesse du courant d'air d ^e la voie de retour d'air	0,75 m/sec	0,58	0,62	0,65	1,70	1,20	1,00	0,50
Débit d'air	2,900 m ³ /sec	2,000	3,260	3,700	4,550	6,600	3,450	1,640
4. Modes d'évacuation (voir plan)	n° 1	n° 1	n° 2	n° 7	n° 14	n° 15	n° 16	n° 18
5. Endroits où ont été prélevés les échantillons (voir tableau)	n° 1	n° 1	n° 2	n° 7	n° 14	n° 15	n° 16	n° 18
6. Moyens de lutte contre les poussières adoptés	1 pulvérisateur fixe en (9)	12 marteaux piqueurs à pulvéris. d'eau + 1 pulvérisateur fixe en (12)	19 marteaux piqueurs à pulv. d'eau	2 pulv. fixes à 5 branches: l'un au-dessus de la 2 ^e chaîne à raclettes, l'autre au-dessus de la 3 ^e chaîne à raclettes	Injection d'eau en veine + Arros. des fronts (voir note ci-dessous)	37 mart. piqu. à pulv. d'eau + 2 pulv. fixes à 5 branch. install. au-dessus du convoyeur à racl. + 1 pulv. fixe au pied de taille	1 pulv. fixe au point de charg. des produits en berlines	néant
7. Diagrammes de l'indice photométrique en fonction du chemin parcouru	n° 1	n° 1bis	n° 2	n° 7	n° 14	n° 15	n° 16	n° 18



Plan n° 1.

TABLEAU N° 1
Taille 86

Plage n°	Photo n°	Nombre total de part/cm ³	Nombre de part. ≥ 5 μ	lph.	Endroit du prélèvement
1			D. I. (1)	36,6	Dans la voie de retour d'air, à 20 m en arrière des fronts.
2			D. I.	26	Idem
3			D. I.	14,1	Dans la taille à 35 m en aval de la voie de retour d'air.
4			D. I.	28,6	Idem
5			D. I.	37,2	Dans la taille, au déversement de la courroie sur la raclette.
6			D. I.	27,9	Au pied de taille.
7		762	33	2,8	Dans la voie de 731/690, au déversement des produits de la B.T. n° 2 sur la B.T. n° 1.
8		628	43	5,4	Dans la voie de 731/690, au déversement des produits de la B.T. n° 1 dans le couloir freineur.
9		690	39	4,5	Idem

Table 85

Plage n°	Photo n°	Nombre total de part/cm ³	Nombre de part. ≥ 5 μ	lph.	Endroit du prélèvement
10			D. I.	8,9	En tête de taille (entrée d'air, aérage en rabat vent).
11			D. I.	17,5	En taille, à 40 m de la tête de taille.
12	1		D. I.	18	Au pied de taille.
13			D. I.	16,7	Dans la voie de base de taille, au déversement des produits de la chaîne à raclettes sur la B.T. n° 2.
14		614	69	6,3	Dans la voie de base de taille au déversement des produits de la B.T. n° 2 sur la B.T. n° 1.

(1) D.I. = Dénombrement impossible.

(2) Les numéros des photographies repris à la deuxième colonne des différents tableaux renvoient aux 16 photographies reproduites sur les planches I, II et III.

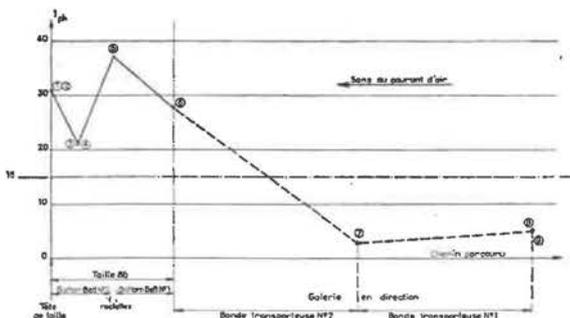


Diagramme n° 1.

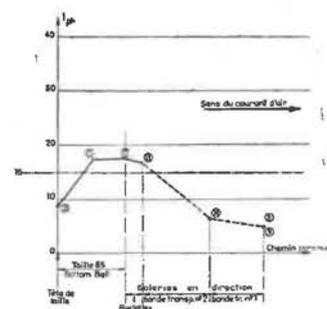
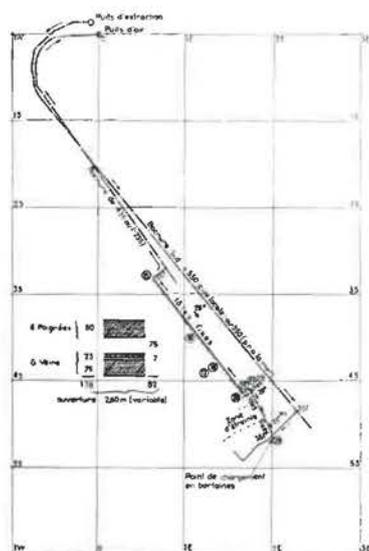


Diagramme n° 1bis.



Plan n° 2.

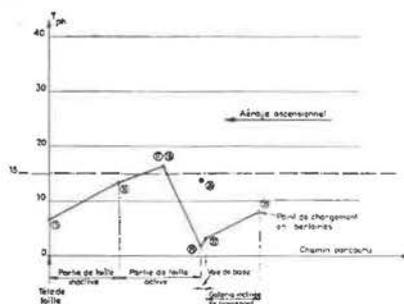
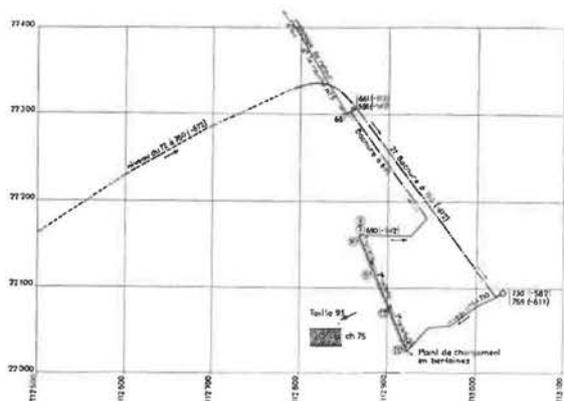


Diagramme n° 2.

TABLEAU N° 2

Plage n°	Photo n°	Nombre total de part/cm ³	Nombre de part. $\geq 5 \mu$	lph.	Endroit du prélèvement
15	2	584	42	6,7	Dans la voie de retour d'air en tête de taille.
16		1 096	72	13,2	Dans la taille, 100 m en amont de la voie de 319.
17		1 630	45	19,7	Dans la taille, 50 m en amont de la voie de 319, échantillon pris près d'un marteau piqueur en service.
18	3	1 462	42	13,2	Dans la taille, 50 m en amont de la voie de 319.
19		252	9	1,5	Au pied de taille au déversement du charbon sur la chaîne à raclettes.
26		D. I.			13,6
27		706	9	3,2	Dans la voie de base en tête de la galerie inclinée, au déversement des produits de la chaîne à raclettes dans des couloirs fixes.
28	4	922	35	8	Au pied de la galerie inclinée, au chargement des produits en berlines.



Plan n° 7.

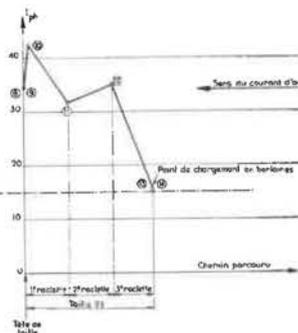


Diagramme n° 7.

TABLEAU N° 7

Plage n°	Photo n°	Nombre total de part/cm ³	Nombre de part. ≥ 5 μ	Iph.	Endroit du prélèvement
8			D. I.	34,4	En tête de taille, au niveau de retour d'air de 690 (- 542).
9			D. I.	34,3	Idem
10			D. I.	42,6	En tête de taille, près du premier abatteur.
11			D. I.	31,4	En taille 3 m en amont du pied de la première chaîne à raclettes.
12	5		D. I.	35	En taille 3 m en amont du pied de la deuxième chaîne à raclettes.
13			D. I.	17,2	Au pied de taille, 3 m en amont du pied de la troisième chaîne à raclettes.
14	6	1 298	46	11,9	Idem



Plan n° 14.

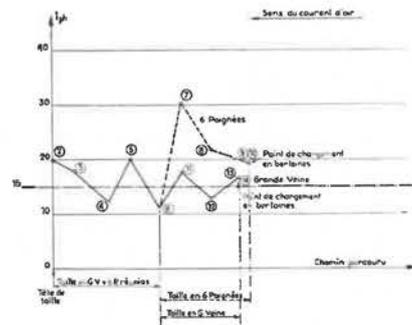


Diagramme n° 14.

TABLEAU N° 14

Plage n°	Photo n°	Nombre total de part/cm ³	Nombre de part. ≥ 5 μ	Iph.	Endroit du prélèvement
2			D. I.	19,9	En tête de taille, au niveau de la Bre de retour d'air de 505.
3			D. I.	17,8	En taille 10 m en aval du niveau de retour d'air de 505 (G.V. + 6 P. réunies).
4		1 236	39	12,3	» 25 m » »
5			D. I.	20,1	» 35 m » »
6	7		D. I.	10,7	» 45 m » »
7			D. I.	30,4	Dans la taille 6 Poignées seule, à 55 m en aval du niveau de retour d'air de 505.
8			D. I.	21,5	Idem 70 m » »
9		1 072	29	9,7	Au pied de la taille de 6 Poignées seule, en tête de l'incliné reliant 6 P. à G.V. — pas de chute de charbon.
10			D. I.	28,9	Idem — mais pendant la chute du charbon.
11			D. I.	17,8	Dans la taille de G.V. seule, 55 m en aval du niveau de retour d'air de 505.
12			D. I.	12,7	» » 70 m » »
13			D. I.	15,5	Au pied de la taille G.V. seule, au chargement des produits en berlines.
14			D. I.	17,7	Idem.

Note relative au chantier n° 14.

a) Nous rappellerons brièvement les opérations effectuées avant le poste d'abatage (du 25-6-52) au cours duquel nous avons prélevé les échantillons.

— Le long du front de taille où la couche 6 Poignées est exploitée seule, 13 trous ont été forés et injectés d'eau au poste d'après-midi du 24-6-52.

— Le long du front de taille où la couche Grande Veine (= couche n° 9) est exploitée seule :

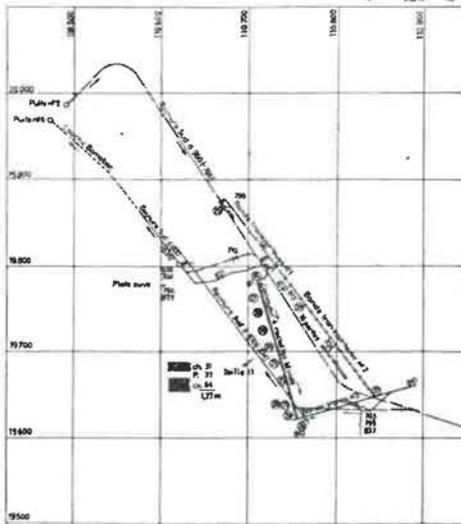
- arrosage du charbon en place le 24-6-52 au poste de nuit;
- 9 trous ont été forés et injectés d'eau au poste d'après-midi du 23-6-52.

— Le long du front de taille où les couches 6 Poignées et Grande Veine sont exploitées simultanément :

- arrosage du charbon en place au poste de nuit du 24-6-52.

b) Désignation des quelques paramètres dont dépend l'injection d'eau :

- largeur de havée : 1 m;
- profondeur des trous de sonde : 1,60 m;
- distance entre trous : 4 m;
- pression de l'eau injectée : 17 kg/cm²;
- débit d'eau : 8 à 10 litres par minute;
- durée de l'injection d'eau dans chaque trou : on essaie d'atteindre 12 à 15 minutes.



Plan n° 15.

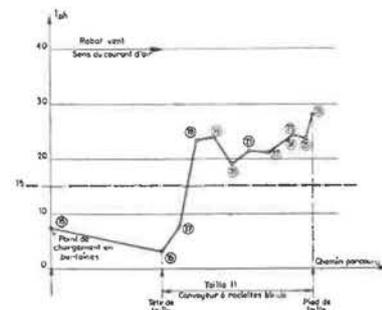
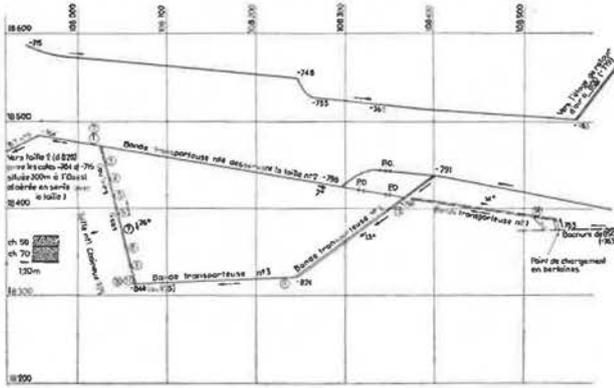


Diagramme n° 15.

TABLEAU N° 15

Plage n°	Photo n°	Nombre total de part/cm ³	Nombre de part. $\geq 5 \mu$	lph.	Endroit du prélèvement
15		940	22	7,5	Dans la Bre principale d'entrée d'air (vitesse du ct. d'air 4,6 m/sec) au chargement des produits en berlines.
16		464	20	3,2	En tête de taille au niveau d'entrée d'air de 811. A 20 m de la tête de taille. A 40 m » » A 60 m » » A 80 m » » A 100 m » » A 120 m » » A 150 m » » Idèm. A 165 m » »
17		1 096	24	7,7	
18		D. I.		23,5	
19		D. I.		24,1	
20		D. I.		19,3	
21	8	D. I.		21,4	
22		D. I.		21,2	
23		D. I.		22,5	
24		D. I.		26,7	
25		D. I.		23,6	
26		D. I.		28,3	Au pied de taille, dans la voie d'évacuation des produits (au-dessus de la bande transporteuse), c'est-à-dire dans le retour d'air du chantier.
27		D. I.		22,6	Au déversement des produits de la B.T. n° 3 sur la B.T. n° 2.
28		1 172	21	10,3	Au déversement des produits de la B.T. n° 2 sur la B.T. n° 1.



Plan n° 16.

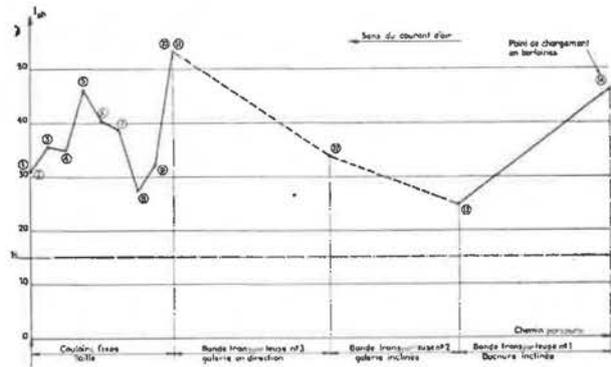
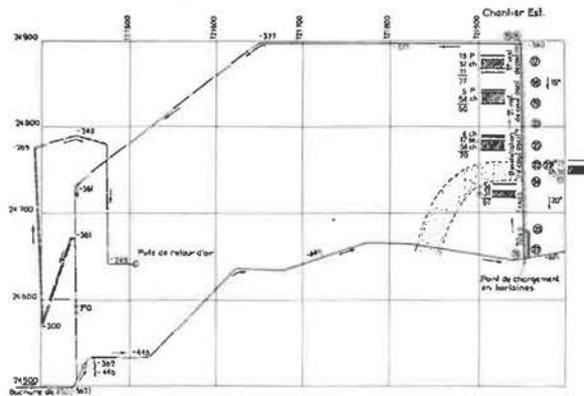


Diagramme n° 16.

TABLEAU N° 16

Plage n°	Photo n°	Nombre total de part/cm ³	Nombre de part. ≥ 5 μ	lph.	Endroit du prélèvement
1		D. I.		25,6	En tête de taille au niveau intermédiaire de — 764.
2		D. I.		35,8	Idem.
3		D. I.		35,6	A 22 m de la tête de taille.
4		D. I.		34,8	A 45 m » »
5		D. I.		45,9	A 67 m » » (pendant la chute du charbon dans les couloirs fixes).
6	9	D. I.		40,5	A 90 m de la tête de taille.
7		D. I.		38,9	A 115 m » »
8		D. I.		27,1	A 135 m » »
9	10	D. I.		31,8	A 160 m » »
10		D. I.		46,6	Au pied de taille, en amont du déversement des produits sur la B. Transporteuse n° 3, au moment du déversement.
11		D. I.		59,6	Idem — au moment du déversement.
12		D. I.		33,5	Au déversement des produits de la B.T. n° 3 sur la B.T. n° 2.
13		D. I.		24,9	Au déversement des produits de la B.T. n° 2 sur la B.T. n° 1.
14		D. I.		45,8	Au déversement des produits de la B.T. n° 1 dans les berlines.



Plan n° 18.

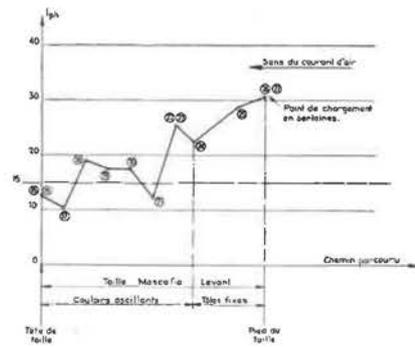


Diagramme n° 18.

TABLEAU N° 18

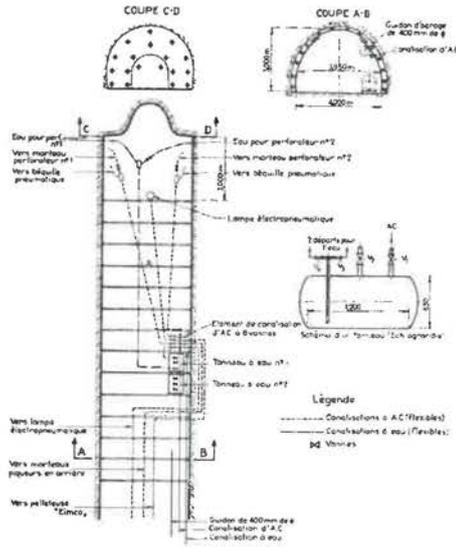
Plage n°	Photo n°	Nombre total de part/cm ³	Nombre de part. $\geq 5 \mu$	Iph.	Endroit du prélèvement
15		D. I.		10,9	En tête de taille au niveau de retour d'air de — 377.
16		D. I.		13,7	Idem.
17		D. I.		10,3	A 25 m de la tête de taille (couloirs oscillants arrêtés).
18		D. I.		18,9	A 50 m » »
19		D. I.		17,4	A 75 m » »
20		D. I.		17,4	A 100 m » »
21		D. I.		12,2	A 125 m » »
22		D. I.		27	A 150 m » » (couloirs oscillants en marche).
23		D. I.		23,5	Idem.
24		D. I.		22,4	A 170 m de la tête de taille (C.O. en marche et piqueur en service à proximité).
25		D. I.		28,7	A 220 m de la tête de taille, en tête de la deuxième installation de couloirs fixes pendant la chute du charbon.
26		D. I.		30,4	Au pied de taille.
27		D. I.		30,8	Idem.

2) *En galerie.*

Le tableau B permet de comparer les résultats obtenus par la perforation à sec et la perforation humide à front d'une galerie au rocher en cours de creusement.

TABLEAU B

	Atelier n° 19 à 760 m de profondeur	Atelier n° 20 à 920 m de profondeur
1. <i>Section de la Bacnure</i> (m ²)	9,86	7,24
<i>largeur au mur</i>	4 000 m	3 m 10
<i>hauteur au centre</i>	3 000 m	2 m 70
<i>cadres : Toussaint Heintzmann</i>	type W	type B
2. <i>Perforation des fourneaux de mines et tir :</i>		
<i>Nombre de perforateurs</i>	2 (sur béquilles)	2
<i>Longueur des fourneaux</i>	2 m 40	2 m
<i>Type de tir</i>	à retard, avec bouchon	à retard, à la dessouave
<i>Nombre de volées</i>	2	1
<i>Lutte contre poussières</i>	forage humide, tête d'injection d'eau Flottman	forage à sec, capteur Colinet
3. <i>Chargement des pierres</i>	à la pelle mécanique Eimco	à la pelle
<i>Arrosage</i>	préalable à l'eau (40 l/m ³ de pierre en foisonnement)	préalable à l'eau (insuffisant)
4. <i>Aérage :</i>		
<i>Débit à front des guidons</i>	1 900 l/sec	500 l/sec
<i>Ø des guidons</i>	400 mm	300 mm
5. <i>Endroits où ont été prélevés les échantillons</i>		
a) <i>pendant forage</i>	Tabl. 19 et 19bis dans l'axe de la bacnure 1 m 70 au-dessus du sol, 8 m en avant de l'orifice des guidons, 6 m en arrière des fronts	Tableau 20 dans l'axe de la bacnure 1 m 70 au-dessus du sol, 2 m en arrière des fronts
b) <i>pendant chargement</i>	dans l'axe de la bacnure 1,70 m au-dessus sol, tantôt 2 m en arrière, tantôt 2 m en avant de l'orifice des guidons	dans l'axe de la voie de roulage où se trouvait la berline en chargement (23) 7 m en arrière des fronts (24) 4 m en arrière des fronts
6. <i>Diagrammes de l'indice photométrique en fonction du temps</i>	diag. 19 et 19bis	diag. n° 20



Plan n° 19.

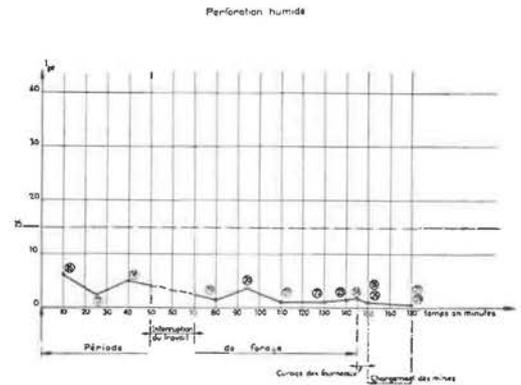


Diagramme n° 19.

TABLEAU N° 19

Forage humide (tête d'injection d'eau Flottman)

Plage n°	Photo n°	Nombre total de part/cm ³	Nombre de part. ≥ 5 μ	Iph.	Endroit du prélèvement : dans l'axe de la galerie à 1 m 70 au-dessus du sol et 6 m en arrière des fronts.	
16	11	1 322	10	6,1	à 10 h	t = 10' 2 perforateurs en service.
17		668	7	2,4	à 10 h 15	t = 25' idem.
18		1 224	15	5,1	à 10 h 30	t = 40' idem — de 10 h 40 à 11 h interruption du travail.
19	12	590	11	1,5	à 11 h 10	t = 80' 2 perforateurs en service.
20		992	18	3,7	à 11 h 25	t = 95' idem.
21		460	6	1,1	à 11 h 40	t = 110' 1 perforateur en service.
22		504	3	1,1	à 12 h	t = 130' 2 perforateurs en service.
23		620	8	1,5	à 12 h	t = 140' idem.
24		658	11	1,7	à 12 h 15	t = 145' idem.
25		442	24	1,6	à 12 h 20	t = 150' pendant le curage des fourneaux à l'A.C.
26		384	7	0,6	Idem.	
27		406	11	0,7	à 12 h 40	t = 170' pendant le chargement des fourneaux de mine.
28		340	6	0,5	Idem.	

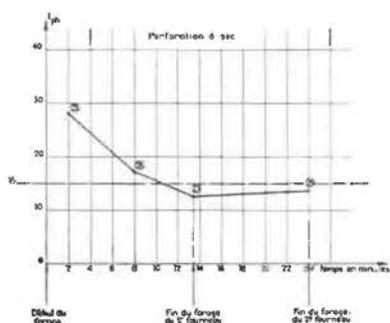


Diagramme n° 20.

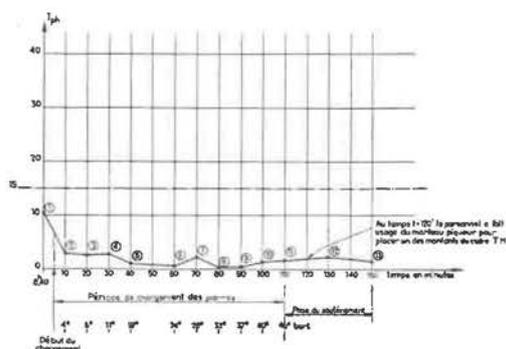


Diagramme n° 19bis.

TABLEAU N° 20

Plage n°	Photo n°	Nombre total de part/cm ³	Nombre de part. ≥ 5 μ	Iph.	Endroit du prélèvement : dans l'axe de la galerie à 1 m 70 au-dessus du sol et 6 m en arrière des fronts.
23	15		D. I.	17,5	Pendant le chargement des pierres en berlines : pelletage non mécanisé (pierres humidifiées).
24			D. I.	16,2	Idem.
25			D. I.	28,1	Perforation à sec, 1 perforateur en service t = 2' (l'origine des temps est le début du forage).
26	16		D. I.	17,1	Idem t = 8'
27			D. I.	12,6	Idem t = 13'30" (fin du forage 1 ^{er} fourneau).
28			D. I.	13,5	Idem t = 24' (fin du forage du 2 ^e fourneau).

TABLEAU N° 19bis

Plage n°	Photo n°	Nombre total de part/cm ³	Nombre de part. ≥ 5 μ	Iph.	Endroit et moment du prélèvement : dans l'axe de la galerie à 1 m 70 au-dessus du sol.
1			D. I.	10,4	à 8 h 40 avant le chargement, peu après la remise en marche du ventilateur (2 m en arrière de l'orifice des guidons).
2		936	9	2,9	à 8 h 50 t = 10' pendant le chargement de la 4 ^e berl. (2 m en arrière de l'orifice des guidons).
3	13	832	3	2,7	à 9 h t = 20' » 6 ^{me} »
4		904	7	2,8	à 9 h 10 t = 30' » 11 ^{me} »
5		504	2	0,9	à 9 h 20 t = 40' » 18 ^{me} »
6		462	2	0,5	à 9 h 40 t = 60' » 24 ^{me} »
7		616	3	2,1	à 9 h 50 t = 70' » 28 ^{me} » (4 m. en avant de l'orifice des guidons).
8	14	496	3	0,4	à 10 h t = 80' » 33 ^{me} »
9		504	5	0,4	à 10 h 10 t = 90' » 37 ^{me} »
10		566	0	1,3	à 10 h 20 t = 100' » 40 ^{me} » (2 m en arrière de l'orifice des guidons).
11		840	1	1,6	à 10 h 30 t = 110' » 46 ^{me} » (3 m en avant de l'orifice des guidons).
12		862	1	2,3	à 10 h 50 t = 130' pendant la pose du soutènement (idem).
13		594	2	1,3	à 11 h 10 t = 150' » »

CONCLUSIONS

D'un examen approfondi et systématique des plans, tableaux et diagrammes précédents, on peut tirer les conclusions suivantes :

1) *En taille.*

De nombreux facteurs influencent simultanément le degré de salubrité d'un chantier en ce qui concerne la teneur en poussière. Il est très difficile et même impossible de séparer chacun de ces facteurs pour en rechercher leur influence.

Il y a tout d'abord les facteurs géologiques qui dépendent des conditions de gisement telles que la profondeur des couches exploitées, la nature de la couche, dure ou tendre, et enfin l'ouverture et la pente.

Il nous semble, en effet, que la profondeur des couches exploitées joue un certain rôle. Si nous comparons l'exploitation de la couche 14 dans le chantier n° 16 à 925 m de profondeur, et dans le chantier n° 18 à 508 m de profondeur, on peut conclure que plus l'exploitation se fait à grande profondeur, plus la quantité de poussières soulevées est abondante. Il suffit d'observer les diagrammes 16 et 18 de ces deux chantiers où on extrait un tonnage du même ordre de grandeur, où la pente de la couche est quasi la même et où la vitesse du courant d'air est voisine de 2 m/sec en taille (débit double au chantier 16 par rapport au chantier 18, mais également, ouverture de la couche double).

Sous l'effet des fortes pressions de terrains la couche devient plus tendre.

Plus l'ouverture de la couche augmente, plus la hauteur de chute du charbon lors de l'abatage augmente et plus le nuage de poussières formé peut être abondant. Cependant lorsque l'ouverture de la couche est grande, la vitesse du courant d'air est ralentie et pour un même débit d'air, on peut dire à première vue que ces deux facteurs, ouverture de la couche et vitesse du courant d'air, se compensent.

Il y a ensuite les facteurs qui dépendent de la méthode d'exploitation adoptée, pour l'abatage, le chargement ou le pelletage, et le transport des produits.

Actuellement, on tend à concentrer l'extraction dans quelques chantiers d'abatage en vue d'augmenter les rendements et de diminuer les indices. Pour ce faire, même dans les gisements très dérangés du Bassin de Liège, on parvient à réaliser dans un même chantier des productions allant jusqu'à 300 t nettes par jour.

Dans la grande majorité de nos chantiers, l'exploitation se fait par la méthode de la « taille chassante » où le charbon est abattu au marteau piqueur. Les indices photométriques des échantillons (19 et 26) prélevés dans le chantier n° 2 montrent combien le marteau-piqueur soulève de poussières dans l'atmosphère ambiante.

Le pelletage des produits abattus en taille engendre également beaucoup de poussières. La teneur en poussière de deux échantillons prélevés à côté d'un abatteur, peut varier de plus de 50 %

suisant que ce dernier est occupé au boisage ou au chargement des produits.

Enfin, le transport des charbons est dans certains chantiers la source la plus abondante de poussières, spécialement aux différents points de chute des produits d'un convoyeur sur un autre, aux points de chargement en berlines, et lors de la chute libre du charbon, dans des tôles fixes ou simplement sur le mur de la couche lorsque la pente est assez forte (photo n° 9).

Pour abattre ou réduire ces nuages de poussières nous disposons actuellement de trois méthodes.

a) *L'injection d'eau en veine* (plan n° 14, diagramme n° 14, tableau n° 14).

Le diagramme n° 14 fait apparaître l'intérêt de la méthode d'injection d'eau en veine dans la lutte contre les poussières.

Nous pensons cependant que ces résultats peuvent être encore améliorés ou bien en augmentant la profondeur des trous de sonde et en les rapprochant davantage, ou bien en renouvelant l'injection d'eau tous les jours, et non un jour sur deux, lorsque la havée est abattue en deux jours; sinon l'eau d'injection s'évapore au contact du charbon plus ou moins chaud.

On remarquera cependant que l'injection d'eau avait été réalisée la veille de nos expériences dans la couche 6 Poignées et c'est là que nous avons des résultats moins bons (spécialement l'échantillon n° 7). Ces résultats confirment davantage notre opinion. Nous croyons, en effet, que les sondages sont trop courts et que, dans ces conditions, il reste des massifs de charbons qui ne sont pas humidifiés entre deux sondages.

L'échantillon 7 a été prélevé vraisemblablement lorsqu'on abattait un tel massif de charbon.

En résumé, pour donner un abattement de poussières de l'ordre de 70 %, comme nous l'avons rappelé plus haut, l'injection d'eau en veine devrait être suivie journalièrement d'une façon minutieuse.

D'autre part, comme le rappelait M. Houberechts, Directeur de l'Institut d'Hygiène des Mines (1), l'injection d'eau agit essentiellement sur la poussière préexistante dans les clivages.

C'est pour cette raison qu'il est intéressant, dit-il, de faire intervenir après l'injection d'eau les marteaux humides, pour rabattre les particules libérées par le dépeçage des blocs. Par ailleurs, l'efficacité de l'injection va en décroissant à mesure que l'abatage progresse en profondeur, la pénétration de l'eau dans les clivages étant de plus en plus réduite.

Nous verrons plus loin que la solution du problème de la lutte contre les poussières exige l'application simultanée de plusieurs méthodes qui se complètent parfaitement.

(1) « L'activité de l'Institut d'Hygiène des Mines au cours de l'année 1951 », par A. Houberechts. - *Annales des Mines de Belgique*, mai 1952.

b) *Les marteaux-piqueurs à pulvérisation d'eau.*

La comparaison des diagrammes 1, 1bis, 2, 7 illustre clairement l'influence favorable des marteaux-piqueurs à pulvérisation d'eau pour supprimer la poussière au premier point de sa formation, c'est-à-dire à l'abatage (chantiers dont la production ne dépasse pas 150 tonnes).

Quant aux diagrammes 15 et 16, ils montrent également combien ces mêmes marteaux peuvent réduire dans de très fortes proportions la teneur en poussières de l'atmosphère d'un chantier. Ces deux diagrammes ont été dressés dans deux chantiers exploitant la même couche à des profondeurs comparables et extrayant des productions, l'un de 300 t nettes par jour et l'autre 139 t.

L'effet favorable des marteaux-piqueurs à pulvérisation d'eau est incontestable, mais malheureusement ce procédé à lui seul nous paraît encore insuffisant dans le chantier n° 15.

Certains prétendent que le marteau piqueur à pulvérisation d'eau se détériore rapidement. Il est exact que souvent des flexibles de raccord (à eau) sont déchirés, que des diffuseurs sont arrachés. Toutefois nous avons rencontré de nombreux chantiers où le nombre de marteaux-piqueurs à pulvérisation d'eau d'une taille en bon état de fonctionnement pouvait atteindre 85 et même 95 % suivant le soin apporté à leur entretien journalier.

Cet entretien nécessite généralement la présence d'un ajusteur au chantier au poste d'abatage, chargé uniquement de la surveillance des pulvérisateurs d'eau.

c) *La pulvérisation aux points de chute des produits au cours du transport.*

Nous avons vu ci-dessus que le transport des produits semblait dans certains chantiers être la source la plus abondante de poussières, spécialement aux différents points de chute des charbons d'un convoyeur sur un autre et aux points de chargement des produits en berlines.

La photographie n° 6 fait apparaître l'intérêt de l'humidification préalable du charbon avant son transport ou son chargement en berlines.

De l'ensemble de ces expériences, on peut conclure que ces trois méthodes ne doivent pas être comparées mais combinées. L'injection d'eau en veine appliquée seule (chantier n° 14), les marteaux-piqueurs à pulvérisation d'eau utilisés seuls (chantier n° 15) et la pulvérisation au cours du transport adoptée seule (chantier n° 7), comme moyen de lutte contre les poussières, sont trois méthodes insuffisantes, pour lutter efficacement, dans les chantiers poussiéreux dont la production atteint et dépasse environ 150 t/jour.

Ces trois méthodes peuvent se combiner parfaitement et leurs résultats sont susceptibles de s'additionner.

2) *Galeries en creusement.*

Nous avons comparé la perforation à sec avec capteur de poussières et la perforation humide avec tête d'injection d'eau Flottmann.

Les diagrammes 20 et 19 sont suffisamment éloquentes pour faire apparaître l'avantage de la perforation humide.

Cela ne veut pas dire que le capteur à sec doit être abandonné. A ce sujet nous pensons que le capteur Hemscheidt aspirant les poussières par l'intérieur du fleuret pourra donner de bien meilleurs résultats que le capteur aspirant les poussières à l'orifice du fourneau de mine.

Malheureusement au cours de nos essais nous n'avons pas pu rencontrer le capteur Hemscheidt en service dans un des Charbonnages du Bassin de Liège.

Enfin, le chargement des pierres nécessite la présence d'eau à front des galeries en creusement laquelle peut être amenée par tonneau ou plus facilement par canalisation d'eau. Dans ces conditions, il y a intérêt à utiliser la perforation humide puisque l'eau doit être amenée à front pour le chargement.

Le diagramme 19bis représente la courbe de l'indice photométrique en fonction du temps, des échantillons d'air chargés de poussières prélevés à front d'une bacnure où le chargement des pierres est réalisé au moyen d'une pelleuse Eimco après humidification satisfaisante des pierres.

Ces résultats peuvent être comparés à ceux obtenus dans l'atelier n° 20 où l'arrosage des pierres, avant chargement, était nettement insuffisant (Iph. 17,5 et 16,2).

Nous avons vu que, pour avoir une humidification satisfaisante, il fallait environ 40 litres d'eau par m³ de pierres en foisonnement.

* * *

Personne ne conteste actuellement que des affections peuvent survenir à toute personne séjournant ou travaillant dans un milieu fortement poussiéreux. En effet, la présence de poussières dans l'air inspiré peut provoquer des manifestations pulmonaires appelées pneumoconioses.

C'est dans les galeries au rocher en creusement et dans les chantiers d'abatage du charbon que se trouve le plus grand nombre de travailleurs exposés au risque de pneumoconiose.

Par suite des concentrations importantes et de la mécanisation des transports, la teneur en poussières des chantiers de travail s'est considérablement accrue au cours de ces dernières années, augmentant ainsi la rapidité de progression des affections pulmonaires.

Une lutte plus efficace et plus généralisée contre les poussières devient de plus en plus urgente.

Car le nombre des victimes méconnues des poussières pourrait facilement dépasser, et de très loin, le nombre des victimes du grisou et des explosifs réunis.

D'autre part, si l'on désire garder la main-d'œuvre actuelle à la mine, il faut améliorer la salubrité des chantiers.

On pourra certes nous objecter que nous avons utilisé pour cette étude un appareil de mesure (le conimètre), qui ne permet pas de déterminer la granulométrie des poussières prélevées et que, selon certains auteurs, seules les poussières inférieures à 5 ou 3 μ sont les plus dangereuses.

A cette objection, dont nous ne nions pas la valeur, nous répondrons qu'il ne faut pas essayer de vouloir abattre les fines poussières sans avoir enlevé préalablement les grosses poussières parce que, si les grosses poussières sont peu nuisibles à la santé, elles bouchent cependant les voies respiratoires, rendant la respiration par le nez beaucoup plus difficile, et obligent l'ouvrier à respirer par la bouche et à absorber en même temps grosses et fines poussières.

Dès lors, il importe d'assainir les chantiers en abattant les grosses poussières et si possible les fines pour améliorer la visibilité, la sécurité et la salubrité du chantier et, en conséquence, pour augmenter le rendement et maintenir une main-d'œuvre stable à la mine.

* * *

Le contrôle de l'empoussièrement de l'atmosphère pose donc le délicat problème de l'évaluation du degré de pollution admissible.

Le moyen de contrôle le plus simple et le plus rapide est l'œil, mais l'impression visuelle dépend beaucoup des conditions d'éclairage, de la granulométrie des particules et surtout de l'observateur.

Il importe donc de définir le degré de pollution limite, au moyen d'un appareil simple et pratique permettant de chiffrer le degré d'empoussièrement de l'air, au-dessus duquel le chantier doit être considéré comme poussiéreux.

Comme nous l'avons déjà dit plus haut, nous avons choisi pour définir le chantier poussiéreux, un appareil portatif, petit et peu encombrant, pour circuler dans les travaux et qui nous permet d'estimer visuellement et immédiatement la quantité de poussières en suspension dans l'atmosphère : le conimètre.

Nous avons vu, au chapitre II, comment se faisait le comptage des part/cm³ et comment nous déterminions ce que nous avons appelé l'indice photométrique de l'échantillon prélevé.

Nous avons prélevé plusieurs échantillons dont le dénombrement des particules était impossible et dont l'indice photométrique était inférieur à 15. Par contre, pour d'autres échantillons, nous avons enregistré 1 500 part/cm³ avec un Iph. = 20,4 tandis que pour 1 800 part/cm³, on n'avait qu'un Iph. = 13,8. Ces résultats, apparemment contradictoires, font apparaître l'influence de la granulométrie des particules sur la détermination de l'indice photométrique.

Malgré cet inconvénient et puisque le nombre de part/cm³ est souvent difficile à déterminer, dans le cas où l'échantillon est très poussiéreux, nous proposons de baser plutôt notre définition du chantier poussiéreux sur l'indice photométrique.

Dans ce qui va suivre, nous distinguerons, d'une part, le chantier d'abatage du charbon et, d'autre part, les galeries en creusement ou travaux préparatoires.

Pour être complète, la définition du chantier d'abatage non poussiéreux devrait fixer :

1) L'endroit du prélèvement d'échantillon.

Nous proposons de prélever au moins un échantillon en tête de taille, six échantillons dans la taille, dans la havée d'évacuation des produits, un échantillon au pied de taille et des échantillons aux différents points de chute du charbon au cours du transport (1 à 2 m en amont du point de chute, l'aérage étant généralement ascensionnel).

2) Le moment du prélèvement.

Au cours du poste d'abatage, au moins une demi-heure après le début et une heure avant la fin de celui-ci.

3) Le degré de pollution maximum au conimètre.

A ce sujet, nous proposerions volontiers quinze comme indice photométrique maximum avec une tolérance limite de + 20 % en l'un ou l'autre point seulement.

En résumé, on pourrait définir provisoirement le chantier d'abatage non poussiéreux de la manière suivante :

« Un chantier d'abatage peut être considéré comme non poussiéreux lorsque l'indice photométrique des échantillons prélevés en tout temps, en tête de taille, dans la taille (dans la havée d'évacuation), au pied de taille et aux différents points de chute du charbon au cours de son transport, reste inférieur à 15, avec une tolérance maximum de + 20 % en l'un ou l'autre point seulement. »

Dans les galeries en creusement (ou travaux préparatoires), on dispose actuellement de méthodes suffisamment efficaces pour réduire au maximum le danger des poussières. La silice est, en effet, la poussière la plus dangereuse et les poussières provenant de la perforation sont très fines.

À notre avis, une galerie en creusement pourra être considérée comme un chantier de travail « non poussiéreux », lorsque l'indice photométrique des échantillons prélevés à 1,70 m au-dessus du sol, dans l'axe de la galerie à quelques mètres en arrière des fronts, restera inférieur à 10 sans tolérance possible. D'autre part, le nombre moyen de part/cm³, de l'ensemble des échantillons prélevés en fonction du temps devra rester inférieur à 700 part/cm³.

Mais ces limites, basées sur l'indice photométrique, ne seraient que provisoires. Elles seraient le premier pas vers un objectif meilleur que nous désirerions fixer à 1 400 part/cm³ pour les chantiers d'exploitation et 600 part/cm³ pour les galeries en creusement.

Pour que les exploitants puissent se rendre compte personnellement de l'empoussièrement de leurs chantiers et de l'efficacité des moyens de lutte adoptés, il conviendrait qu'ils disposent d'appareils de mesure, pour effectuer mensuellement des prélèvements d'échantillons d'air poussiéreux, tout comme les charbonnages classés dans la seconde catégorie des mines à grisou disposent de grisoumètres.

Nous comptons actuellement poursuivre une étude analogue, en utilisant la « Hand-pump »

comme appareil de mesure, lequel présente les mêmes avantages que ceux qui ont été retenus pour le conimètre et nous espérons très prochainement avoir rassemblé à ce sujet des enseignements pratiques et précis.

* * *

En terminant cette étude, nous tenons à remercier tout spécialement M. Samain, Ingénieur Technicien Chimiste, attaché à l'Institut National des Mines, pour la collaboration constante et efficace qu'il nous a apportée dans l'accomplissement de notre mission.

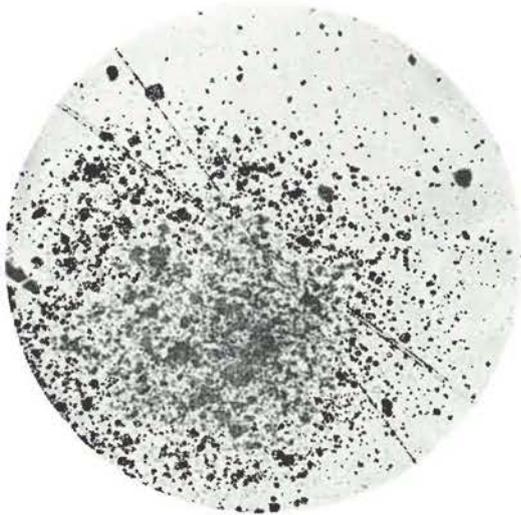


Photo 1. — Chantier n° 1bis. — $I_{ph} = 18$. — D.I.

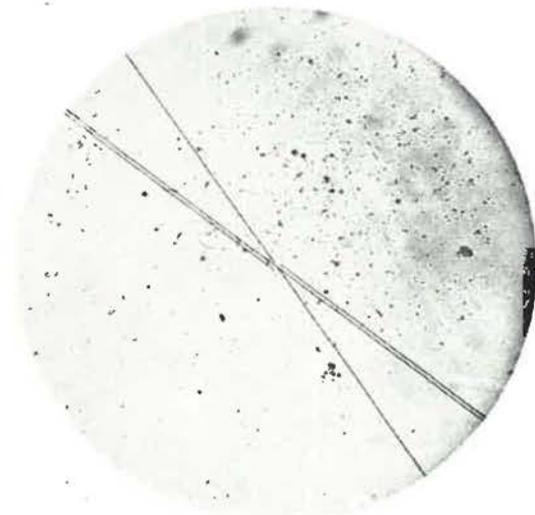


Photo 5. — Chantier n° 2. — $I_{ph} = 1,5$. — 252 part/cm³.

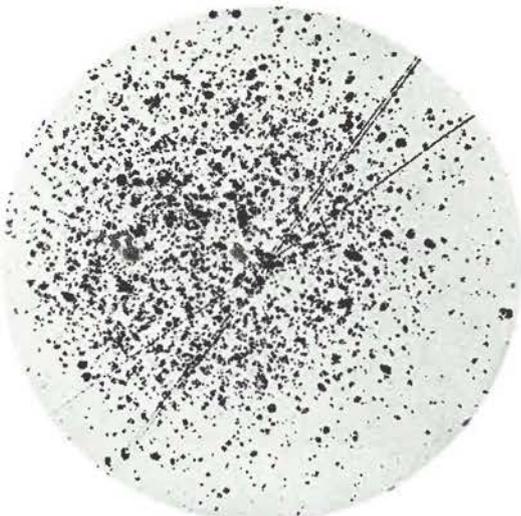


Photo 2. — Chantier n° 2. — $I_{ph} = 15,2$. — 1.096 part/cm³.

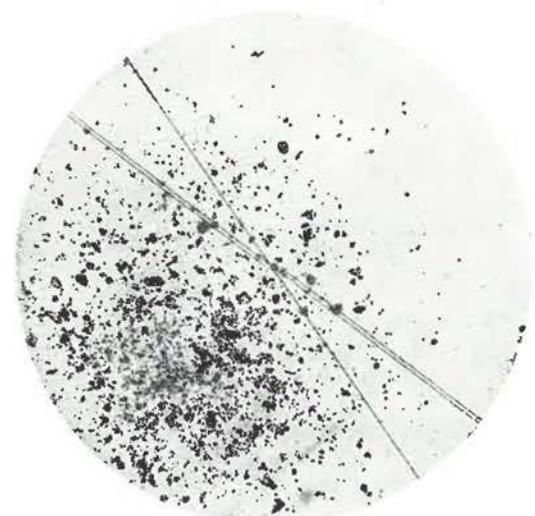


Photo 4. — Chantier n° 2. — $I_{ph} = 8$. — 922 part/cm³.

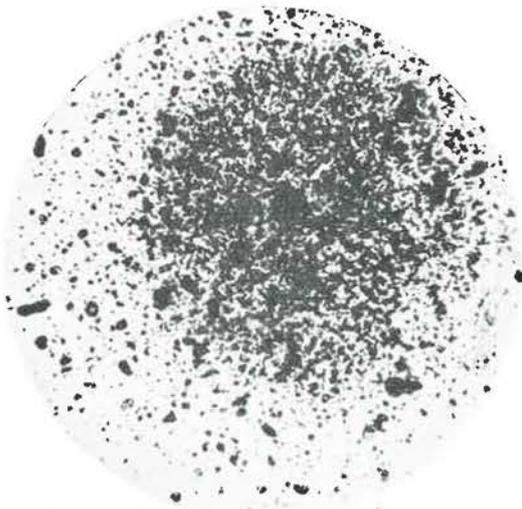


Photo 5. — Chantier n° 7. — $I_{ph} = 35$. — D.I.

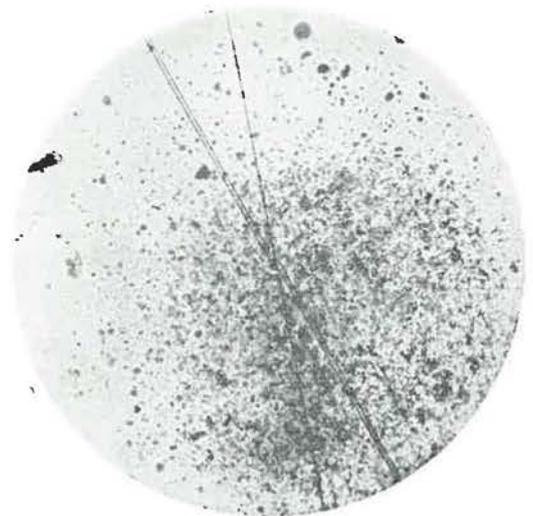


Photo 8. — Chantier n° 15. — $I_{ph} = 21,4$. — D.I.

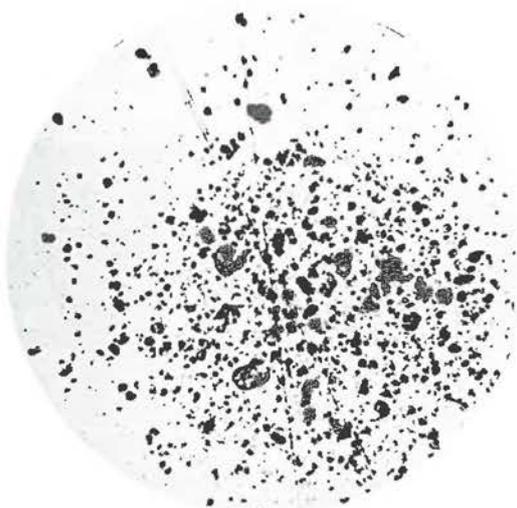


Photo 6. — Chantier n° 7. — $I_{ph} = 11,9$. — 1.298 part/cm^3 .

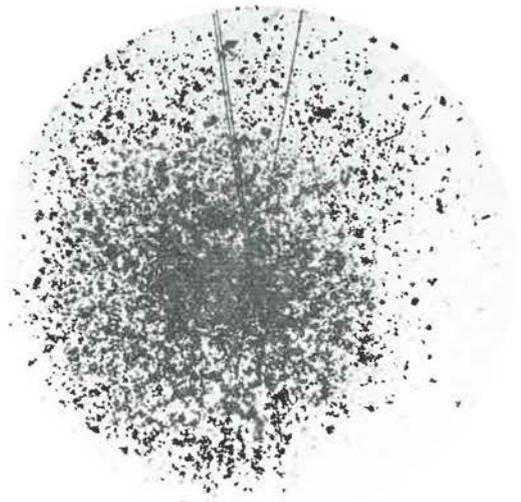


Photo 9. — Chantier n° 16. — $I_{ph} = 40,5$. — D.I.

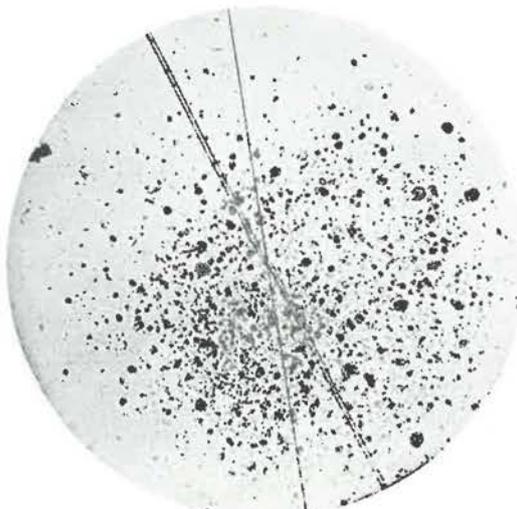


Photo 7. — Chantier n° 14. — $I_{ph} = 10,7$. — D.I.

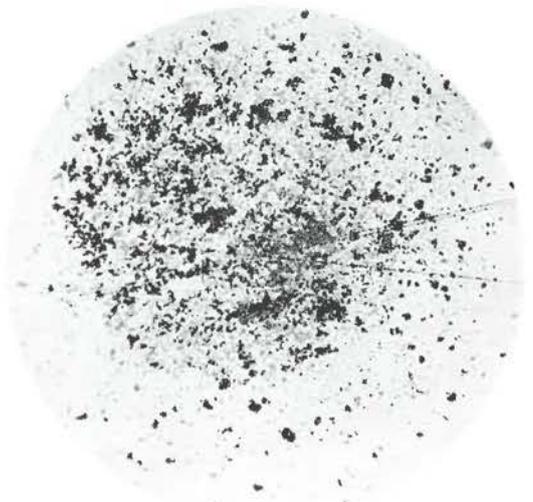


Photo 10. — Chantier n° 16. — $I_{ph} = 31,8$. — D.I.

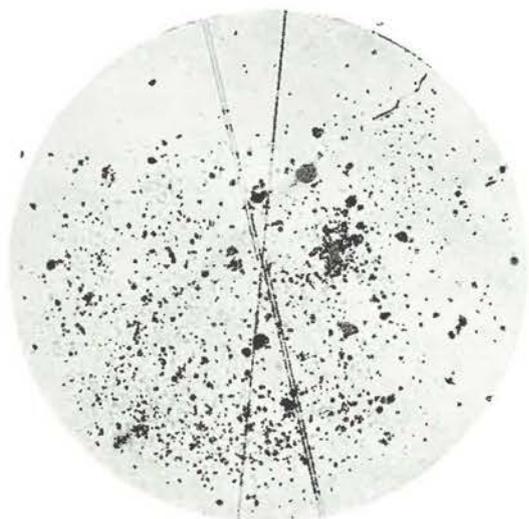


Photo 11. — Atelier n° 19. — $I_{ph} = 6,1$. — 1.522 part/cm³.



Photo 14. — Atelier n° 19. — $I_{ph} = 0,4$. — 496 part/cm³.

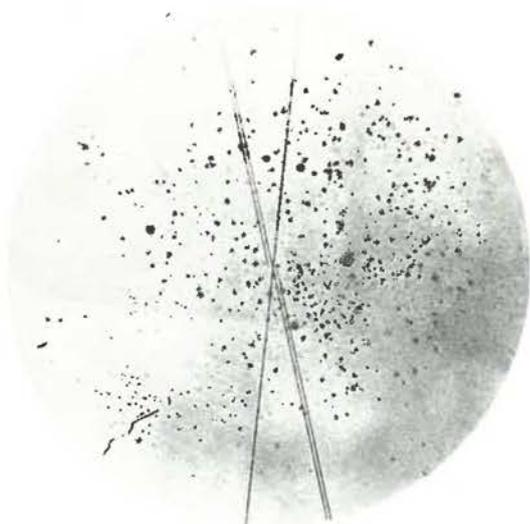


Photo 12. — Atelier n° 19. — $I_{ph} = 0,6$. — 584 part/cm³.



Photo 15. — Atelier n° 20. — $I_{ph} = 17,5$. — D.I.



Photo 15. — Atelier n° 19. — $I_{ph} = 2,7$. — 832 part/cm³.

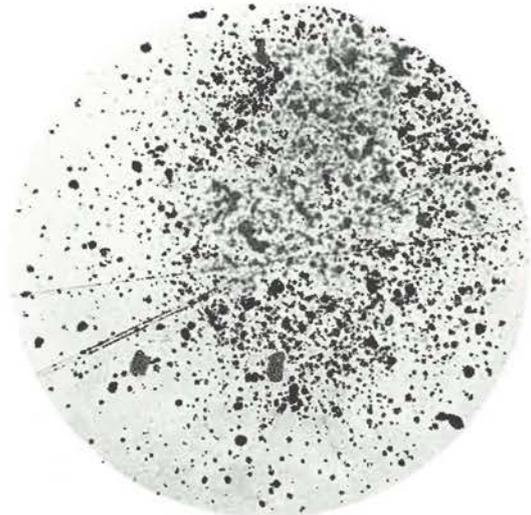


Photo 16. — Atelier n° 20. — $I_{ph} = 17,1$. — D.I.

Utilisation des charbons de faible valeur pour la production de l'énergie aux Etats-Unis d'Amérique

par R. C. COREY ⁽¹⁾ et J. W. MYERS ⁽²⁾

SAMENVATTING

Ingevolge de geleidelijke afname van de kwaliteit van de ruwe kolen, geven de ingenieurs der centrales en de constructeurs van vuurhaarden zich rekenschap van de noodzakelijkheid kolen van mindere hoedanigheid te gebruiken dan degene waaraan zo tot nu toe gewoon waren. De stijging van de prijs der kolen en de wenselijkheid de beste kwaliteiten voor te behouden voor chemische en metallurgische doeleinden, vereisen eveneens een grotere afname van minderwaardige kwaliteiten voor de voortbrengst van energie en warmte.

Dit verslag behandelt alleen maar het gebruik van kolen van lagere hoedanigheid in de vuurhaarden van stoomketels, namelijk in verband met de invloed van het asgehalte, van de smeltbaarheid der assen, van de agglutinerende eigenschappen, van het zwavelgehalte, de vochtigheidsgraad en vergruisbaarheid der kolen. Kolen met meer dan 20 % asgehalte worden gewoonlijk beschouwd als zijnde van mindere hoedanigheid.

In de Verenigde Staten geeft men voor de centrales de voorkeur aan grote eenheden, die tot 680 ton stoom per uur voortbrengen. Mits zekere wijzigingen kan het meest gebruikte vuurhaardtype, met poederkool en poedervormige as, haast alle soorten minderwaardige kolen op bevredigende wijze verwerken. Onder voorbehoud van zekere beperkingen onder oogpunt van het gehalte aan vluchtige bestanddelen en van de smeltbaarheidsgraad der as, kan de cycloonbrander, waarvan de verwezenlijking tamelijk recent is, eveneens kolen met groot asgehalte verbranden. Men geeft de voorkeur aan vuurhaarden met roosters of met mechanische beschikking voor capaciteiten van minder dan 115 ton stoom per uur. De eerste worden gebruikt voor anthracietachtige kool, cokes-gruis of weinig samenbakkende bitumineuze kool; de tweede wordt gebruikt voor ligniet en voor kolen met middelmatig agglutinatie-vermogen en hoog gehalte aan vluchtige bestanddelen.

Buiten de invloed op de werkingsgraad der stoomketels, verhoogt een groot asgehalte de vervoerontkosten. Bijgevolg moet de kwestie van het gebruik van minderwaardige kolen onderzocht worden in verhouding tot de ligging van de centrale. Bovendien moet de kwestie van de bezoedeling van de atmosfeer in aanmerking genomen worden indien het zwavelgehalte hoog is, hetgeen het geval is indien men de afval der kolenvasserijen gebruikt.

Het verslag haalt voorbeelden aan van energie-centrales in de Verenigde Staten en in Europa, die op bevredigende wijze kolen van geringe hoedanigheid verbruiken. Alhoewel zulke kolen op courante wijze aangewend worden in bestaande inrichtingen, bestaat er aanleiding toe opzoeken te ondernemen over de warmtegeleiding in de vlam en over de fysische eigenschappen der assen vooraleer de studie van de talrijke problemen, die door de verbranding van minderwaardige kolen gesteld worden, te kunnen aanvatten.

(1) Supervising Engineer, Combustion Research Section, Bureau of Mines, U.S. Dept. of the Interior, Pittsburgh, Pennsylvania.

(2) Fuel Engineer, Combustion Research Section, Bureau of Mines, Pittsburgh, Pennsylvania.

RESUME

En raison du déclin graduel dans la qualité du charbon brut, les ingénieurs de centrales et les constructeurs de foyers se rendent compte de la nécessité d'utiliser des charbons de moindre qualité que ceux auxquels ils ont été accoutumés. L'augmentation du prix du charbon et le désir de conserver les meilleures qualités pour les usages chimiques et métallurgiques requièrent également une plus grande utilisation des charbons de qualité inférieure pour la production de l'énergie et de la chaleur.

Ce rapport ne vise que l'emploi des charbons de basse qualité dans les foyers de chaudières, en ce qui concerne notamment l'influence de la teneur en cendres, de la fusibilité des cendres, des propriétés agglutinantes, de la teneur en soufre, de l'humidité et de la friabilité des charbons. Les charbons dont la teneur en cendres excède environ 20 % sont généralement considérés comme de qualité inférieure.

Aux Etats-Unis, on préfère pour les centrales des unités puissantes produisant 680 tonnes de vapeur par heure. Moyennant certaines modifications, le foyer prédominant, à charbon pulvérisé et à cendres pulvérolentes, peut utiliser de façon satisfaisante presque toute espèce de charbons inférieurs. Avec certaines limitations au point de vue des matières volatiles et du degré de fusibilité des cendres, le brûleur à cyclone dont le développement est relativement récent peut également employer des charbons à haute teneur en cendres. On préfère le foyer ou grille à pelletage mécanique pour des capacités inférieures à 113 tonnes de vapeur par heure; le premier est employé pour des charbons anthraciteux, pour du grésillon de coke et pour des lignites et des charbons bitumineux peu agglutinants; le second est employé pour des lignites et des charbons moyennement agglutinants et à haute teneur en matières volatiles.

Outre son influence sur les caractéristiques de fonctionnement des chaudières, une haute teneur en cendres accroît le coût du transport du charbon; en conséquence, l'emploi de charbons de qualité inférieure doit être examiné en fonction de la situation de l'usine génératrice. En outre, il y a lieu de prendre en considération les problèmes de la pollution de l'atmosphère quand la teneur en soufre est élevée, ce qui est le cas quand on utilise les refus de lavoir.

Le rapport donne plusieurs exemples aux Etats-Unis et en Europe, d'usines génératrices, utilisant de façon satisfaisante des charbons de qualité inférieure. Bien que ceux-ci soient largement employés dans des installations courantes, il y a lieu d'effectuer des recherches relatives à la transmission de la chaleur par les flammes et aux propriétés physiques des cendres de charbon avant que ne soient résolus les nombreux problèmes posés par la combustion des charbons pauvres.

Introduction.

Les producteurs d'énergie se préoccupaient naguère très peu de la qualité des charbons qu'ils brûlaient, parce qu'ils pouvaient toujours spécifier et obtenir facilement la qualité de combustible qui convenait le mieux à leurs installations. Cependant, le tableau a changé et les ingénieurs des stations d'énergie, aussi bien que les constructeurs de chaudières, se rendent compte de la nécessité d'utiliser des combustibles qui leur paraissaient indésirables ou tout au plus bons à mettre au teruil. Cette situation est due au déclin progressif de la qualité des charbons extraits de la mine et elle s'aggrave du fait de la demande croissante d'énergie engendrée par la houille. La qualité du charbon a baissé par suite de l'exploitation de forts tonnages de veines sales, corollaire de l'épuisement des réserves de charbon propre et de la mécanisation intense des mines profondes. D'autres considérations stimulant l'emploi de combustibles pauvres sont l'augmentation progressive du prix du charbon et l'opportunité de réserver les charbons chers pour les usages chimiques ou métallurgiques.

L'épuration des charbons ne résout pas complètement le problème, étant donné son prix de revient et la difficulté d'obtenir une séparation nette des cendres et du charbon (3) (*). La préparation des charbons, tout en améliorant le produit de la mine, laisse subsister dans les refus une quantité notable de matières combustibles. En plus, les méthodes d'abattage et de traitement produisent une quantité considérable de charbons considérés comme inférieurs en raison de la finesse des grains et de l'humidité et non susceptibles d'être améliorés économiquement par un traitement plus poussé (30). Ces produits ont reçu divers noms locaux (schlamms, moures, etc.) qui, tous, signifient mauvaise qualité.

On est d'accord pour dire que la consommation de ces combustibles est nécessaire dans un but d'économie et de préservation des richesses nationales. Le meilleur rendement serait obtenu si l'on réservait les charbons de belle qualité pour les usages chimiques et métallurgiques et si l'on ne brûlait dans les générateurs de vapeur que les charbons pauvres provenant, soit de la mine, soit des ateliers de préparation.

Les stations centrales et celles annexées aux houillères sont tout indiquées comme consommateurs de ces charbons par suite de leur grande capacité et de la longue expérience acquise, en collaboration

(*) Les numéros entre parenthèses se rapportent aux références de la bibliographie finale.

avec les constructeurs de foyers, dans la solution des problèmes de combustion.

Le but du présent mémoire est de discuter les divers types d'équipements appropriés à la combustion des charbons pauvres, ainsi que les problèmes et les difficultés qui se présentent le plus communément, spécialement dans la production d'énergie.

Définition et description des combustibles pauvres.

Avant de traiter des usages, il importe d'abord de définir ce que nous entendons par le vocable « pauvre ». Plusieurs auteurs font rentrer dans cette catégorie des produits très différents, en ayant égard aux applications particulières et à la qualité qu'elles exigent.

L'« American Society for Testing Materials » (A.S.T.M.) donne des spécifications standard pour la classification des charbons (54) d'après la teneur en cendres, la température de fusion des cendres, la teneur en soufre, le pouvoir calorifique et le calibre. Cependant, cette spécification ne contient pas la définition du combustible de faible valeur. A l'exception de la teneur en cendres, il est douteux que l'analyse usuelle puisse seule donner les bases d'une définition. Etant donné le but spécial du présent travail, nous ne considérons ici que les qualités de charbon utilisables dans les foyers des chaudières à vapeur (18).

L'humidité et la friabilité n'interviennent pas dans la classification A.S.T.M. et cependant elles ont une grande importance. C'est pourquoi nous en parlerons. La valeur d'un charbon ne doit pas être confondue avec son rang. Des propriétés très différentes servent de bases aux deux classifications adoptées par A.S.T.M. (54,55); cependant certaines des propriétés spécifiant la valeur dépendent aussi du rang.

Cendres.

La haute teneur en cendres est probablement le seul critère qui puisse servir à apprécier la qualité du charbon sans égard au mode de combustion.

Il est vrai qu'un charbon très propre est inutilisable dans certains foyers, par exemple dans les grilles mobiles où la cendre est nécessaire pour préserver les barreaux (1). Néanmoins, le charbon peu cendreux est très demandé pour beaucoup d'autres usages et ne sera jamais classé comme « pauvre » dans aucune échelle.

Le charbon cendreux exige le transport et la maintenance d'une plus grande quantité de matières, ce qui, joint au faible pouvoir calorifique, augmente les frais de ces opérations (20). Comme la qualité du charbon décroît graduellement à notre époque, le charbon que l'on considérait autrefois comme de qualité douteuse est maintenant admis comme convenant à la génération de l'énergie. Généralement parlant, un charbon à 20 % ou plus de cendres est aujourd'hui, aux Etats-Unis, considéré comme charbon « pauvre ».

La composition des cendres n'est intéressante que sous le rapport de la fusibilité (18). Les teneurs relatives en silice, alumine, fer, chaux et magnésie ont un effet très marqué sur la température, ou sur la marge de température, où se produisent les phénomènes de frittage, fusion et autres changements dans les propriétés physiques des cendres.

Une basse température de ramollissement des cendres est indésirable quand le combustible est brûlé en lit, et aussi dans les foyers à pulvérisés. D'un autre côté, une température très élevée serait un inconvénient pour les foyers à cendres fondues ou à cyclone. Sous ce rapport, la viscosité de la scorie fluide est aussi importante que la fusibilité, les scories les plus fluides s'éliminant le plus facilement.

Soufre.

Le soufre est indésirable à cause de la corrosion du métal (20, 50) et de la pollution de l'air, particulièrement quand les teneurs dépassent 4 à 5 %. Comme le soufre est presque toujours combiné au fer, une haute teneur dénote d'ordinaire une basse température de fusion et affecte ainsi la qualité du combustible qu'on vient de discuter.

A part les houilles des régions du Centre, les charbons tout-venants aux Etats-Unis contiennent toujours moins de 4 % de soufre. Les charbons européens, en règle générale, en ont encore beaucoup moins, et, par conséquent, ne posent pas de problèmes spéciaux (2). Cependant, les refus de lavoir de n'importe quelle source peuvent être riches en soufre, étant donné que la pyrite se concentre dans les parties les plus denses. La présence du soufre est un inconvénient très grave dans les méthodes de combustion, qui impliquent une décomposition chimique des cendres et dont il sera question plus loin.

Humidité.

Puisque l'humidité diminue fortement le pouvoir calorifique, un charbon gras très humide peut devenir inutilisable dans certains cas (18, 14). Ceci est vrai particulièrement des schlamms (16, 30, 31) recueillis dans les lavoirs de charbon gras et contenant presque toujours 25 à 40 % d'eau et jusque 20 % de cendres, tandis que les meilleures sortes de tout-venants des mines profondes n'ont guère plus de 5 % d'humidité.

Il n'y a pas lieu de s'arrêter aux autres sortes de charbon. Le meilleur lignite ou charbon brun contient toujours 35 à 50 % d'eau de constitution (33, 34). Les anthracites pour générateurs de vapeur sont aussi très humides par suite du mode de préparation. Les schlamms, c'est-à-dire les parties les plus fines recueillies en queue des opérations, contiennent le maximum d'humidité, mais leur qualité dépend surtout de la teneur en cendres et de la grosseur des particules.

Une teneur modérée en humidité est désirable dans plusieurs cas. Ainsi, la combustion des fines sur les grilles est améliorée considérablement si elles sont humidifiées par des jets d'eau ou de

vapeur. Il en résulte une agglomération des particules les plus fines, qui rend le lit de combustible plus uniformément perméable à l'air et empêche la formation de trous d'air (20, 30, 53). Il est reconnu aussi que la présence de vapeur dans les gaz brûlés tend à prévenir la formation de dépôts dans les carnaux.

Granulométrie.

Dans les chaufferies au charbon pulvérisé, la composition granulométrique du charbon brut n'a aucune importance. Tout au plus peut-on attendre une légère réduction du coût de la pulvérisation quand il y a déjà une forte proportion de menu.

Il n'en va plus de même quand le charbon est brûlé sur des grilles (18). Le foyer à étalement par exemple exige un calibrage tel que la grosseur maximum ne dépasse pas 20 à 35 mm (1). Un charbon assez menu pour passer entre les mailles des grilles est inadmissible dans les foyers à grille mobile. Les schlamms (16, 31), qui contiennent beaucoup de particules de moins de 1 mm (et généralement aussi beaucoup de cendres et d'humidité), sont considérés comme de pauvres combustibles dans les foyers à lit épais.

Friabilité.

Généralement, la friabilité n'a pas d'importance dans les foyers à grille, mais les charbons très durs ne sont pas désirables dans les chaufferies au pulvérisé, parce qu'ils augmentent la dépense de force motrice (2) et d'entretien des broyeurs. Les groupements de marchands de charbon recommandent une limite inférieure de 45 à 55 degrés Hardgrove pour la friabilité des charbons bitumineux des Etats-Unis. La « American Society for Testing Materials » a donné une méthode standard provisoire pour la détermination de cette friabilité (56).

Intérêt des combustibles pauvres.

Les réserves en charbon de belle qualité s'épuisent dans presque toutes les parties du monde. En Pensylvanie, par exemple, la couche Pittsburgh, qui a fourni pendant cinquante ans la plus belle qualité de charbon à coke, est à peu près épuisée. Il faut donc mettre à fruit d'autres gisements (32) qui se trouvent être moins avantageux parce qu'ils renferment une plus grande quantité de lits stériles et parce que les propriétés intrinsèques du charbon, telles que le pouvoir cokéfiant ou l'inflammabilité, sont moins satisfaisantes.

Le développement du machinisme dans les mines a eu pour résultat de diminuer la valeur du charbon extrait (6,53) qui contient plus de stérile et une plus forte quantité de menu. Bien que la teneur en cendres puisse être diminuée par les divers procédés de préparation (21,29), le traitement relève le prix de revient et il peut même être impossible dans les périodes de pénurie de matériel, due à un danger national.

L'intensification de l'exploitation à ciel ouvert est un autre facteur qui a influencé la qualité

moyenne du charbon lancé sur le marché. Ce système d'exploitation a son importance dans les temps de forte consommation parce qu'il permet d'obtenir un accroissement de production dans un minimum de temps.

Dans certains pays, tous les charbons connus sont de très basse qualité et, cependant, on peut être réduit à ne pas en employer d'autres, par exemple en temps de guerre ou de restrictions légales. Le Brésil a des gisements très étendus de ces mauvais charbons et préfère normalement en importer d'autres de meilleure qualité.

La rareté des combustibles de choix, et à sa suite, l'élévation constante du prix des charbons auront pour effet de rendre économiquement intéressants les charbons de qualité inférieure, même si l'on peut se procurer des qualités meilleures.

Le problème peut se ramener au choix entre trois combustibles :

- a) charbon extrait de la mine, sans aucun traitement;
- b) charbon valorisé par lavage;
- c) déchets des systèmes d'épuration.

Quelques ingénieurs croient que l'emploi du tout-venant peut être la solution la plus économique. Ce système serait le plus efficient sous le rapport de l'utilisation de l'énergie calorifique contenue dans le charbon et dont une partie est toujours perdue dans les refus du meilleur procédé de préparation. Bien que les conditions économiques actuelles ne soient pas en faveur de ce procédé, il reste vrai qu'une formidable réserve potentielle de combustibles pour chaudières est contenue dans les terrils et dans les déchets journaliers de tous les ateliers de préparation. Souvent, ces matériaux contiennent jusqu'à 50 % d'éléments combustibles et le tonnage journalier de certains ateliers de préparation est de plus de 1000 tonnes. Il y a aussi de très forts tonnages en anthracites de basse qualité. Une entreprise d'utilité publique a acheté une quantité de stocks de schlamms contenant 50 à 90 % de combustible, et cette réserve sera gardée jusqu'à ce que les circonstances économiques en permettent l'emploi.

Quand on veut établir le bilan d'une opération, il faut considérer tous les facteurs pouvant avoir une influence sur le prix de revient pendant la durée normale de l'installation. Si le prix de revient le plus bas s'obtient en plaçant l'atelier tout près de la source de charbon, la réserve doit être suffisante pour alimenter l'atelier pendant toute sa vie, estimée généralement à une vingtaine d'années. S'il s'agit de traiter les refus du lavoir, le projet doit être conçu de manière à donner le plus bas prix de revient des deux installations combinées. Si la teneur en cendres des déchets est trop grande pour qu'on puisse les brûler, ou si elle varie considérablement, un atelier donnant trois sortes de produits peut être nécessaire (5). S'il s'agit de la reprise de vieux terrils, un nouveau traitement peut être nécessaire.

Un autre facteur à considérer, c'est la tendance de la législation sur les fumées des terrils en feu. Il est encore trop tôt pour apprécier les effets économiques de ces lois, mais il est certain que toute augmentation du prix de la mise à terril favorisera l'utilisation comme combustible, soit des déchets, soit du charbon brut.

La nécessité de conserver les combustibles de qualité pour les usages chimiques et métallurgiques devient de plus en plus évidente à mesure que les réserves diminuent et elle sera probablement dans l'avenir un stimulant de l'emploi des combustibles pauvres. Le Ministry of Fuel and Power, en Grande-Bretagne, dans un rapport technique sur le Bassin de la Ruhr (3), recommande de réserver les charbons à moins de 5 % de cendres pour l'hydrogénation et autres procédés chimiques, d'employer les charbons ayant de 5 à 15 % de cendres à la fabrication de coke métallurgique et de garder les charbons tenant plus de 15 % de cendres pour les générateurs d'énergie. La conservation des meilleurs combustibles peut être garantie, soit par la législation, soit par la bonne volonté des producteurs et des consommateurs. Un exemple de ce genre serait l'installation dans une aciérie d'un atelier pour la préparation du charbon à coke avec utilisation des refus dans des générateurs de vapeur.

Appareils de combustion des charbons pauvres.

On a inventé pour ces charbons un grand nombre d'appareils de chauffe avec plus ou moins de succès. La littérature nous fournit plusieurs exemples d'installations de chaudières alimentées avec des mixtes de lavoir, des fines ou des schlamms bien qu'elles n'aient pas été conçues spécialement pour cet usage (4, 5, 15, 16, 17, 36). Plusieurs étaient des chaudières à bouilleurs chargées à la main ou des petites chaudières tubulaires installées dans des houillères; tel a été le cas en Grande-Bretagne pendant la guerre. Nous ne traiterons ici que des installations plus modernes, spécialement prévues pour l'emploi des combustibles de qualité inférieure.

Chauffage au charbon pulvérisé.

La tendance aux Etats-Unis, comme d'ailleurs en Europe, est de créer de fortes unités génératrices au lieu d'une multiplicité de plus petites. La chaufferie au charbon pulvérisé convient très bien pour ce service (1). En fait, ce type et le cyclone sont les seuls adaptés à des unités de grande puissance. Aux Etats-Unis, la capacité maximum des foyers à grille est de 136 tonnes de vapeur par heure, tandis qu'il existe un grand nombre de chaufferies au pulvérisé produisant 454 t et de plus fortes unités sont déjà actuellement projetées.

Bien que l'on puisse employer le pulvérisé pour des productions aussi faibles que 23 t/h, il est généralement admis que les foyers à grilles sont plus économiques (frais d'installations plus frais courants) jusqu'à des puissances de 91 t/h (24). Chaque type doit être considéré individuellement dans son domaine.

Les figures 1 et 2 représentent le foyer type à cendres pulvérulentes, dont le trait principal est le mode d'élimination des cendres. Une partie des cen-

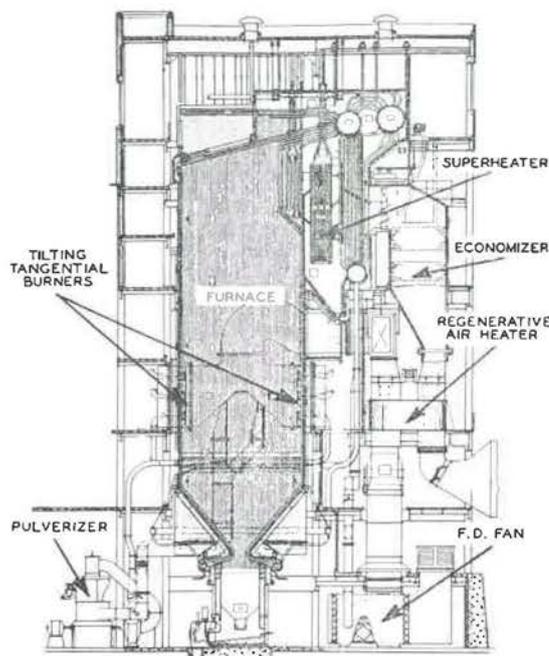


Figure 1. — Chaudière au charbon pulvérisé, à cendres pulvérulentes et brûleurs tangentiels à inclinaison variable.

Vaporisation : 165.560 kg/h à 75 kg/cm² et 500° C;
charbon à 36 % de cendres.

(Reproduction autorisée
par Combustion-Engineering Super heater Inc.)

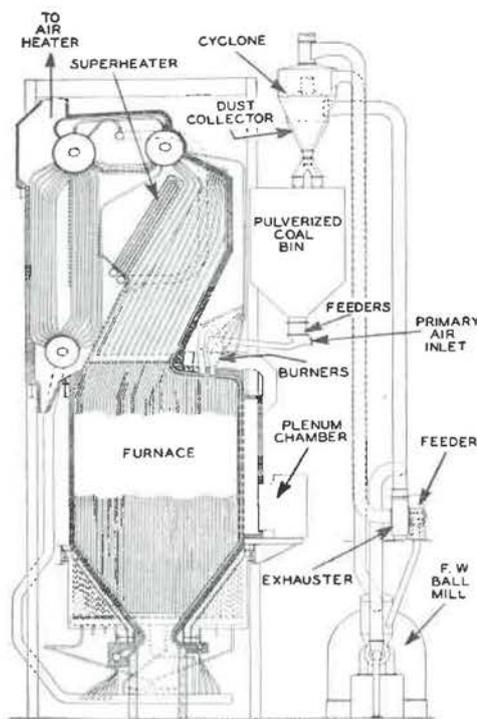


Figure 2. — Chaudière à charbon pulvérisé, à cendres pulvérulentes et flammes verticales. Construite pour 90.720 kg/h à 21 kg/cm² et 346° C.

Peut brûler du charbon à 50 % de cendres.
(Reproduction autorisée par Foster-Wheeler Corp.)

dres fines en suspension se solidifie dans les parties froides du courant gazeux ou au contact des parois refroidies par l'eau et tombe dans le cendrier d'où elle est enlevée à l'état granuleux. La figure 1 représente une unité de 165 t/h construite par « Combustion-Engineering-Superheater Inc. ». Elle est chauffée tangentiellement par des brûleurs à inclinaison variable, placés aux quatre coins du foyer. Ces brûleurs ont un rôle très important dans le réglage de la température parce qu'ils permettent de relever ou d'abaisser le nuage de flammes dans la chambre de combustion. Le but de cette disposition est le réglage de la surchauffe indépendamment des variations de la charge et de la transmission de chaleur à travers les parois, laquelle est influencée par les dépôts de cendres. La figure 2 représente une unité Foster Wheeler de 91 t/h, qui est chauffée verticalement par des brûleurs placés au sommet de la chambre de combustion. Ce type est étudié spécialement en vue de fournir aux gaz un long trajet de refroidissement avant que les cendres ne viennent au contact des parois.

Le foyer à cendres pulvérulentes est probablement le type le plus souple sous le rapport des variétés de combustibles. Nombre d'installations brûlent avec succès des charbons passant des lignites (32) aux anthracites (8) avec des teneurs en cendres pouvant atteindre 50 % et plus. Des températures de fusion de cendre aussi basses que 1040° C sont admissibles et les constructeurs assurent que des cendres de n'importe quelle fusibilité ne gênent pas du moment que le foyer est conçu à cet effet.

Le foyer à cendres fondues fut établi pour brûler des charbons à cendres fusibles et pour évacuer une partie des cendres sous une forme plus facile à manipuler que les fines poussières des chaudières à cendres pulvérulentes (1). La température relativement élevée qui est nécessaire pour la fusion est un avantage puisqu'elle procure aussi des échanges par convections plus forts, ce qui permet de réduire les dimensions des foyers. Ceci est particulièrement avantageux pour les unités très puissantes dans lesquelles le rapport de la surface au volume n'est pas propice à la formation de gaz à basse température. Des brûleurs tangentiels ou turbulents sont exigés pour maintenir dans le fond du foyer des températures assez élevées pour assurer l'écoulement de la scorie. Le foyer à cendres fondues est comparable au foyer à cendres pulvérulentes quant aux variations de grosseur et de teneur en cendres des combustibles qu'il admet, à la seule différence que la température dépasse celle de la fusion, c'est-à-dire environ 1430° C. A la limite supérieure du point de ramollissement, ce type manque de souplesse sous le rapport des variations de la charge. La figure 3 représente une unité de 454 t/h construite par « Combustion-Engineering-Superheater Inc. »

Foyer Cyclone.

La chaudière présentée par la Cie Babcock-Wilcox est une innovation relativement récente (22). La première application industrielle date de 1949. Une installation typique (23), d'une capacité de

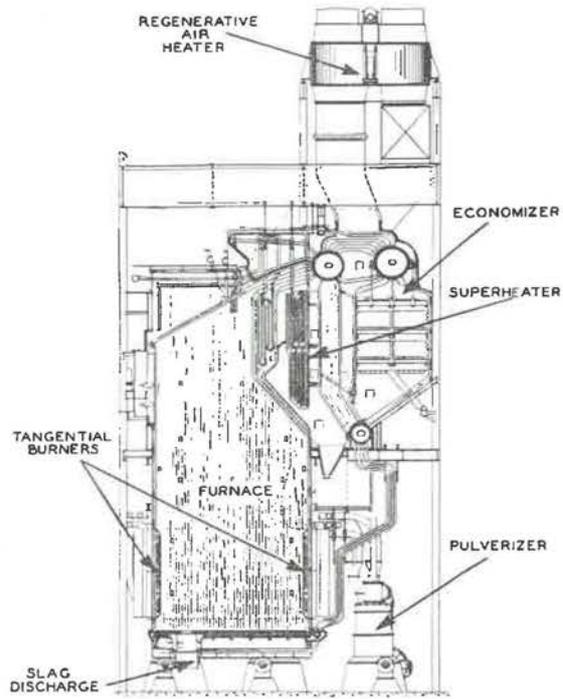


Figure 3. — Chaudière au charbon pulvérisé à cendres fondues; brûleurs tangentiels.
Capacité 453.590 kg/h à 114 Kg/cm² et 513° C.
(Reproduction autorisée par Comb. Eng. Sup. Inc.)

272 t/h, est représentée figure 4. Le principe est de provoquer un mouvement relatif du combustible par rapport à l'air. Le charbon broyé à 6 mm de grosseur maximum est introduit tangentiellement

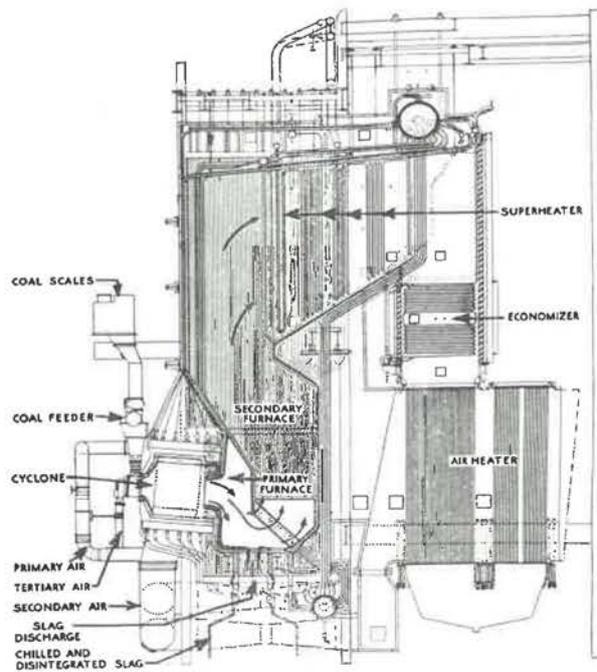


Figure 4. — Chaudière à trois brûleurs cyclones.
Capacité 272.160 kg/h à 95 kg/cm² et 545° C.

Extrait de
« Operating Experiences with Cyclone Fired steam Generators »,
par W.L. Stone et I. Wade. - Rapport 51 A 119
présenté à la session annuelle de A.S. Mech. Eng. 1951.

dans la chambre de combustion, où il adhère aux parois recouvertes de scories et est balayé par l'air secondaire. Les gaz chauds quittent la chambre, passent dans le foyer primaire et se rendent au foyer secondaire à travers une grille de tubes à eau. La plus grande partie des cendres fond et retombe en gouttes dans le foyer primaire où elle est recueillie. Environ 10 % de la masse du charbon d'alimentation doivent passer à travers le tamis n° 200 pour assurer l'inflammation.

De même que le foyer à cendres fondues, le cyclone peut brûler des charbons très cendreux, la température de fusion des cendres restant en dessous de 1430° C. Cependant, on croit que les matières volatiles et l'humidité doivent rester dans certaines limites, mais le champ de possibilités n'a pas encore été exploré complètement. Aucun charbon d'une teneur inférieure à 27 % de M. V. n'a encore été essayé dans le cyclone, tandis que les foyers au charbon pulvérisé marchent même avec des anthracites à 2 % à condition que l'air soit chauffé au préalable à une température élevée (23). Du lignite à 38 % d'eau a donné beaucoup d'ennuis dans la marche du cyclone tant qu'on n'a pas pris des dispositions pour renforcer le chauffage préalable de l'air (23).

Le constructeur fait valoir qu'il n'y a que 7 à 10 % des cendres entraînées sous forme de suies, mais cet avantage est compensé par la tendance aux incrustations qui se forment dans les surchauffeurs et qui sont dues à la composition des stériles du charbon. Un avantage particulier réside dans le faible encombrement.

Foyer à étalement.

Ce foyer combine dans une certaine mesure deux modes de combustion (1). Une bonne partie des matières volatiles est libérée et les particules solides les plus fines brûlent complètement en suspension, tandis que les grains brûlent en un lit de matières solides. On l'a d'abord appliqué à des combustibles très cendreux et à cendres très fusibles (7, 24, 33). Il peut traiter, avec la même facilité, tout combustible, du lignite aux houilles maigres, et comme les fines particules sont chauffées pendant qu'elles sont en suspension dans l'air, ce qui détruit le pouvoir agglutinant, ce type de foyer est très efficace avec des charbons ayant un indice de gonflement très élevé.

La figure 5 est typique d'une chaudière à vapeur avec foyer à étalement et grille mobile pour l'évacuation continue des cendres. Cette unité, construite par la Cie Riley, a une capacité de 59 t/h. Actuellement, les plus fortes unités existant aux Etats-Unis ont une capacité de 136 t/h (7). La grandeur est limitée par les difficultés pratiques de la construction de grilles mobiles dépassant 56 m² de surface. Les grilles fixes peuvent suffire jusqu'à 34 t/h de capacité. Mais, la décharge continue par grille mobile s'impose pour fortes puissances et elle est préférable même pour les puissances faibles dès que la teneur en cendres du charbon dépasse 10 % (1, 2, 4)

La seule exigence pour le bon fonctionnement de ce genre de foyer concerne la granulométrie du charbon qui doit être telle que le combustible soit réparti convenablement sur la grille. (1, 24). La limite supérieure de grosseur est ordinairement 20/35 mm. Le meilleur rendement est obtenu avec n'importe quel combustible quand le taux de combustion atteint 171 kg par heure et par m², mais on obtient encore de très bons résultats au taux de 224 kg/m².

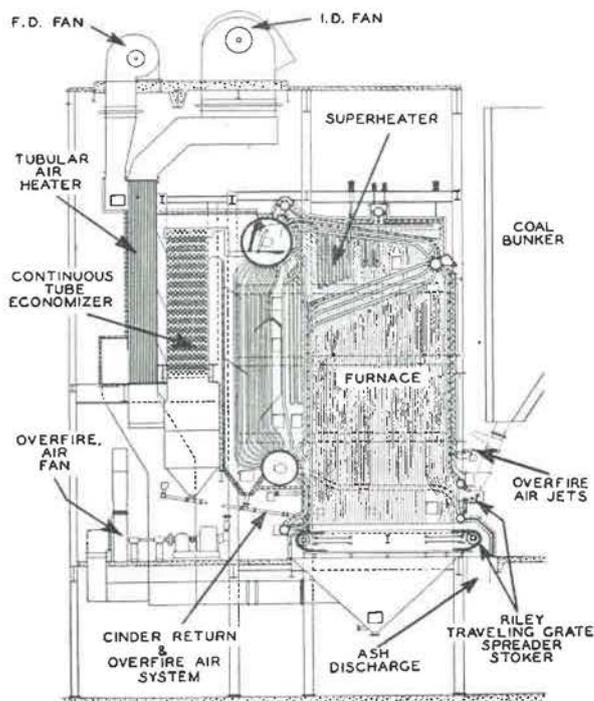


Figure 5. — Chaudière avec foyer à étalement avec évacuation continue des cendres.
Capacité 59 t/h, 64 kg/cm² et 395° C.
(Riley Stoker Corp.)

Foyers à grilles mobiles.

On comprendra dans cette catégorie les foyers à chaîne sans fin, étant donné que le mode de combustion est le même dans tous les cas. La différence principale réside dans le mode de construction de la surface de la grille (1). La surface de la chaîne est constituée par des anneaux assemblés par des broches, tandis que les grilles mouvantes se composent de sections (ou clefs) supportées par des barres attachées à une chaîne motrice. Ces clefs sont munies de passages d'air adaptés à l'espèce de combustible (16).

La capacité de ces grilles est du même ordre que celle des foyers à étalement. Des unités de 113 t/h avec des surfaces de grille de 62,5 m² ont été en service avec succès (1). On peut brûler des anthracites, des grésillons de coke, du lignite (32, 33) et des charbons gras dont l'indice de gonflement ne dépasse pas 6. L'avantage principal réside dans la possibilité de brûler des anthracites pauvres (8, 15) et des grésillons de coke (35, 36). La finesse et les caractéristiques d'inflammation de ces deux combustibles ne conviennent pas pour les foyers à étalement et la dureté du coke exclut son emploi comme pulvérisé.

Les charbons sulfureux et ceux dont les cendres fondent à basse température (980° C) brûlent bien sur des grilles mobiles. La seule limitation, c'est qu'il faut au minimum 5 % de cendres pour empêcher la grille de brûler.

Avec les charbons gras, qui contiennent des matières volatiles facilement inflammables, l'avant du foyer est pourvu d'une voûte (1). Avec l'antracite ou le coke, cette voûte est reportée à l'arrière et occupe environ la moitié de la largeur entre les murs (14). L'air soufflé par dessous est réparti en sections (8 au maximum) et les pressions d'air dans chaque compartiment sont réglées de telle sorte que la combustion se fasse en majeure partie sous la voûte. Les particules très fines brûlent en partie en suspension; le courant d'air intense sous la voûte emporte les particules incandescentes et les rejette en avant sur le charbon cru pour faciliter l'inflammation. Fréquemment, des jets d'air sont disposés dans le haut de la voûte pour accroître la turbulence dans la chambre de combustion et faire retomber les particules de charbon vers le mur de face (14). Ceci favorise le contact entre l'oxygène et le combustible et réduit la quantité de fines emportées par les gaz. Le lignite se brûle dans un foyer avec voûte arrière parce que ses caractéristiques d'ignition sont semblables à celles de l'antracite (1). La forte humidité retarde l'inflammation, et bien que le lignite contienne beaucoup de matières volatiles, son pouvoir calorifique est fort inférieur à celui du charbon gras.

Fréquemment, on emploie le foyer à grilles mobiles pour brûler un mélange de charbon pauvre et de bon charbon (15, 36). Par exemple, du grésillon de coke ou du charbon trop menu pour brûler directement peuvent être chargés sur un lit de charbons plus gros. Un distributeur ajustable dans la trémie de chargement règle l'épaisseur de chacun des lits.

La figure 6 représente un foyer de générateur sur une grille mobile et voûte arrière, alimenté en grésillons de coke (1). Cette unité est prévue pour brûler accessoirement des combustibles liquides ou des gaz de haut-fourneau par des brûleurs placés dans le mur d'arrière au-dessus de la voûte. La capacité atteint 78 t/h avec grésillons de coke et 180 t/h par la combinaison de gaz et de grésillons de coke.

Le meilleur rendement des foyers à grille mobile correspond à une consommation de 122 à 171 kg/m² dépendant du combustible (1).

Foyers à chargement renversé et divers.

La littérature (25) signale que les charbons dont les cendres ont une fusibilité défavorable peuvent être employés de façon satisfaisante dans des foyers à alimentation inférieure, si la combustion par unité de surface est suffisamment faible. Cependant, tous les ingénieurs admettent actuellement que le foyer à alimentation inférieure exige de meilleures qualités de charbon que n'importe quel autre type.

En outre, les fortes dépenses d'entretien et un manque de souplesse dans le fonctionnement ont

contribué au déclin de cet appareil. Un constructeur a complètement cessé la construction de types à sections multiples et d'autres ont adopté graduellement les foyers à pelletage mécanique, plus demandés.

Les données contenues dans le « Fairmont Coal Bureau Reference Bulletin » (10), de juillet 1947 (9), indiquent que, sur cent installations nouvelles de chaudières, deux seulement comportent des foyers à alimentation inférieure, tandis que 84 sont à pulvérisé et 14 à étalement. En outre, la capacité horaire maximum de l'unité à alimentation inférieure est de 68 t de vapeur, tandis que plusieurs unités à pulvérisé atteignent 454 t.

Ce procédé ne concerne qu'un faible tonnage et n'est donc pas considéré important pour la combustion de combustibles inférieurs.

De même, le « Coking stoker » et le foyer Martin (3,27) sont considérés comme peu importants. Tous deux ont été employés en Europe, mais ne sont pas très connus en Amérique. Le foyer Martin a été étudié pour utiliser des charbons bitumineux inférieurs, mais il a les mêmes désavantages que le foyer à alimentation inférieure en ce qui concerne les dépenses d'entretien (5). Le « coking stoker » n'est pas adaptable à une gamme étendue de combustibles (15); il ne peut pas brûler les anthracites, les lignites ou les charbons très inflammables ou les charbons bitumineux fortement agglutinants (26).

Gazogènes.

Etant donné que les cendres du charbon sont la source de multiples problèmes dans la combustion directe, on a imaginé plusieurs systèmes pour gazéifier complètement le charbon dans des appa-

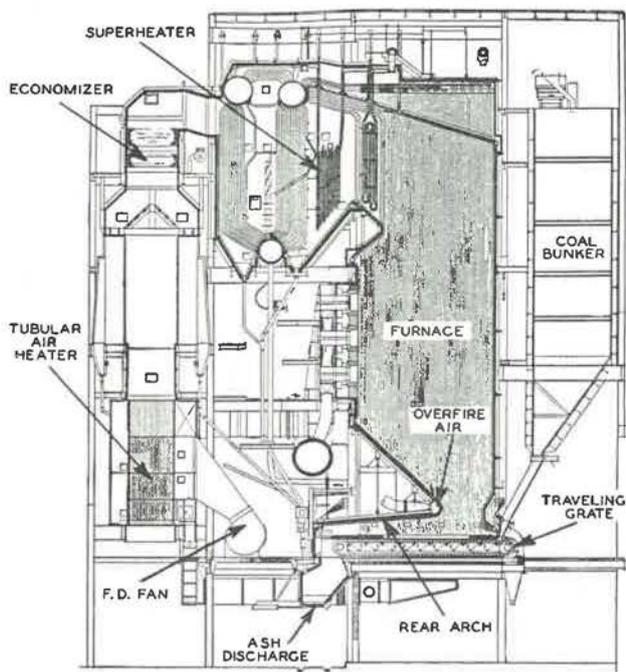


Figure 6. — Chaudière pour grésillon de coke, à grille mécanique et voûte arrière. Débit 78 t/h, à 65 kg/cm² et 482° C. (Combustion Engineering.)

reils spéciaux et pour brûler les gaz relativement propres dans les foyers des générateurs. De cette manière, on écarte les problèmes que pose la question des cendres.

Le gazogène Szikla-Rozinek (37), bâti conjointement à un générateur de vapeur, est destiné à gazéifier des fines en suspension. Plusieurs unités à l'échelle industrielle ont été en service en Hongrie. Par le moyen d'un distributeur mécanique, le charbon cru est introduit dans un courant de coke circulant entre deux chambres séparées par une cloison. Les gaz chauds passant à travers la seconde chambre (appelée chambre de carbonisation) détruisent le pouvoir agglutinant du charbon brut et le convertissent en coke. Ce coke est conduit à la chambre de gazéification, où il est partiellement gazéifié, et le résidu est ramené par le courant gazeux dans la chambre de carbonisation. La cendre est fondue et se dépose sur le fond de la chambre de gazéification, d'où elle est enlevée par une grille cylindrique tournante, laquelle sert aussi à l'admission de l'air. Les produits gazeux et chauds, comprenant les matières volatiles du charbon, passent au foyer du générateur où ils sont brûlés. L'inconvénient principal du système, c'est qu'il faut des températures assez élevées pour enlever la scorie à l'état fluide et contre le courant d'entrée d'air.

Le gazogène à courant renversé Flesch-Winkler (38) a été aussi recommandé dans le même but. Le mode opératoire est périodique. Dans le cycle de soufflage, on introduit le charbon et on élimine la scorie à l'état fluide, dans les cycles opératoires, on produit du gaz à l'eau. Les avantages invoqués en faveur de ce procédé sont :

- 1) on peut traiter une grande variété de charbon, grains ou menus, gras ou maigres;
- 2) il est indépendant de la quantité et de la fusibilité des cendres;
- 3) le taux de gazéification est très élevé;
- 4) il y a peu de pertes de combustibles dans les résidus;
- 5) la température de sortie des gaz est assez basse, ce qui facilite leur opération.

D'autres systèmes intéressants sont dus à Leuna, Thyssen-Galway, Lurgi et Flesch-Demag. La gazéification souterraine sera peut-être possible dans l'avenir, mais il faut encore beaucoup d'essais avant qu'elle ne soit pratique.

La turbine à gaz peut être adaptée à la production de l'énergie (21,39). Elle peut être alimentée par les gaz chauds issus de n'importe lequel des appareils ci-dessus et elle pourrait même être alimentée directement par le charbon pulvérisé (40). Cependant, ce procédé est encore dans un stade peu avancé. La turbine à gaz aurait l'avantage d'un faible encombrement pour une grande capacité; elle supprime la complication des installations à vapeur, et elle est indépendante des ressources en eau.

Le Département des Recherches sur la Combustion du Bureau of Mines, aux États-Unis, a effectué des essais de gazéification du charbon

par un procédé cyclique dans un petit four de laboratoire. Pendant la période de soufflage, le lit est soulevé légèrement pour permettre aux particules de se séparer quelque peu et on alimente en charbon frais. Par suite de leur plus grande densité, les cendres traversent le lit et se déposent en masse perméable sur une grille de fond. Pendant la période active, on injecte de la vapeur à une vitesse inférieure à celle du soulèvement du lit de combustibles. A la suite de ce travail, qui n'est pas encore publié, le Bureau of Mines propose l'équipement représenté à la figure 7, pour la production de gaz à l'eau. Le charbon cru est projeté sur le lit de combustible durant la période de fluidisation par un mécanisme similaire à celui des grilles à étalement. La grille est avancée périodiquement pendant le soufflage pour évacuer les cendres accumulées. Bien que la figure montre une seule chambre de gazéification, l'unité complète consiste en deux chambres avec une chaudière de récupération. Les deux chambres opèrent alternativement de telle manière que le degré de production de vapeur est constant. Le bilan calorifique montre qu'en utilisant des charbons bitumineux à haute teneur en matières volatiles, on produit à peu près huit fois plus de vapeur qu'il n'est nécessaire pour la réaction de gazéification. L'excès de vapeur serait disponible pour d'autres usages.

La chaudière serait sujette aux mêmes ennuis concernant les dépôts de cendres que d'autres foyers à charbon, mais un gaz propre serait produit par ce procédé.

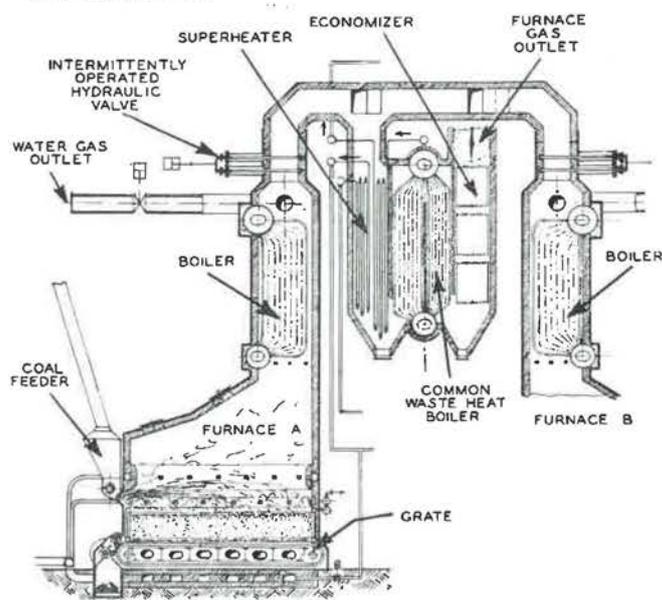


Figure 7. — Foyer à étalement proposé pour la production de gaz à l'eau en lit fluidisé.

Le deuxième foyer requis pour une élaboration continue est indiqué à la partie droite de la figure.

Une autre investigation du Bureau of Mines a porté sur la gazéification de la méta-anthracite de Rhode-Island dans un gazogène continu. Ce charbon est tellement mauvais qu'on ne parvient pas à le brûler convenablement dans aucun des foyers

d'usage courant. Non seulement la teneur en cendres est élevée (40 %), mais il y a très peu de matières volatiles et le carbone fixe est à l'état graphitique. On a trouvé qu'il est possible de le brûler dans un four à cendre fondue à condition de chauffer l'air au préalable à environ 430° C. Dans ce procédé, la cendre est un sous-produit par transformation en laine de verre qui se vend comme calorifuge pour de multiples usages. Cependant, il a été reconnu qu'une addition de fondant calcareux est nécessaire pour donner à la scorie les propriétés requises par le soufflage de la laine. Une étude économique a montré que le pouvoir calorifique des gaz suffit, non seulement à engendrer la vapeur pour souffler la laine et chauffer l'air au préalable, mais qu'une grande quantité de gaz pauvre pourrait servir à chacun de ces deux usages. La figure 8 représente l'appareil servant aux études de laboratoire.

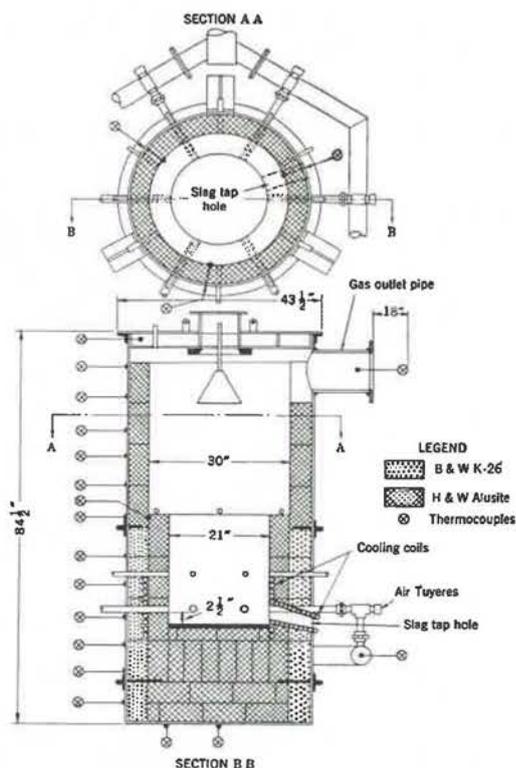


Figure 8. — Générateur à cendres fluidisées utilisé pour la gazéification de méta-anthracite de Rhode-Island, contenant 40 % de cendres.

Aucun de ces procédés n'est employé industriellement aux Etats-Unis à cause de certains inconvénients inévitables. Le grand encombrement et les frais élevés d'entretien d'une installation de gazéification sont considérés par beaucoup d'ingénieurs comme prohibant son utilisation à grande échelle pour la production de l'énergie. Il est probable aussi que les difficultés opératoires et de réglage, surtout dans les procédés cycliques, sont plus sérieuses que dans les appareils de combustion. A moins qu'on ne dispose d'une vaste installation d'épuration des gaz, une grande quantité de cendres est entraînée dans les chambres de combustion.

Il en résulterait peu de progrès par rapport aux foyers usuels, particulièrement par rapport au cyclone qui retient 90 % des cendres (22) et plus en dehors des fumées. L'installation d'épurateurs est coûteuse et gaspillerait la chaleur emmagasinée dans les gaz, laquelle pourrait être récupérée si l'on brûlait les gaz chauds immédiatement à leur sortie du gazogène. Cependant, ces procédés pourraient trouver un champ d'application plus vaste en Europe où la question de l'utilisation des combustibles pauvres est actuellement plus urgente qu'aux Etats-Unis.

Les problèmes de la combustion des charbons pauvres.

Un grand nombre de problèmes et de difficultés surgissent ou sont aggravés quand on veut employer les charbons pauvres dans les appareils usuels. Heureusement, plusieurs de ces difficultés d'ordre physique ou mécanique peuvent être atténuées ou supprimées par des constructions et des pratiques soigneusement étudiées. Néanmoins, on peut être limité dans cette voie par des considérations d'ordre économique.

Capacité, coefficients d'utilisation, entretien des installations.

Les opinions des ingénieurs diffèrent quant à l'influence des charbons pauvres sur la capacité de production et le coefficient de disponibilité des chaufferies. Dans le mémoire, nous appelons coefficient de disponibilité, le pourcentage du temps pendant lequel une unité peut travailler à sa pleine capacité. Certains estiment que le volume des chambres de combustion des foyers au pulvérisé doit être calculé très largement, par exemple pour un débit horaire de 80.000 Kcal par m³. Avec les foyers à grille, ils recommandent 122 kg/m³ au maximum pour des charbons très cendreux. Par contre, d'autres sont d'avis que les surfaces de chauffe peuvent être tenues aussi propres avec les charbons sales qu'avec des charbons propres et qu'il n'existe aucune relation entre la teneur en cendres et la capacité ou le facteur de disponibilité des chaudières. Ils basent leurs calculs sur le rapport entre la surface de chauffe et la température de sortie des gaz brûlés, température qui est fonction de la fusibilité des cendres. Ce procédé est le même que pour les bons combustibles et conduit à des combustions horaires d'environ 178.000 Kcal/m³ dans les foyers à grilles.

Les grilles mobiles doivent être calculées pour de plus grandes vitesses afin d'assurer la capacité voulue sans exagération de l'épaisseur du lit de combustible (1).

Tous les ingénieurs admettent l'influence défavorable des charbons très cendreux sur la capacité, le coefficient de disponibilité et sur l'entretien des pulvérisateurs et des appareils de manutention du charbon et des cendres.

Les pulvérisateurs et les moteurs sont affectés simultanément par deux conditions (19,20). Une forte teneur en cendres entraîne la manipulation d'une plus grande quantité de charbon et la dureté qui accompagne fréquemment la forte teneur en cendres exige une plus grande capacité de broyage par tonne de produit (2,32). Ainsi, l'accroissement de dimensions et d'énergie est, tout compte fait, plus que proportionnel à l'accroissement de la teneur en cendres.

La dureté a aussi pour conséquence une usure et une dépense d'entretien plus fortes des broyeurs (6). Le broyeur à boulets du type Harding est celui qui est le moins affecté sous ce rapport (8), aussi est-il préféré par beaucoup de constructeurs. Il peut même servir à broyer les cendres de coke, mais il n'est pas spécialement recommandable dans ce cas, l'usure étant 18 fois plus forte qu'avec le charbon gras. Bien que les broyeurs à boulets exigent plus de force motrice que les broyeurs pendulaires ou « bowmill » (13), leur entretien se ressent beaucoup moins de la dureté et le prix de revient du broyage (tous frais comptés) est en faveur du broyeur à boulets dès que la friabilité Hardgrove est en dessous de 50. Cependant, des constructeurs préfèrent les broyeurs pendulaires ou à disques sans égard à la friabilité et acceptent les inconvénients de l'usure et de l'entretien.

Un des effets néfastes de l'usure est le temps perdu dans les réparations. L'emmagasinage dans des trémies, joint à des broyeurs de rechange, constitue une solution de ce problème. On fait remarquer qu'avec un accumulateur le pulvérisateur seul est mis hors-service, tandis que, dans la méthode d'alimentation directe, un certain nombre de brûleurs devra aussi être mis au repos. Ces brûleurs de réserve, non seulement augmentent le coût de l'installation, mais ils sont une source d'ennuis en donnant lieu à des fuites d'air et à des détériorations s'ils ne sont pas suffisamment refroidis par l'afflux du nuage de charbon. A ce propos, il est bon de rappeler que les exhausteurs de n'importe quel type de pulvérisateurs subissent également les mauvais effets de l'usure causée par des matériaux abrasifs.

La capacité des appareils de transport et de chargement du charbon, des crassiers et des collecteurs de poussières croît en proportion de la masse de charbon à traiter et, par conséquent, de la teneur en cendres. Avec le tirage induit, la puissance des ventilateurs croît en raison des pertes de charge dans le circuit et les collecteurs de poussières.

Une forte humidité diminue la capacité des pulvérisateurs (2, 19, 20, 32) et cause des ennuis dans les autres appareils à moins qu'on ne prenne des précautions spéciales. Il arrive souvent avec des charbons mouillés que la chaleur de l'air préchauffé soit insuffisante pour la dessiccation et qu'il faille recourir à une dérivation d'une partie des gaz chauds.

Pertes de carbone.

De fortes pertes de carbone se constatent, principalement dans les fumées, quand on brûle des combus-

tibles très cendreux (20). La proportion exacte n'est pas connue avec certitude, mais on croit qu'elle dépend de l'inflammabilité du charbon et de la proportion des cendres de constitution. Un broyage très fin est recommandé pour réduire les pertes; en général, plus il y a de cendres, plus fin doit être le charbon. Ici encore, le broyeur à boulet ou à tube est recommandable pour les charbons cendreux à cause de la vaste dispersion des gros-seurs dans le produit. Cela veut dire qu'un charbon passant à travers un tamis déterminé aura une grosseur moyenne plus faible s'il provient d'un broyeur à boulets (13). Ceci est probablement une des raisons pour lesquelles la dépense de force motrice est plus grande dans le broyeur à boulets que dans les autres types.

Les fortes pertes en carbone non brûlé se présentent dans les foyers à grilles où l'on brûle toutes sortes de combustibles et la règle est de faire repasser dans le foyer les dépôts des collecteurs de suies. Par suite, il est peu probable que la proportion de carbone non brûlé augmente notablement avec la teneur en cendres. Par suite aussi, la pratique de la réinjection serait sans doute avantageuse avec les grilles mobiles dans tous les cas où l'on observe un fort entraînement de carbone non brûlé (14, 35, 45).

Même dans des chaufferies au charbon pulvérisé, les cendres pulvérulentes provenant des collecteurs de poussières sont parfois réinjectées dans le foyer pour récupérer le carbone non brûlé.

Les pertes en carbone dans les cendriers se constatent surtout quand on brûle de l'antracite sur des grilles à chaîne et que la grosseur des grains est trop forte. Le cas est sérieux surtout quand en même temps la teneur en cendres est élevée, parce qu'alors la vitesse de circulation de la chaîne est plus grande. La solution réside dans l'emploi de charbon plus fin et le réglage de la pression de l'air dans les compartiments d'arrière pour renforcer la combustion à l'avant. La grosseur la plus convenable pour l'antracite est le grain n° 3 à 5 (1 à 5 mm). Quand on brûle des combustibles aussi fins, il convient de les mouiller légèrement pour les agglutiner.

La scorification dans le lit de combustible.

La formation de mâchefer est due généralement à une mauvaise répartition du courant d'air à travers les grilles quand le foyer est mal approprié à la fusibilité des cendres du charbon. Le phénomène est le plus accentué quand les charbons n'ont pas la grosseur voulue et sont brûlés sur des grilles fixes et sans distribution de l'air par compartiments. Quand il y a trop de gros grains, la résistance du lit au passage de l'air est relativement faible aux deux extrémités de la grille. A l'avant, les fines particules restent en suspension dans l'air avant de retomber sur la grille. Il en résulte qu'il y a un déficit d'air dans la partie moyenne; le milieu est réducteur, il se forme une scorie fusible à plus basse température. En plus de la difficulté d'éliminer ce mâchefer, il y a danger de surchauffe et de détérioration à cause de la déficience d'air dans la partie centrale.

La grosseur des grains de charbon doit être limitée à 20 mm pour obtenir une bonne répartition de l'air tout au long de la grille (1). Avec les grilles mobiles et distributeur mécanique, il y a moins d'inconvénients parce que le réglage de l'admission d'air se fait par compartiments et que le mouvement de la grille tend à rendre la résistance du lit plus uniforme. Il y a souvent sur ces grilles du mâchefer tendre et poreux, mais ce n'est pas grave.

Une autre difficulté provenant d'une mauvaise distribution de l'air n'a aucun rapport avec les mâchefers. C'est la formation de nappes de gaz et une grande variation de la température à la sortie du foyer. Il en résulte qu'à température moyenne égale, il se forme plus d'incrustations sur les tubes et des inégalités dans la surchauffe.

Dépôts de scories et de cendres.

L'encrassement de toutes les surfaces métalliques, soit dans les foyers, les chaudières, surchauffeurs, économiseurs, est un des inconvénients les plus ennuyeux avec n'importe quel charbon, mais plus spécialement avec le pulvérisé, les charbons très cendrés et les cendres facilement fusibles.

En étudiant les foyers, soit à cendres pulvérulentes, soit à grilles, l'objectif principal doit être d'empêcher autant que possible les dépôts de matières fondues sur les murs du foyer et sur toutes les surfaces à chauffer par convection.

Bien que l'on ne connaisse pas tous les facteurs régissant le dépôt de la scorie, les constructeurs cherchent généralement à maintenir les surfaces propres par un choix convenable des dimensions de ces surfaces. Il faut une surface assez grande pour que les gaz se refroidissent, avant de quitter la chambre de combustion, jusqu'à une température spécifique qui dépend de la fusibilité des cendres. (19).

Quelques ingénieurs préfèrent le système à cendres pulvérulentes pour toutes les applications de pulvérisé, sans égard à la température de fusion et font leurs plans en conséquence.

D'autres estiment que les foyers à cendres fondues conviennent mieux avec des cendres fusibles. Cependant, ces foyers sont moins adaptables que le foyer à cendres pulvérulentes et ils devraient être réservés aux cas où l'on dispose d'une réserve en charbon à cendres fusibles pour alimenter la chaufferie pendant toute sa vie probable, c'est-à-dire au moins 20 ans. Dans l'étude d'un projet de fours à cendres fondues, l'objectif en vue est directement l'opposé de celui du foyer à cendres pulvérulentes, c'est-à-dire que la surface de chauffe doit être mesurée de façon à obtenir une absorption de chaleur avec une température de gaz assez élevée pour maintenir la scorie en fusion sur les parois du four. A l'occasion, le système est adopté uniquement parce qu'il est plus facile de manipuler les mâchefers que les cendres fines.

La différence fondamentale entre les deux systèmes peut être illustrée par la figure 9 qui permet de comparer les chaleurs nettes disponibles par unité de surface de chauffe aux diverses températures suivant que les surfaces sont sales ou propres. C'est

un diagramme type de la forme de la fonction, mais dans les cas d'espèces, les valeurs des coordonnées varient avec le taux des échanges de chaleur entre la flamme et les parois ainsi qu'avec la quantité d'air en excès. La position des limites de température A et B dépend de la constitution des cendres. Ces lignes déterminent la position des verticales C et D qui limitent le domaine d'application de chacun des deux systèmes de four. Le foyer à cendres pulvérulentes s'emploiera avec succès à gauche de la ligne C et le procédé par fusion des scories, dans la région à droite de la ligne D. La région intermédiaire C — D n'est satisfaisante dans aucun cas et doit être évitée.

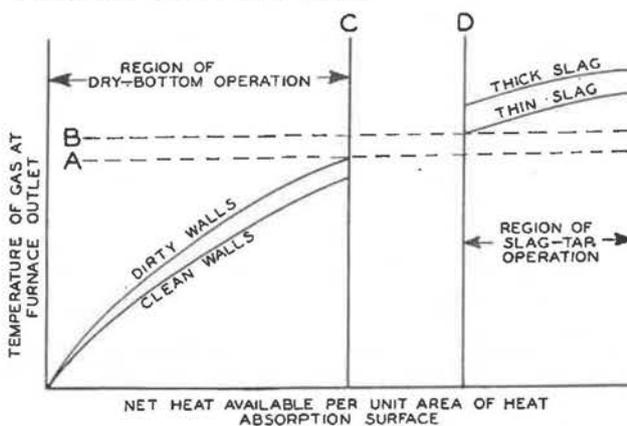


Figure 9. — Diagramme montrant les taux d'échanges calorifiques du foyer pour fonctionnement satisfaisant des foyers à cendres pulvérulentes ou à cendres fondues.

La marche dans la zone CD peut causer des ennuis insupportables avec les cendres.

On peut voir par ce qui précède que les particules de cendres entraînées par les gaz chauds, et dont le montant s'élève à 50 % et plus du poids des cendres contenues dans le charbon cru, peuvent se trouver à l'état liquide ou plastique et se coller sur les surfaces métalliques qu'elles rencontrent au passage des bouilleurs et des surchauffeurs. C'est ainsi que se forment, à la surface des tubes, des dépôts qui obstruent le passage des gaz et contrarient l'absorption de la chaleur par les surfaces métalliques.

Les dépôts dans les carneaux des chaudières à cendres pulvérulentes ou à grilles mécaniques ont aussi pour causes les particules de cendres fondues ou plastiques. Ces chaudières sont construites pour répondre à des conditions moyennes; quand il se produit des écarts par excès de température dans les chambres, il y en a aussi dans la température des gaz sortants. Quand le dépôt de cendres sur les parois devient relativement épais et se laisse pénétrer par les hautes températures, l'accumulation des matières sur les surfaces chaudes et collantes peut se faire très rapidement, surtout dans les foyers à cendres pulvérulentes dans lesquels la proportion de cendres entraînées par le courant de gaz est très forte. De leur côté, les propriétés des combustibles très cendrés sont sujettes à de fortes variations et les chaudières conçues pour une composition

moyenne prévue sont susceptibles de s'encrasser quand la proportion de cendres fusibles s'élève.

Sous certains points de vue, les dépôts dans les carneaux des foyers à cendres pulvérulentes ont moins d'inconvénients que dans les foyers à cendres fondues. Les premiers sont de nature plus friable, ils tendent à se détacher des parois plus aisément lors des changements de charge ou sous l'action de la lance. Dans les foyers où règnent de très hautes températures (foyers à cendres fondues ou à cyclone), la volatilisation des constituants alcalins de la cendre ou de scorie produit des dépôts qui adhèrent très fortement aux tubes des bouilleurs et des surchauffeurs (3,46). Ces dépôts sont très difficiles à détacher au ringard ou par soufflage des suies.

Les effets de la décomposition des cendres par la chaleur ont été mis en évidence par les recherches sur les brûleurs cyclones (25). Ce brûleur a été conçu pour réduire l'encrassement de la surface des tubes en éliminant une plus grande partie des cendres par le fond de la chambre. Bien qu'on ait obtenu un taux de dépôts sur les parois des chambres plus bas que dans le foyer à cendres pulvérulentes, ces dépôts étaient de nature plus dense et cimentés. Cette circonstance a causé beaucoup d'ennuis dans l'unité étudiée et dans laquelle le soufflage des suies était insuffisant.

Il faut attacher une grande importance au choix d'un souffleur de suie bien approprié quand on emploie des charbons très cendreux (5). Toutes les parties des carneaux en aval des chambres doivent aussi être facilement accessibles à la lance, là où le soufflage se montre insuffisant, et spécialement dans le cas des foyers cyclones et à cendres fondues.

Souvent, on prévoit dans les foyers à cendres pulvérulentes des températures compatibles avec la fusibilité des cendres, mais qui s'avèrent insuffisantes dans les surchauffeurs et réchauffeurs. La manière habituelle de remédier à cette situation est d'installer des tubes surchauffeurs radiaux directement dans la chambre. Ceci complique l'élimination des cendres et exige une grande précaution dans l'emplacement des souffleurs et beaucoup de nettoyages manuels. Ces sortes de tubes surchauffeurs, à la différence des bouilleurs qui renferment un fluide à température uniforme, sont susceptibles d'être endommagés quand d'épais dépôts rendent la transmission de la chaleur irrégulière.

Les conditions qui favorisent la décomposition chimique des cendres dans le lit de combustible ont une grande importance dans tous les foyers à grille. Cependant, ici, les incrustations sont moins fréquentes que dans les foyers au pulvérisé, parce que les cendres en grains relativement gros ont un effet de broyage qui contribue à maintenir les parois propres (8). Certains constructeurs utilisent cette propriété en triant les particules grossières des collecteurs de poussières et en les réinjectant dans le foyer.

Les résultats d'expériences récentes (48) avec des foyers alimentés par la face inférieure ont prouvé

qu'en ajoutant 16 pour 1000 d'humidité au moyen de jets de vapeur dans l'air de combustion, on réduit très notablement la formation de dépôts nuisibles sur les parois des chaudières. L'état de propreté des surfaces de chauffe compense largement la perte de chaleur causée par l'injection de vapeur dans le courant gazeux. On croit que l'addition de vapeur d'eau empêche la décomposition chimique des cendres à laquelle on attribue la formation de dépôts denses et durs. Cependant, on ne constate pas qu'une plus grande humidité dans le lit de combustible produise le même effet que l'injection de vapeur dans l'air. Il n'y a jusqu'ici aucune preuve que cet artifice puisse s'appliquer au charbon pulvérisé.

Une autre difficulté se présente parfois dans les cendriers des foyers à cendres pulvérulentes. Si la cendre est facilement fusible, elle peut se fritter, former du mâchefer et coller aux parois refroidies par l'eau. En prévision de cet accident, un constructeur emploie un cendrier incliné par rapport à l'axe du four de telle sorte que la cendre qui s'accumule est préservée de l'irradiation directe des flammes.

Viscosité de la scorie.

L'emploi de combustibles pauvres ne causerait pas de difficultés résultant de la fluidité des scories si les effets de la viscosité étaient bien compris et si, dans la construction des chaudières, des dispositions étaient prises pour parer aux grands écarts dans la composition des cendres, qui sont habituels avec ces charbons. On a déjà signalé que les fours à cendres fondues ou à cyclone conviennent pour des charbons dont les cendres fondent à moins de 1430°C. Cependant, ce chiffre n'est qu'une indication et n'est applicable à tous les cas particuliers. En fait, la viscosité de la scorie fondue est la seule propriété qui règle son écoulement et, par conséquent, elle constitue un critère plus satisfaisant qu'un degré de température.

Le Bureau of Mines (47) a effectué des recherches très étendues pendant plusieurs années pour déterminer les relations entre la viscosité des cendres et les difficultés qu'on rencontre dans le fonctionnement des chaufferies. Les découvertes les plus intéressantes de ces investigations sont que, pour assurer un écoulement satisfaisant, la scorie doit avoir une viscosité qui ne dépasse pas 150 à 200 poises (dyne sec/m^2) et que la température soit supérieure à une certaine « température de viscosité critique » (T_{cv}). Par définition, T_{cv} est cette température observée dans le refroidissement graduel d'une scorie, et à laquelle se produit une transition brusque de l'écoulement visqueux ou plastique, ce qui se manifeste par un accroissement brusque de la viscosité et une légère chute de la température.

Il y a certaine corrélation entre la température de fusion et T_{cv} , ainsi qu'entre la température de la scorie fondue et la viscosité. Cependant, on constate de grands écarts et les propriétés du flux ne peuvent pas être déduites infailliblement de la température

de fusion. Ceci rend compte des difficultés éprouvées au début des brûleurs cyclones (25). Un charbon de Pennsylvanie, dont les cendres ont des températures de fusion et de fluidité de 1400 et 1510° C respectivement, ne pouvait pas donner un écoulement satisfaisant, tandis que des charbons d'autre provenance ayant sensiblement les mêmes caractéristiques de fusion se comportaient convenablement. La différence entre les deux sortes de charbon réside dans la viscosité de la scorie fluide; le charbon de Pennsylvanie exigeait une température beaucoup plus haute pour atteindre la viscosité de 150 à 200 poises.

Comme autre résultat des recherches du Bureau of Mines, de nombreuses données ont été obtenues qui permettent de calculer la viscosité d'une scorie à une température quelconque en partant de la composition des cendres. Cette viscosité dépend du rapport $\text{SiO}_2 : (\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO})$ dans la scorie. Ni l'alumine Al_2O_3 ni le rapport $\text{Fe}_2\text{O}_3 : (\text{CaO} + \text{MgO})$ n'ont une influence mesurable sur le degré de viscosité. Par conséquent, la viscosité peut s'apprécier par la teneur en SiO_2 de la cendre, abstraction faite de l'alumine.

Les recherches ont aussi fourni des données pour prédire la température de viscosité critique en se basant sur la composition des cendres, mais la relation est beaucoup plus compliquée que pour la viscosité. Les teneurs en SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 et $(\text{CaO} + \text{MgO})$ ont toutes, ainsi que l'état d'oxydation du fer, une influence sur la température de viscosité critique.

La viscosité de la scorie influence non seulement l'évacuation des cendres, mais elle affecte aussi la transmission de la chaleur aux murs des chaudières en raison de l'épaisseur de dépôts sur ces parois. C'est encore une indication montrant l'importance qu'il faut attribuer, dans l'étude d'une chaufferie, aux propriétés du flux de scories. Le taux de la transmission de la chaleur par les murs influence la température des gaz à la sortie des chambres de combustion; or c'est là un facteur important sur lequel on base les calculs. Sous ce rapport, il faut noter que la température du chauffage préalable de l'air affecte la température dans la zone de combustion et, par conséquent, règlera les propriétés du flux de scorie dans cette même région.

Inflammation du charbon pauvre.

Les opinions diffèrent quant à la facilité d'inflammation des divers combustibles dans les différents genres de foyer. Au début, quand l'intérêt s'est porté sur l'emploi des charbons gras très cendrés sous forme de pulvérisé, deux conditions étaient considérées comme essentielles pour maintenir une combustion stable : de larges surfaces réfractaires et de longues flammes tranquilles provenant de brûleurs montés sur le toit des chambres afin de favoriser le plus possible la transmission de la chaleur au nuage de charbon entrant. Des murs réfractaires et des voûtes paraissaient aussi indispensables dans les foyers à grille et l'on trouve dans

la littérature des exemples (15) où l'on préconise un chauffage auxiliaire à l'huile minérale quand on brûle des cendres de coques ou des fines d'antracite humides sur des grilles mobiles.

Certains ingénieurs continuent à ajouter foi à ces principes, à des degrés divers (13, 14); d'autres préfèrent s'en tenir à un seul type de foyer, quelle que soit la nature du charbon, et réduisent au minimum les parois réfractaires. Un constructeur a réussi des fours chauffés tangentiellement, avec parois rafraîchies par un courant d'eau et brûlant des charbons gras pulvérisés dont la teneur en cendres s'élevait jusqu'à 50 %. On recommande aussi les écrans d'eau pour couvrir tous les murs et voûtes des foyers à grille mobile. Cette opinion se fonde sur l'observation que le charbon s'allume aussi bien par le rayonnement de la flamme ou des gaz chauds que par celui de parois réfractaires chaudes, même quand on brûle de l'antracite à 3 % de matières volatiles. Avec les charbons gras, des jets d'air au-dessus du feu sont nécessaires pour brûler les matières volatiles. Ces jets ne sont pas requis pour la combustion de l'antracite, mais ils sont utiles dans les très fortes unités parce qu'ils rejettent les cendres sur le lit et diminuent leur entraînement par le courant gazeux. (14).

On est généralement d'accord pour dire que le chauffage préalable de l'air (51) est avantageux pour faciliter l'inflammation des charbons maigres cendrés dans les foyers garnis d'écrans d'eau, mais certains ne croient pas que ce soit absolument nécessaire. Avec les grilles mécaniques, la température de l'air est limitée par le risque de détérioration des barreaux (7). Par contre, avec le charbon pulvérisé, la seule limite de température de l'air secondaire résulte de la résistance des matériaux des réchauffeurs d'air et de la quantité de chaleur apportée par le courant de gaz qui les traverse. Quand la température de l'air préchauffé est trop élevée, eu égard au bon fonctionnement des pulvérisateurs, on y remédie par des jets froids dans l'air primaire.

L'emploi d'air préalablement chauffé ne doit pas avoir d'inconvénient dans les chaufferies modernes de grande capacité puisque toutes ces unités en font usage dans un but d'économie et de rendement. De leur côté, les installations plus anciennes sans chauffage préalable, ont de très grandes surfaces réfractaires et ne doivent pas éprouver de difficultés du chef de l'ignition.

Les charbons pulvérisés maigres et cendrés s'allument plus facilement quand le mélange d'air primaire et de poussier est assez riche; mais on se heurte alors au problème du transport du charbon au brûleur par un volume d'air relativement faible. Généralement, le type de pulvérisateur pendulaire offre le maximum de variation possible du rapport air-charbon quand il travaille à sa pleine capacité. Ceci fait voir la nécessité de choisir convenablement la capacité des pulvérisateurs, tout spécialement dans les chaufferies sujettes à de grands écarts de production de la vapeur.

Quand on ne peut pas régler dans le pulvérisateur la proportion air-charbon au taux voulu, l'alimentation par trémie est indiquée, bien que ce système puisse exiger une dessiccation préalable des charbons très humides.

Un autre dispositif satisfaisant (brevet Foster-Wheeler) pour régler la proportion du charbon dans l'air primaire consiste à dévier une partie de l'air par un petit séparateur cyclone placé sur chaque tube brûleur et à la réintroduire comme air secondaire dans une autre partie de la chambre de combustion (15). Ce système appliqué à un foyer à cendres pulvérulentes est illustré par la figure 2.

Un broyage très fin favorise l'inflammation rapide du charbon par suite de la plus grande surface de contact avec l'air et de l'accroissement de la vitesse de chauffage des particules de charbon.

L'humidité cause des retards d'inflammation dans les foyers cyclones (23). En brûlant du lignite à 38 % d'eau dans une installation de l'espèce, on a trouvé qu'il est nécessaire d'élever la température de l'air au delà de son point normal (250° C) jusqu'à 340° C pour obtenir une dessiccation suffisante et pour obtenir l'inflammation dans le cyclone plutôt que dans la chambre. On a dit plus haut qu'un fort chauffage préalable aide à l'évacuation de la scorie.

Certains ingénieurs croient que l'on rencontrera habituellement des difficultés d'inflammation dans les foyers cyclones quand on brûle des charbons à faible teneur en matières volatiles, cendreaux ou non. Cependant, nous n'avons pas assez de données pour conclure d'une façon générale sur ce point. Les charbons de Pocahontas dont la teneur en matières volatiles est de 25 %, la plus basse qui ait été employée jusqu'à présent, ont brûlé de façon satisfaisante.

Corrosion et érosion.

La corrosion des surfaces métalliques relativement froides est due principalement au soufre contenu dans le combustible (20,50) et elle se produit quand la température du métal est inférieure au point de rosée du flux gazeux, point de rosée qui dépend de la proportion de SO₂ et de vapeur d'eau dans les gaz. Il faut bien remarquer que c'est la température du métal, pas celle des gaz, qui est le facteur déterminant. Ainsi, la corrosion d'un économiseur peut être assez rapide dans la zone où la température de l'eau d'alimentation est basse et, cependant, le réchauffeur d'air se maintiendra bien que travaillant dans des gaz plus froids, ce qui est dû au gradient relativement élevé de la transmission de chaleur entre l'air et le métal.

La corrosion des économiseurs peut être empêchée en combinant le cycle de la vapeur de telle façon que la température de l'eau d'alimentation à son entrée dans l'économiseur dépasse le point de rosée des gaz. Dans certaines chaufferies, il n'y a pas moins de sept stades dans le chauffage de l'eau d'alimentation. En plus, pour prévenir la corrosion, on prévoit un plus fort réchauffage, ce qui permet

d'ailleurs un chauffage préalable de l'air plus intense. Certains constructeurs prétendent que le rendement total peut être amélioré par l'emploi d'eaux d'alimentation plus chaudes.

La corrosion des chauffeurs d'air peut être empêchée simplement en les proportionnant pour de plus hautes températures des gaz traversant le faisceau. Ceci peut se réaliser en donnant une moindre surface aux tubes chauffeurs, en munissant l'économiseur d'un by-pass pour une partie de gaz, en faisant recirculer l'air chaud ou en établissant un by-pass pour l'air froid autour du chauffeur d'air (49,51). Ce système de recirculation et de by-pass est recommandable quand la teneur en soufre du combustible est très variable, parce que les vannes placées dans les carneaux permettent un réglage très précis de la température des gaz dans le faisceau. Néanmoins, aux Etats-Unis où le rendement thermique et l'économie d'installation ont acquis actuellement une grande importance, la tendance est aux basses températures des gaz de sortie et on se résigne à subir une certaine corrosion des chauffeurs d'air. Ceux-ci sont divisés en plusieurs sections dont les dernières, les plus froides, sont de petites dimensions et en matériaux relativement peu coûteux. Ces sections sont installées de telle sorte qu'on puisse les nettoyer fréquemment et les remplacer facilement et à peu de frais quand cela devient nécessaire.

L'érosion des murs réfractaires et des tubes des chaudières (41, 42, 43, 44) dépend de la quantité de poussières, de leurs propriétés physiques et de la vitesse des courants d'entraînement. La quantité de poussier dépend de l'intensité de la combustion, de la teneur en cendres du charbon et du type de chaudière. Ainsi, pour n'importe quel type, c'est la teneur en cendres qui est le facteur principal de l'érosion. Les propriétés physiques des cendres dépendent autant des conditions de la combustion que de la composition. Les cendres des foyers à grilles sont beaucoup plus abrasives que celles du charbon pulvérisé.

Comme la quantité et les propriétés des poussières sont plus ou moins fixes, la seule ressource qui reste aux constructeurs réside dans la vitesse de circulation. En donnant à tous les passages une section suffisante, on peut maintenir la vitesse dans de sages limites (10, 14, 35) et, en plaçant avec soin les divers compartiments et les registres, on peut empêcher les grandes vitesses et une érosion exagérée et localisée aux points où le courant change de direction.

Emplacement des centrales d'énergie.

L'emploi des charbons pauvres dans les centrales thermiques pose plus de problèmes que l'emploi de bons charbons. Avec ceux-ci, le fret par eau ou par fer est toujours moins cher. Avec les charbons de faible pouvoir calorifique ou présentant des difficultés de transport par suite de leur finesse ou de leur grande humidité, il faut choisir entre le centre d'utilisation et la mine ou le centre de préparation. (28, 31). Ce choix dépend tout d'abord des facteurs économiques.

En général, les frais de transport du charbon et de mise à terril des cendres doivent être mis en balance avec les frais de transport de l'énergie électrique aux consommateurs. Le prix des fournitures d'eau à chacun des deux emplacements aura aussi une influence. S'il faut installer des tours de refroidissement, les frais seront beaucoup plus élevés que si l'on dispose d'une abondante source d'eau courante. En général, la nécessité de réfrigérants imposera l'emplacement au centre de consommation. Quand on dispose d'eau propre à la mine, il n'y a aucune difficulté. Il y a souvent pénurie d'eau aux lieux de consommation; alors l'installation d'une centrale ne changera pas grand chose à cette situation de fait.

Quand on doit brûler des mixtes de lavoir dans une usine située assez loin, on doit choisir entre deux alternatives, transport et emploi du combustible brut, ou bien épuration avant l'expédition.

En tout cas, on peut affirmer qu'une épuration plus poussée, pratiquée au siège même de la chaufferie, sera rarement économique, que ce soit près de la mine ou au centre de consommation. En outre, il peut se faire que ce relavage augmente considérablement l'humidité du combustible. Ainsi, par exemple, il vaut peut-être mieux brûler les mixtes d'une séparation à sec que de les concentrer par flottation.

Pollution de l'atmosphère.

L'emploi de combustibles tenant beaucoup de cendres et de soufre aggrave les problèmes de la pollution de l'atmosphère. Dans les localités où des prescriptions sévères ont force de loi, il faut installer des collecteurs et des dépoussiéreurs de grande capacité, particulièrement avec les foyers au pulvérisé ou à grilles mécaniques. Le brûleur cyclone fournit une solution de la combustion de charbons très cendres sans grand entraînement de poussières dans les fumées. Comme il retient une grande proportion de la cendre, il peut suffire de le compléter par un simple collecteur de poussières. Cependant d'autres facteurs, tels que la teneur en matières volatiles et la fusibilité des cendres, doivent être aussi considérés en vue de l'emploi des foyers à cyclone.

Le foyer à grille mécanique, fonctionnant à un taux modéré, est celui qui présente le minimum d'inconvénients quant à l'émission de poussières. Cependant, l'emploi de charbons très cendres accroît la teneur en poussières (45) et peut rendre nécessaire l'adjonction de collecteurs à des installations existantes qui ont pu s'en dispenser aussi longtemps qu'elles brûlaient du bon charbon.

Une haute teneur en soufre dans le combustible est un inconvénient très grave. Dans tous les systèmes de combustion, les gaz sulfureux sont inévitables et ils sont emportés par les fumées. Si leur proportion est nuisible, il peut être nécessaire de séparer les pyrites au lavoir ou de placer la centrale thermique dans une région où les gaz exerceraient peu de dommages. Dans ce cas, la question de la pollution de l'atmosphère prime toutes les

considérations économiques quant au choix de l'emplacement.

En Europe, certaines installations sont munies de scrubbers qui absorbent presque tous le SO_2 mais dans ce procédé, les frais de premier établissement sont très élevés.

Dans certains cas, la législation sur la pollution de l'atmosphère peut être un argument en faveur de l'emploi des charbons cendres. Ainsi, lorsqu'on impose des précautions très onéreuses pour empêcher les feux de terril, il peut être avantageux de brûler les déchets de lavoir ou le charbon brut en supprimant ainsi les amas de matières combustibles.

Remerciements.

On a fait appel pour la préparation du présent mémoire à la science et à l'expérience de nombreuses personnes éminentes dans les domaines de l'exploitation des mines, de la construction ou de la conduite des centrales thermiques. Les auteurs désirent remercier tout spécialement pour leur collaboration Messieurs B. J. Cross, Directeur du Département de Recherches, John Cruise, Ingénieur du Bureau d'Etudes de « Combustion Engineering Superheater Inc. »; John Blizard, Ingénieur Conseil, et A. R. Weismantle, Directeur Adjoint du Département Vapeur de Foster Wheeler Corporation; F. G. Ely, Ingénieur Conseil de Babcock-Wilcox Co., C. H. Fliek, Directeur du Bureau du Charbon de Pennsylvania Power and Light Cy; C. J. Potter, Président de Rochester and Pittsburgh Coal Cy.

Conclusions.

La possibilité de l'emploi de combustibles de basse qualité mérite de retenir l'attention eu égard à la diminution des réserves en charbon propre et aux prix croissants des meilleures qualités. Dans certaines régions où il y a pénurie ou déclin de la production en charbon de qualité supérieure, l'emploi des mauvais combustibles devient obligatoire sans égard aux conditions économiques. Quand la question du prix de revient est prépondérante, en particulier aux Etats-Unis où la concurrence est très vive, tous les postes de dépenses doivent être étudiés avec soin pour arriver à une décision rationnelle quant à la qualité du charbon, le type de chaufferie et l'emplacement les mieux appropriés. Les facteurs moins tangibles, tels que mise à terril, pollution de l'atmosphère, ne doivent pas être négligés.

Les chaufferies de types courants peuvent généralement convenir pour brûler des combustibles pauvres, sauf peut-être certaines dispositions spéciales tendant à éviter les ennuis résultant de la haute teneur en cendres, en eau et en soufre, ainsi que de la friabilité du charbon et de la fusibilité des cendres. Certains ingénieurs estiment que les chaufferies du type usuel peuvent brûler n'importe quelle

sorte de charbon moyennant de minimes changements dans la construction. Cependant, il est prudent de compter avec les difficultés qui peuvent surgir à l'improviste par suite des grandes variations possibles dans la nature du combustible (28). En plus, l'installation doit être capable de brûler la plus mauvaise qualité qui ait une probabilité de se rencontrer pendant une période de 20 ans, durée de la vie probable d'une chaufferie. En toute hypothèse, il faut procurer au constructeur le maximum d'informations sur toutes les circonstances pour qu'il puisse résoudre le problème en pleine connaissance de cause. Dans le même ordre d'idées, il faut inclure dans les projets toutes les instructions qui peuvent aider l'ingénieur d'exploitation à obvier à un mauvais fonctionnement éventuel avant qu'il n'en soit résulté du dommage. (3,24).

Beaucoup de progrès dignes d'attention ont été réalisés dans ces dernières années. Aux Etats-Unis, le progrès a consisté à brûler dans les chaufferies de type courant des combustibles contenant de plus en plus de cendres, tandis qu'en Europe, on s'est efforcé de créer des unités de grandes puissances pour brûler des combustibles qui étaient réservés aux petites chaudières à opérations manuelles. Voici, à titre d'exemples caractéristiques, trois installations des Etats-Unis.

Une compagnie d'utilité publique de Pensylvanie brûle par an 363.000 t métriques d'antracite à forte teneur en cendres, qui étaient autrefois mises au terril comme déchets de lavoir. Le coefficient de disponibilité est élevé.

Une compagnie de chemins de fer, en Virginie, produit 91 t/h de vapeur dans une chaufferie au pulvérisé, alimentée en charbons flambants dont la teneur en cendres oscille entre 16,5 et 50 %. Ce combustible est ce qui reste du charbon brut après qu'on a trié le bon charbon pour les locomotives.

Une houillère de Pensylvanie produit 38.000 kW d'énergie électrique pour sa propre consommation, avec du charbon flambant tenant 25 à 35 % de cendres. On emploie simultanément des chaudières à grilles mécaniques et d'autres au charbon pulvérisé.

Voici quatre exemples d'installations européennes qui ont fait l'objet d'articles descriptifs :

- Une installation récente, à Palerme, Sicile, produit 60.000 kW en brûlant du pulvérisé à 50 % de cendres (12).
- La nouvelle centrale de Harnes, France, produit 100.000 kW en brûlant du pulvérisé à 35 % de cendres (10).
- La station d'énergie de Tir John (Galles) produit 107 t/h de vapeur dans chacune des quatre chaudières alimentées en fines d'antracite ayant une teneur en cendres de 10 à 24 % (13).
- Au charbonnage Emma du Limbourg hollandais, on produit 386 t/h de vapeur avec du charbon gras à 56 % de cendres (11).

Bien que l'on ait beaucoup progressé, il reste encore un champ très vaste pour le développement de l'utilisation des charbons pauvres. Le grand nom-

bre de terrils dans tous les bassins houillers des Etats-Unis en est la preuve. On y entasse des déchets ayant encore 50 % de carbone en quantités variant entre 270 et 1800 tonnes métriques par jour, soit une moyenne de 900 t par terril. L'utilisation de ce charbon, non seulement constituerait un profit énorme du point de vue de la réservation, mais encore il simplifierait notablement le problème de la pollution de l'atmosphère par les feux de terrils.

Il paraît possible de réaliser encore des progrès dans l'emploi des combustibles pauvres à condition de faire converger les efforts vers ce but. Les tentatives récentes pour transporter le charbon par pipelines (52) pourraient conduire à une réduction du coût des charbons pauvres à grande distance de la mine. Certains ingénieurs attendent aussi de bons résultats de l'amélioration des procédés de pulvérisation, notamment de la réduction des frais d'énergie et d'entretien du matériel occasionnés par les charbons durs.

Bien que les ingénieurs se vantent de réussites remarquables dans l'équipement moderne des chaufferies, ils s'appuient encore en ordre principal sur les méthodes empiriques et l'on est d'accord qu'une connaissance fondamentale à base scientifique serait nécessaire. Ce serait particulièrement utile pour les auteurs de projets appelés à traiter des combustibles qui ne leur sont pas familiers. Sous ce point de vue, les facteurs les plus importants sont le mécanisme de la combustion du charbon pulvérisé, les caractéristiques de la transmission de la chaleur des flammes par rayonnement, le mécanisme de l'accrochage des cendres et des scories aux parois des chaudières, la viscosité et les caractéristiques de la convection de la chaleur par les cendres et par les scories. Le Bureau of Mines a étudié ces problèmes depuis plusieurs années; ils font partie d'un programme de recherches de longue durée par l'utilisation de combustibles de faible valeur, mais il reste encore beaucoup à faire. Il n'est pas probable que ces recherches aboutissent à améliorer d'une façon appréciable le rendement thermique ou l'économie des chaufferies modernes. Cependant, il est très probable que des études sur la combustion convenablement dirigées conduisent à des équipements de moindres dimensions, moins coûteux et d'une plus grande souplesse quant à l'emploi de combustibles de valeur très différentes.

BIBLIOGRAPHIE

1. *de Lorenzi, Otto.* — « Combustion Engineering », 1st Edition - Combustion Engineering - Superheater, Inc., New York, 1949.
2. *Johnson, A.J. and Auth, G.H.* — « Fuels and Combustion Handbook », 1st Edition. - McGraw-Hill Book Co, Inc., New York, 1951.
3. *British Intelligence Objectives Sub-Committee.* — « Technical Report on Ruhr Coal Field » - Final Report N° 394, Vol. III, Appendix, N° 27 - Ministry of Fuel and Power, H. M. Stationery Office, London, 1947, 8 pp.

4. Coal Industry Joint Fuel Efficiency Committee. — « Utilization of Low-Grade Fuels » - Second progress report of Technical Panel I - The Mining Association of Great Britain, London, July 1945, 31 pp.
5. British Coal Utilization Research Association. — « Proceedings of a Conference on Problems in the Utilization of Small Coals » - London, 1944, 294 pp.
6. Arrowsmith, G.H. and Crawford, A. — « The Utilization of Low-Grade Coal for Pulverized-Fuel-Firing » - Conference on Pulverized Fuel, the Institute of Fuel, London, June 2-6, 1947, pp. 176-191.
7. Bennett, J.S. — « Firing Large Boilers with Spreader Stokers » - Proceedings of the Midwest Power Conference, Illinois Institute of Technology, Chicago, 1951, pp. 179-187.
8. Frick, C.H. — « Operating Experience with Anthracite in Central Power Stations » - Transactions of the Third Annual Anthracite Conference of Lehigh University, Bethlehem, Pa., 1940, pp. 169-180.
9. Fairmont Coal Bureau. — Reference Bulletin 10, New-York, July 1947, 8 pp.
10. Weiner, S. and Aslaksen, E. — « New 100.000-kW Steam Power Station at Harnes, Pas de Calais, France » - Combustion, Vol. 21, August 1949, pp. 36-42.
11. van Berckel, F.W. — « Emma Power Station of the Netherlands State Mines » - Combustion, Vol. 23, August 1951, pp. 34-43.
12. Kuljian, A.H. and Bonnes, F.X. — « Power for Palermo » - Power Engineering, Vol. 55, August 1951, pp. 76-8, 95-8, 120-21.
13. Mayer, J. — « The Combustion of Anthracite Duff in Pulverized Form » - Journal, Institute of Fuel, Vol. 11, 1938, pp. 305-43.
14. Hallman, R.L. — « Burning Anthracite in Power Plants » - Combustion, Vol. 20, July 1948, pp. 41-43.
15. Marks, C.H. — « Steam Plant Practice in Britain » - Power Engineering, Vol. 54, July 1950, pp. 92-96.
16. Jones, J.S. — « Some Observations on the Use of Low-Grade Fuels for Steam Raising » - The Institute of Fuel War Time Bulletin, February 1944, pp. 87-97.
17. Kirkman, P.D. — « The Use of Unfamiliar Fuels » - Institute of Fuel War Time Bulletin, June 1944, pp. 164-166.
18. MacDonald, E.J. — « The Influence of Coal Characteristics on the Performance of Stationary Boilers » - British Coal Utilization Research Association, Monthly Bulletin Vol. 15, 1951, pp. 353-362.
19. Patterson, W.S. — « Factors in Selection of Steam Generating Units » - Combustion, Vol. 19, March 1948, pp. 35-41.
20. Swain, P.W. — « Selecting Fuel for New Plants and Old » - Power, Vol. 92, December 1948, pp. 774-777.
21. Reed, J.B. — « The Fourth World Power Conference, London, July 1950 » - British Coal Utilization Research Association, Monthly Bulletin, Vol. 14, 1950, pp. 241-254.
22. Gilg, F.X. — « The Cyclone Furnace-Latest Thing in Coal Burning » - Power Generation, Vol. 54, April 1950, pp. 64-70.
23. Stone, V.L. and Wade, I.L. — « Operating Experiences with Cyclone-Fired Steam Generators » - American Society of Mechanical Engineers, Paper N° 51-A-119, Annual Meeting, November 25-30, 1951, 20 pp.
24. Drabelle, J.M. — « Burning Low-Grade Midwestern Coals on Spreader Stokers with Continuous Ash Discharge » - Transactions American Society of Mechanical Engineers, Vol. 69, 1947, pp. 203-212.
25. Hallman, C. — « Designing Stokers » - Heating and Ventilating, Vol. 41, July 1944, pp. 77-78.
26. Wignall, N. — « Mechanical Stokers » - The Heating and Ventilating Engineer, Vol. 24, February 1951, pp. 339-341.
27. Guthmann, K. — « Utilization of High-Ash Fuels » - Stahl und Eisen, Vol. 63, 1943, p. 304.
28. Muirhead, A.B. — « Development of Steam and Power in the Mining Industry » - Transactions Institution of Mining Engineers, Vol. 107, Part. 2, 1947, pp. 86-94.
29. Samuels, J.O. — « Flocculation and Flotation Principles in the Recovery of Low-Grade Fuels » - Institute of Fuel War Time Bulletin, February 1945, pp. 603-111.
30. Storrow, J.T. and Haslam, G. S., Slurry. — Colliery Engineering, Vol. 20, 1943, pp. 135-136, 169-174, 185-188.
31. Miles, W. — « Burning Slurry » - Colliery Engineering, Vol. 22, 1945, pp. 6-8.
32. Eastcott, A.R. — « Ten Years' Experience Burning Lignite and Discarded Slack Coal » - Power, Vol. 92, May 1948, pp. 276-279.
33. Combustion, « Burning Brown Coal on Stokers », Vol. 19, November 1947, pp. 47-48.
34. Colliery Engineering, « Mill Firing Brown Coal », Vol. 24, 1947, pp. 94-95.
35. Gilg, F.X. — « Burning Coke Breeze on a Chain Grate Stoker » - Blast Furnace and Steel Plant, Vol. 35, 1947, pp. 1252-1254, 1256, 1274.
36. Kiron, N.Y. — « The Utilization of Coke Breeze » - British Coal Utilization Research Association, Monthly Bulletin, Vol. 15, 1951, pp. 37-44.
37. Colliery Engineering, « Utilizing Low-Grade Fuels », Vol. 20, 1945, pp. 164-166, 168.
38. Gunz, W. — « A Suggested Solution to Burning High-Ash Coal » - Combustion, Vol. 21, February 1950, pp. 57-59.
39. Karthausser, F.B. — « Pulverized-Fuel Firing for Stationary Gas Turbines » - British Coal Utilization Research Association, Monthly Bulletin, Vol. 11, 1947, pp. 289-306.
40. Karthausser, F.B., Battcock, W.V. and Ross, F.F. — « The Coal-Fired Gas Turbine » - Journal, The Institute of Fuel, Vol. 21, 1948, pp. 58-72.
41. Weismantle, A.R. and Artsay, N. — « Fly-ash Erosion in Boilers » - Mechanical Engineering, Vol. 71, 1949, p. 946.
42. Stevens, W.D. — « Fly-Ash Erosion of Boiler Surface » - Mechanical Engineering, Vol. 71, 1949, p. 947.
43. Andrews, L.V. and Hawley, C.F. — « Fly-Ash Erosion in Boilers » - Mechanical Engineering, Vol. 71, 1949, p. 948.
44. Powell, E.M. — « Fly-Ash from Stokers » - Combustion, Vol. 21, November 1949, pp. 39-41.
45. Gladden, C.S. — « Cinder and Fly-Ash Factors when Burning Small Anthracite Coal on Traveling-Grate Stokers » - Transactions, American Society of Mechanical Engineers, Vol. 69, 1947, pp. 191-202.
46. Munzinger, O.A.F. — « Influences Affecting Slag Behavior » - Combustion, Vol. 19, March 1948, pp. 32-33.
47. Cohen, P. and Corey, R.C. — « Behavior of Ash in Pulverized-Coal-Fired Furnaces » - Combustion, Vol. 19, January 1948, pp. 33-40.
48. Murphy, P., Piper, J.D. and Schmansky, C.R. — « Fireside Deposits on Steam Generators Minimized Through Humidification of Combustion Air » - Transactions, American Society of Mechanical Engineers, Vol. 73, 1951, pp. 821-843.
49. Waitkus, J. — « Avoiding Deposits and Corrosion in Regenerative Type Air Preheaters » - Combustion, Vol. 14, April 1942, pp. 50-53.

50. Corbett, P.F. — «The Deleterious Effects of Sulfur in Fuels» - British Coal Utilization Research Association, Monthly Bulletin, Vol. 15, 1951, pp. 169-181.
 51. Thurlow, G.G. — «The Use of Preheated Air in Power Station Boilers» - British Coal Utilization Research Association Monthly Bulletin, Vol. 15, 1951, pp. 1-11.
 52. Mechanical Engineering, «Coal Pipe Line», Vol. 74, 1952, p. 230.
 53. Watson, J.M. — «Boiler Practice at Collieries» - Iron and Coal Trades Review, Vol. 1946, 1945, pp. 601-602.
 54. American Society for Testing Materials. — «Standard Specifications for Classification of Coals by Grade» - ASTM Designation D. 389-37, ASTM Standards, Part. 5, pp. 658-659.
 55. American Society for Testing Materials. — «Standard Specifications for Classification of Coals by Rank» ASTM Designation D. 388-38, ASTM Standards, 1949, Part. 5, 1949, pp. 652-657.
 56. American Society for Testing Materials. — «Tentative Method of Test for Grindability of Coal by the Hardgrove-Machine Method» - ASTM Designation D. 409-37T, ASTM Standards, 1949, Part. 5, pp. 620-623.
-

Matériel minier

Notes rassemblées par INICHAR.

SOUTÈNEMENT MARCHANT (1)

Des essais de soutènement marchant sont actuellement en cours à la Mine Dawdon avec le dispositif décrit ci-dessous.

L'étau constituant une des parties de ce support mobile est un étau hydraulique et à friction. Il combine donc les avantages des deux systèmes. L'étau est constitué d'un fût tubulaire en alliage léger et est conçu pour fonctionner sous l'action d'un fluide comprimé, soit au moyen d'une pompe à main portable, soit au moyen d'eau sous pression venant d'une conduite indépendante.

Il est de plus équipé d'une serrure à friction qui peut être fermée par un coin chanfreiné, passant à travers une fente du fût supérieur; chaque jambe de ce fût comprend une conduite pour le fluide comprimé. L'étau peut ainsi être posé au moyen d'air comprimé et peut être utilisé comme étau hydraulique ou comme étau à friction.

L'ensemble du dispositif est constitué de trois étaux de ce genre, reliés par des cylindres actionnés hydrauliquement. (fig 1) Les étaux sont dis-

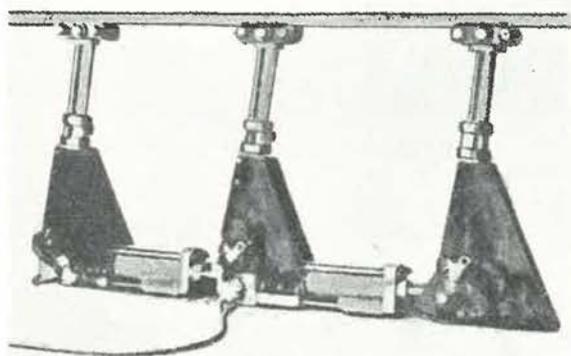


Figure 1. — Dispositif de supports hydrauliques déplaçables à l'essai à la mine « Dawdon ».

posés sous des bèles métalliques articulées du type « Schloms ». Quand on pousse le convoyeur en avant, le premier cylindre pousse le premier étau-

çon; on déplace ensuite successivement les deux autres étaux au moyen des autres cylindres. L'étau est maintenu en pression sous la bèle pendant la progression. Le déplacement est facilité par le dévers donné aux étaux; on remarque en effet que le pied est en avance sur la tête. On a démontré qu'avec une convergence de 12°, l'avancement était obtenu par la pression du toit. Cette action automatique n'est pas réalisable partout et l'avancement est complété par les cylindres hydrauliques. Jamais, pour des étaux supportant des charges de 5 à 30 tonnes, l'effort nécessaire pour les déplacer, n'a dépassé 1 tonne.

APPAREIL ENREGISTREUR DE CONVERGENCE J. DAVIS ET FILS (2)

L'appareil est formé de deux tubes télescopiques écartés par un ressort dans le but de permettre le raccourcissement lorsque la convergence entre toit et mur se produit. L'un des tubes porte un tambour avec mouvement d'horlogerie, enfermé dans un coffret en acier avec porte fermée par œillet et cadenas. Le tambour porte un papier à diagramme et effectue une rotation complète en 24 heures; pendant ce temps, un crayon ou plume métallique appuyé par un ressort et fixé au tube interne trace le diagramme du rapprochement des épontes en fonction du temps.

Chaque appareil est fourni avec 5 allonges dont les longueurs sont respectivement 9 pouces, 6 pouces, 3 pouces et deux de 12 pouces, permettant ainsi d'atteindre une hauteur de 5 pieds et demi (1,65 m). Pour de plus grandes ouvertures, on peut obtenir des tubes hors série.

Les extrémités alésées des tubes sont en contact avec des aiguilles chassées dans le terrain.

Pour mesurer le décollement des bancs, deux ou plusieurs appareils similaires sont disposés côte à côte sur une plaque d'assise posée sur le mur; les extrémités supérieures sont en contact respectivement avec le toit et les divers bancs à travers des trous forés dans ceux-ci.

(1) « Iron and Coal Trades Review », 1^{er} août 1952.

(2) « Iron and Coal Trades Review », 25 juillet 1952.

L'appareil (fig 2) complet est contenu dans un coffret en bois de $45 \times 23 \times 20$ cm, avec poignée. Il pèse au total 14 kg. Le cadenassage de la porte empêche toute intervention indésirable.

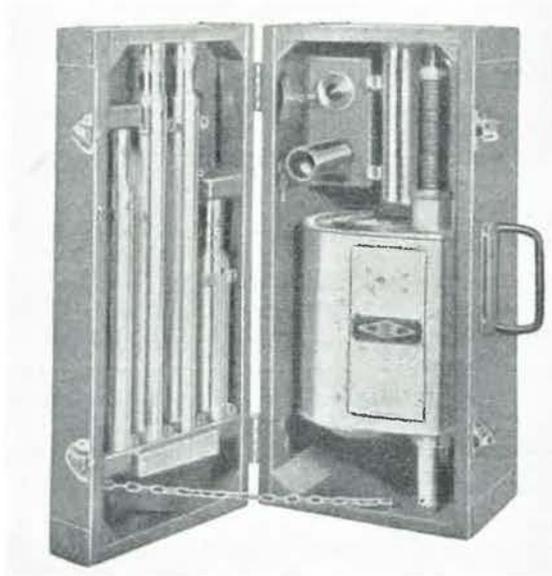


Figure 2. — Enregistreur de convergence J. Davis et Fils.

NOUVEAUTES CONCERNANT LES ROULEAUX POUR CONVOYEURS A COURROIE (3)

Rouleaux antichocs.

Des rouleaux caoutchoutés de formes et de conceptions variées ont été soumis à des essais systématiques et ceux qui ont procuré les résultats les meilleurs sont, d'une part, les rouleaux avec disques à flancs bombés (fig. 3) et, d'autre part, les rou-

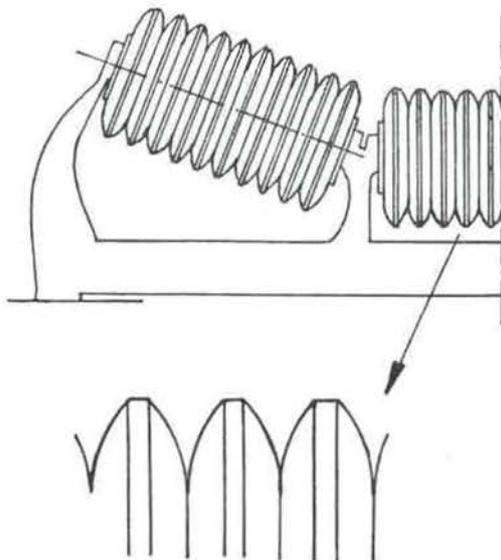


Figure 3. — Rouleaux caoutchoutés à disques à flancs bombés (Continental Gin Cy).

leaux à rainures multiples comportant des rainures primaires profondes pour amortissement maximum des chocs et des rainures secondaires peu profondes pour procurer la souplesse de la surface et assurer la protection du revêtement de la courroie contre les lacérations (fig 4). Dans le premier cas, la pointe des disques se déforme aisément sous de faibles charges, mais, quand les charges augmentent, la base élargie des disques offre une résistance qui croît avec la charge et les flancs des disques se déforment ensemble jusqu'à la déflexion maximum; à ce moment, les vides sont entièrement comblés et la rigidité est assurée sous quelque charge que ce soit. Dans le second cas, le rainurage rationnel des cylindres de caoutchouc procure des possibilités étendues de déflexion sous les chocs alors que la stabilité des cylindres n'est pas affectée.

On construit également des trains porteurs amortisseurs à pneumatiques; les rouleaux sont alors remplacés par une série de petites roues à pneumatiques. Il s'agit de dispositifs très robustes équipés de paliers à rouleaux (fig. 5).

Les pneumatiques employés sont des pneumatiques sans chambre à air, ce qui résout le problème de la permanence du gonflage à un taux constant. Les pneumatiques sont rendus étanches défi-



Fig. 4. — Rouleau caoutchouté à rainures multiples (Chain Belt).

nitivement au cours de leur fabrication de façon à éliminer la chambre à air et sa valve.

Le glissement sur la jante est pratiquement inévitable lorsqu'on utilise des bandages creux à base lisse. Goodyear a mis au point des pneus semi-pneumatiques avec base spéciale à saillies qui supprime tout glissement. A ces saillies de la base du pneu correspondent en effet des empreintes dans la jante de la roue.

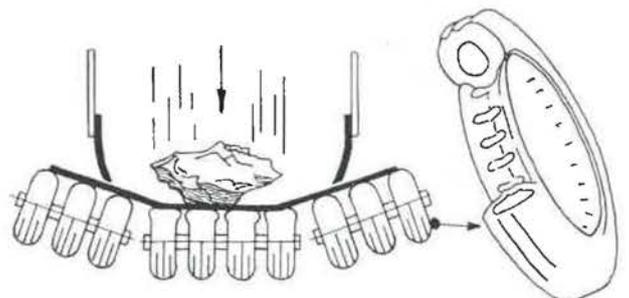


Figure 5. — Train porteur à pneumatiques (Goodyear).

(3) « Equipement mécanique », août 1952.

Quelles que soient les conditions de service, les trains porteurs élastiques qui viennent d'être décrits peuvent toujours être utilisés pour supporter la courroie dans la zone de chargement. Il est recommandé d'employer dans cette zone au moins quatre trains espacés de la moitié de l'écartement normal des trains porteurs ordinaires.

Rouleaux pour brin de retour à spirale caoutchoutée.

Ces rouleaux combattent efficacement le collage des matériaux aux courroies transporteuses et aux rouleaux métalliques nus supportant le brin de retour. Le déplacement spirale — courroie, provoque le détachement des matériaux collés à la face porteuse de la courroie. Il est bon de disposer une dizaine de ces rouleaux immédiatement à la suite du tambour de tête. Dans le cas de services particulièrement sévères, il est parfois indiqué d'équiper le brin de retour entier avec ces rouleaux spéciaux. (fig 6).

Un rouleau à spirale caoutchoutée est constitué d'un plat d'acier enroulé en hélice, recouvert de caoutchouc et monté sur un tube qui possède un dispositif interne constituant une réserve de graisse pour chaque palier. La spirale d'acier est façonnée à la machine et fixée d'une façon permanente au tube-support; elle possède deux parties, une avec

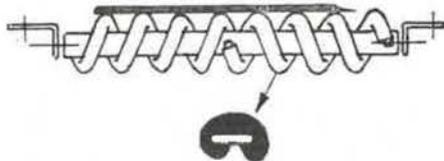


Figure 6. — Rouleau pour brin de retour à spirale caoutchoutée (Chain Belt).

hélice à droite et l'autre avec hélice à gauche pour assurer le centrage de la courroie qui, ainsi, n'a plus tendance à aller latéralement d'un côté ou de l'autre : le V central formé par la rencontre des deux hélices doit être dirigé dans le sens de la marche de la courroie. Le revêtement épais de la spirale est un profilé extrudé de caoutchouc spécial, ouvert à la base et enserrant la barre d'acier; la tension naturelle du profilé de caoutchouc est augmentée par la torsion suivant la spirale et maintient solidement en place le profilé; quand il est définitivement hors d'usage, le revêtement de caoutchouc est facilement remplaçable, restituant ainsi le rouleau en parfait état.

NOUVEAUTES CONCERNANT LE NETTOYAGE DES BERLINES (4)

Divers procédés sont actuellement utilisés pour nettoyer les culots de berlines. Parmi ceux-ci, on distingue :

a) les brosses rotatives en acier qui ont l'inconvénient d'user rapidement le fond des berlines et d'enlever le galvanisé;

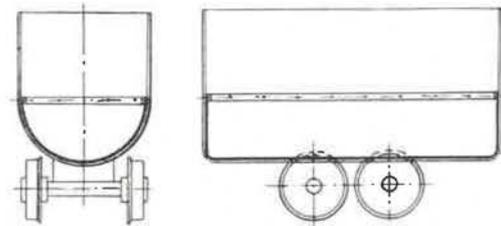
b) le lavage par jet d'eau sous pression; ce procédé est efficace mais le traitement des eaux chargées des schlamms et leur manutention grèvent le prix de revient;

c) une série de chaînes fixées au fond de la berline et qui raclent le fond en se déplaçant;

d) un tapis de caoutchouc fixé au fond de la berline qui se courbe au moment du basculage. L'élasticité du tapis facilite ce processus, ce qui détache les matières collant à sa surface.

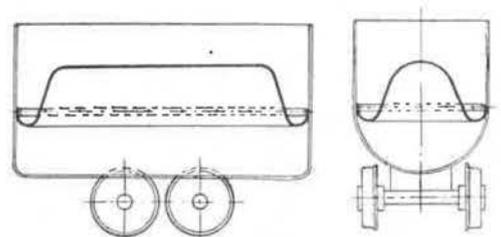
Divers modes de fixation du tapis de caoutchouc au fond de la berline ont été essayés; le procédé décrit ci-dessous donne les meilleurs résultats.

Le tapis de caoutchouc en une pièce couvre à la fois les parois latérales et frontales de la berline; il est formé d'une feuille de 4 à 5 mm d'épaisseur, en caoutchouc très élastique et résistant aux coups, sans âme quelconque (fig 7a). Le tapis est attaché à



(a) Berline en position de chargement.

la berline par un fer plat posé à hauteur du cintrage sur tout le pourtour. Lors du culbutage, la cuve en caoutchouc se retourne et dégage le fond (fig 7b);



(b) Berline culbutée.

On remarque la forme prise par le fond de caoutchouc.

Figure 7. — Berline équipée d'un tapis de caoutchouc servant à maintenir la propreté du fond.

au redressement, il reste parfois une mince couche argileuse très humide mais qui s'élimine d'elle-même après dessiccation. Pour assurer le bon fonctionnement, il faut toutefois permettre à l'air de pénétrer sous le caoutchouc, sinon le vide formé empêcherait le déplacement. A cet effet, on a foré un nombre suffisant de petits trous dans la tôle de fond de la berline.

Les déchirures qui pourraient se produire sous l'action de pierres lourdes et tranchantes n'influent en aucune manière sur la bonne efficacité du fonctionnement. De pareilles coupures sont rares parce qu'elles se réduisent souvent à de petites entailles qui se combinent immédiatement. On peut d'ailleurs toujours les réparer par vulcanisation. Pour obtenir

(4) « Bergfreiheit », août 1952. — G. Alberts « Neues über die Förderwagenreinigung ».

une durée de service suffisante, la bonne qualité de la gomme est essentielle.

En conclusion, le nettoyage est efficace et le dispositif protège la tôle de fond des berlines, ce qui allonge leur temps de service.

MARTEAUX-PIQUEURS A PULVERISATION D'EAU

Les Ateliers Liégeois d'outillage pneumatique présentent deux dispositifs pour équiper les marteaux-piqueurs de pulvérisateurs d'eau. Le premier est un appareil mixte, réalisant simultanément le graissage du marteau et la pulvérisation de l'eau vers le front d'abatage, le second comporte uniquement le dispositif de pulvérisation. Ces appareils ont été mis au point suite à une fructueuse collaboration entre les Ateliers Liégeois et les Charbonnages de Beeringen et d'Espérance et Bonne-Fortune.

Le bloc graisseur-distributeur est vissé sur la culasse de l'outil à l'extrémité de la poignée à l'emplacement habituel du bouchon, tandis qu'un pulvérisateur, pourvu d'un pointeau de réglage du débit, est fixé au corps du cylindre par une ceinture de fer plat (fig 8). (5).

L'appareil s'accommode d'une pression d'eau comprise entre 3 et 20 kg/cm²; elle est généralement comprise entre 5 et 10 kg/cm².

La consommation d'eau est réduite; elle est de l'ordre de 1 litre par minute d'utilisation du marteau, ce qui donne environ 150 à 200 litres par poste et par marteau.

A la demande de certains charbonnages, le graisseur intercalé entre les admissions d'eau et d'air a été supprimé (fig. 9); en cas d'usure des joints du graisseur, on constatait des fuites d'eau dans l'air comprimé ou d'air comprimé dans l'eau, suivant la pression respective des deux fluides.

Le dispositif actuel consiste en un corps C en acier spécial, vissé sur la poignée et maintenu de façon très rigide par un écrou E. Les tubulures 1 et 2 servent respectivement à l'amenée de l'eau sous pression dans le corps C et à son départ vers le pulvérisateur P (fig 9).

L'eau est amenée de la conduite principale par un tuyau flexible raccordé à la busette B, fixée au raccord par un écrou à ailettes. Une soupape sphérique 3 poussée par un ressort 4, isole le dispositif et le protège contre l'entrée des poussières quand le flexible de raccordement est enlevé.

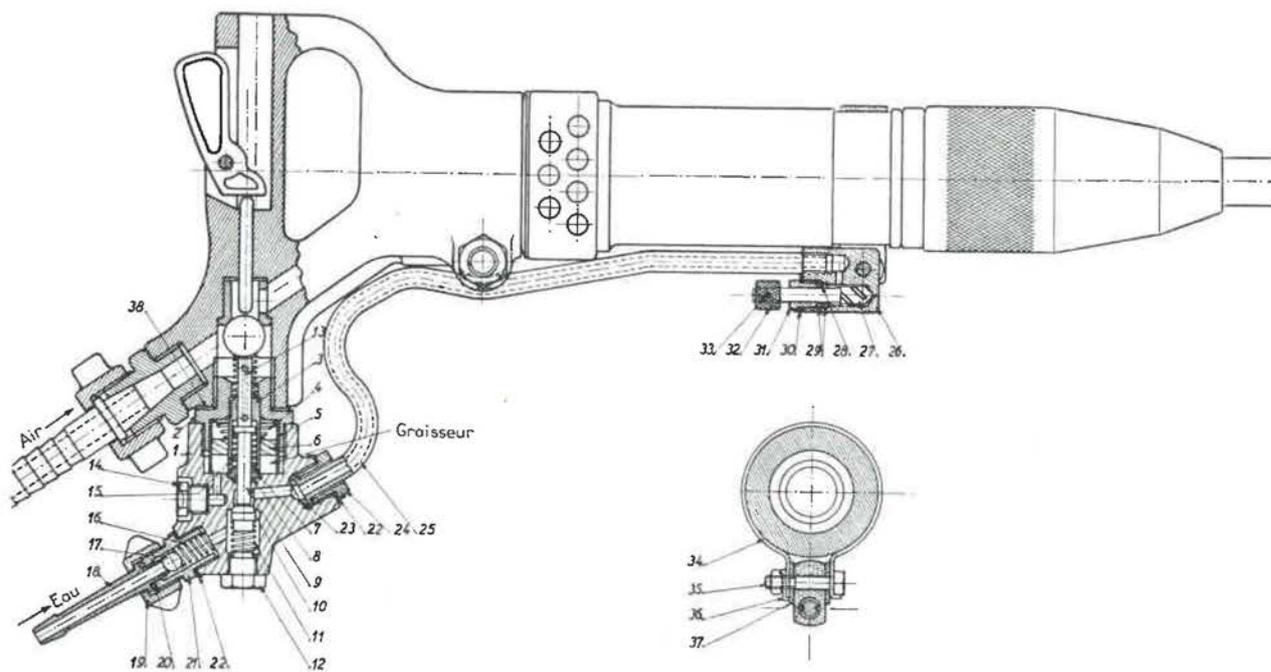


Figure 8. — Marteau-piqueur à pulvérisateur avec graisseur automatique des Ateliers Liégeois d'Outillage Pneumatique.

Une même tige, située dans le prolongement du distributeur d'air comprimé, commande simultanément le graissage et l'admission de l'eau. La manœuvre de la gachette commande donc toutes les opérations simultanément.

La tubulure 2 est conçue pour permettre la fixation aisée du tuyau T d'amenée d'eau au pulvérisateur et assurer une étanchéité parfaite.

Une soupape sphérique 7 commandant l'admission d'eau vers le pulvérisateur est maintenue sur son siège par un ressort 8 et manœuvrée par une tige 9 garnie d'un anneau spécial d'étanchéité 13. Cette tige s'appuie sur la soupape 11, commandant l'admission d'air comprimé, laquelle est action-

(5) Voir à ce sujet le rapport intitulé «L'activité de l'Institut d'Hygiène des Mines au cours de l'année 1948», par R. Bidlot. - *Annales des Mines de Belgique*, mai 1949, pp. 230-239.

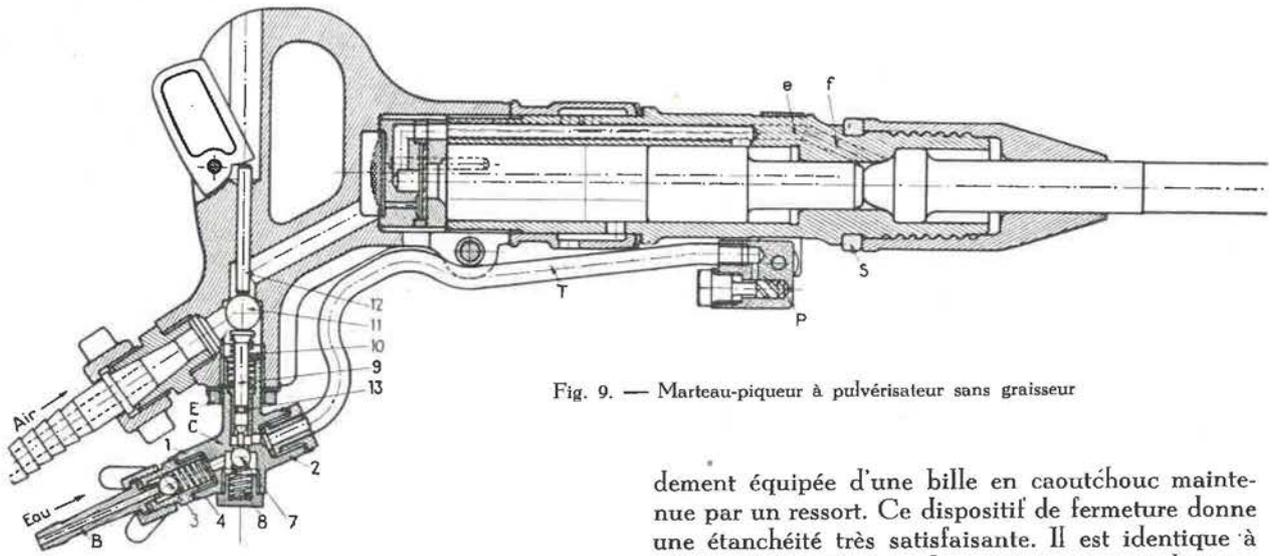


Fig. 9. — Marteau-piqueur à pulvérisateur sans graisseur

née par la tige 12 commandée par la gachette de la poignée du marteau.

M. L'Hoest, Chef du Service «Sécurité et Hygiène» aux Charbonnages de l'Espérance et Bonne-Fortune, a également apporté une modification au pulvérisateur. L'ouverture du pointeau est judicieusement réglée à l'atelier et n'est plus laissée à l'appréciation de l'utilisateur. A cet effet, on intercale des rondelles de réglage de 0,5 à 1 mm d'épaisseur et on visse le pointeau à fond sur ces rondelles (fig 9bis).

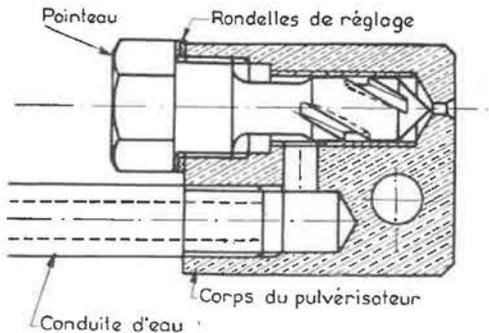


Figure 9bis. — Pulvérisateur modifié.

Le réglage de l'ouverture du pointeau du pulvérisateur est effectué à l'atelier de surface du charbonnage.

L'ensemble du dispositif de pulvérisation est très léger; il est simple, peu encombrant et très efficace. Le pulvérisateur donne un jet de fines gouttelettes, étalé en éventail, qui empêche la mise en suspension de la poussière dans l'air.

Vu la facilité de déboucher le dispositif de pulvérisation (il suffit d'enlever le pointeau de réglage et de faire une chasse d'eau), plusieurs charbonnages utilisent l'eau d'exhaure pour la pulvérisation.

La prise d'eau sur la conduite (fig 10) est automatique; elle est constituée d'une nippette de raccor-

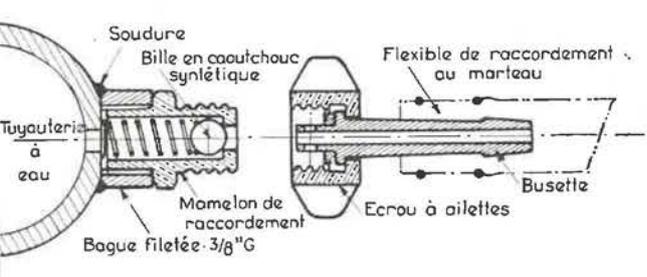


Figure 10. — Prise d'eau automatique.

AMELIORATION DES MARTEAUX-PIQUEURS DU TYPE SANS EMMANCHEMENT

Le dispositif de pulvérisation d'eau décrit ci-dessus peut s'adapter à tous les marteaux. Les Ateliers Liégeois d'outillage pneumatique (A.L.O. P.) ont également visé à réduire l'échappement d'air par le manchon décaleur.

L'appellation marteau-piqueur sans emmanchement est due au fait que, dans ces systèmes, le bout de l'outil qui doit s'emmancher dans l'extrémité avant du cylindre est extrêmement court (fig 11). La buselure d'emmanchement ou d'usure *b*, généralement adoptée dans les systèmes à emmanchement

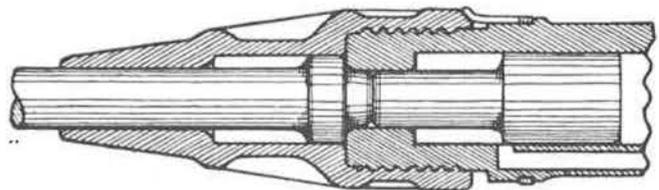


Figure 11. — Schéma du marteau-piqueur sans emmanchement.

long (fig 12), est inexistante. Il en résulte que le cylindre est de fabrication moins onéreuse, mais, par suite du manque d'étanchéité à l'avant, une partie de l'air comprimé admis pour renvoyer le piston frappeur vers l'arrière, s'échappe par le manchon de retenue (décaleur), souffle sur la veine et soulève les poussières. En outre, l'outil moins bien guidé que dans les systèmes à emmanchement long, utilise la force vive de la masse frappante de façon moins efficace.

Le modèle de marteau-piqueur décrit ci-dessous peut recevoir l'aiguille à emmanchement court, mais

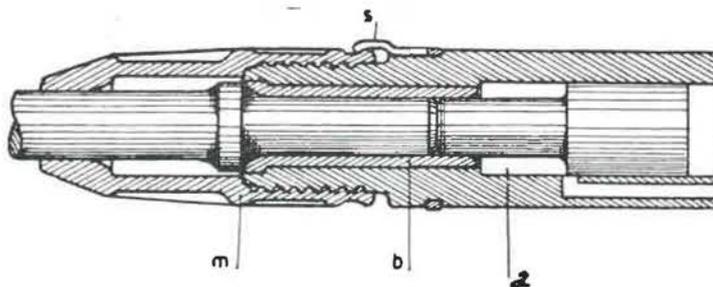


Figure 12. — Schéma du marteau-piqueur avec emmanchement.

les défauts que nous venons de signaler sont fortement atténués (fig. 9 et 12bis).

Dans le cylindre prolongé vers l'avant, un logement pour la collerette de l'aiguille assure à celle-ci un guide meilleur et plus étanche.

D'autre part, et pour supprimer la poussée de l'air comprimé sur l'aiguille, un canal *e f* a été ménagé pour mettre en communication, au moment opportun, l'avant du cylindre avec la chambre d'échappement du marteau. Ce canal, tout en augmentant l'efficacité du choc, rend le marteau plus maniable. Deux portées ad hoc, prévues sur le cylindre, fixent le manchon de retenue de façon très rigide. Une bague en caoutchouc spécial S, par sa position et sa forme, freine énergiquement le desserrage du manchon.

Grâce à la forme excentrée du cylindre par rapport au piston frappeur, on a pu réaliser ces perfectionnements sans compromettre la résistance des organes du marteau et sans l'alourdir.

La poignée du marteau est vissée au cylindre et bloquée par le système efficace du boulon tangen-



Figure 12bis. — Photographie du marteau-piqueur à pulvérisateur sans graisseur.

tiel, système simple mais qui évite les tensions qui sont très souvent la cause des ruptures prématurées des poignées.

MASQUE DE PROTECTION CONTRE L'OXYDE DE CARBONE

On a constaté qu'en cas d'explosion dans les travaux du fond et en cas d'incendies, beaucoup d'hommes étaient victimes d'un empoisonnement par l'oxyde de carbone.

On vient de mettre au point en Allemagne un masque portatif très léger qui assure une bonne pro-

tection contre un empoisonnement de ce genre. L'appareil pèse 1,200 kg. L'ouvrier doit le porter en permanence ou le déposer dans un endroit bien accessible tout proche de son lieu de travail.

Tous les ouvriers du puits Hannover Hannibal en sont pourvus. Ils prennent leur masque à la descente et le restituent à la fin du poste. Une vérification simple permet de contrôler constamment l'efficacité du masque.

Le masque est disposé dans une boîte en tôle munie d'une fermeture rapide (fig 13). A la moïn-



Figure 15. — Boîte en tôle, avec bretelles, contenant le masque.

dre alerte, l'homme ajuste l'embouchure et la pince nasale; l'appareil porte sur la denture et les lèvres; afin de les décharger, on a prévu des courroies qu'on attache derrière la tête (fig 14).

(6) « Filterselbstretter für den Bergmann », par R. Freitag - Sprengtechnik, juin 1952.



Figure 14. — L'ouvrier ajuste son masque de protection contre l'oxyde de carbone.

Caractéristiques de l'appareil.

Le dispositif d'aspiration élimine les poussières grosses et petites en suspension dans l'air (poussière de schiste, rouille, etc.). L'air est filtré, puis séché et enfin purifié. Le procédé de purification de l'air chargé d'oxyde de carbone est effectué par les catalyseurs du filtre. Il en résulte une transformation du gaz toxique monoxyde de carbone en bioxyde de carbone (acide carbonique) qui n'est pas toxique. Cette propriété de la masse catalysante (Hopkalite) est due au mélange oxyde de fer-bioxyde de manganèse. Cette masse ne travaille efficacement que lorsqu'elle est absolument sèche. C'est pourquoi l'air aspiré doit traverser un dispositif de filtrage comprenant de l'acide sulfurique et du chlorure calcique qui le sèche soigneusement. Pour éviter l'obstruction de l'appareil, on a également prévu un filtre en tissu. (fig 15).

La présence d'oxyde de carbone dans l'air aspiré se manifeste par l'élévation de température du filtre et de l'air introduit. Une circulation appropriée de celui-ci le maintient à une température supportable. Ainsi, dans les circonstances les plus défavorables (haute teneur en oxyde de carbone de l'air aspiré), la durée d'emploi est au minimum d'une heure. En pratique, on peut toutefois tabler sur une moyenne de 2 heures.

L'emploi en est très simple et le personnel non entraîné arrive à s'en servir en très peu de temps.

TRANSPORT DE BLESSES EN LIEUX DIFFICILES (7)

L'Usine de Renory de la Société Belge de l'Azote et des Produits Chimiques du Marly a mis récemment en service une civière de conception améri-

caine, spécialement étudiée pour assurer le transport aisé de blessés lorsque ce transport nécessite des transbordements qui peuvent être compliqués, tels que ceux qui sont effectués en mer ou à l'occasion d'évacuation par air.

L'ossature de la civière, construite en tubes et en plats de faibles dimensions, est garnie de treillis et l'ensemble ne pèse qu'une dizaine de kilos. Le tube qui entoure la partie supérieure de cette civière-berceau offre aux secouristes une prise aisée quelle que soit la position de l'engin et permet,

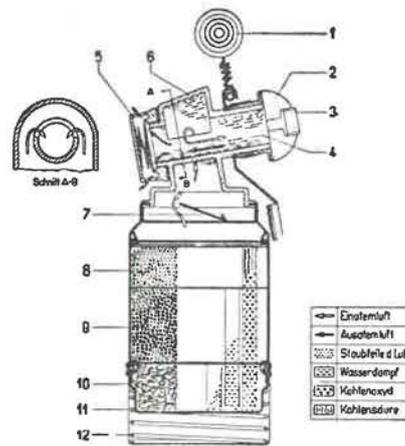


Figure 15. — Coupe à travers le masque.

Einatemluft	==	Air inspiré;
Ausatemluft	==	Air expiré;
Staubteile der Luft	==	Particules de poussière de l'air;
Wasserdampf	==	Vapeur d'eau;
Kohlenoxyd	==	Oxyde de carbone;
Kohlensäure	==	Acide carbonique.

1. Pince-nez;
2. Embouchure en caoutchouc;
3. Bout introduit entre les dents;
4. Conduit pour l'air et la salive;
5. Soupape d'expiration;
6. Enveloppe de l'embouchure;
7. Soupape d'inspiration;
8. Catalyseur CO;
9. Produit absorbant l'humidité de l'air;
10. Filtre absorbant les fines poussières;
11. Sachet filtrant retenant les grosses particules de poussières;
12. Ressort de tension.

d'autre part, son arrimage ou sa suspension au moyen de cordes. Les deux plats longitudinaux donnent la possibilité de faire glisser la civière soit sur le sol, soit sur une arête (fig 16).

Enveloppé d'une couverture et soigneusement immobilisé grâce aux lanières, le blessé recueilli sur les lieux mêmes de l'accident se sent soutenu de partout et perd toute crainte de chute, même en cas d'inclinaison prononcée dans n'importe quel sens. (fig 17).

(7) Extrait de « Pact », n° 4, août 1952.

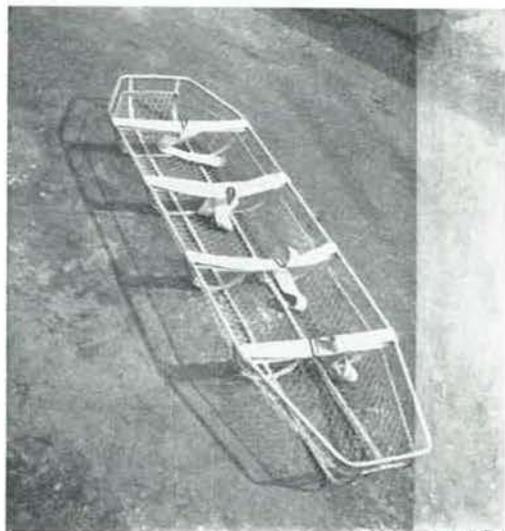


Figure 16.

Il est probable qu'en remplaçant le treillis par une tôle d'aluminium, son usage serait bien accueilli dans les exploitations souterraines.



Figure 17.

BETON OCRAT RESISTANT A L'ACIDE

Parmi les nombreuses matières premières qui ont rendu possible le développement économique moderne, le béton prend une place prépondérante.

Par la haute teneur des combinaisons de chaux (entre autres la chaux libre) dans le ciment durci, les produits de béton ne résistent cependant pas aux liquides ou aux gaz agressifs, ce qui rend leur application, pour beaucoup d'usages, impossible ou d'une durée limitée.

Il est vrai qu'on essaie, par l'emploi de béton de hauts fourneaux, de béton de trass, d'application de bitume, etc..., d'obtenir une plus grande résistance, mais on ne peut parler d'une solution du problème. En effet, la racine du mal, c'est-à-dire la

chaux libre, demeure toujours présente en grandes quantités.

Les Usines Ocriet (bureaux : 32, rue Ravenstein, Bruxelles) se sont penchées sur ce problème au point de vue chimique. On est arrivé à traiter les produits avec un gaz fluoré qui réagit aux combinaisons de chaux et qui les transforme en combinaisons difficilement solubles.

Attendu que le traitement peut se faire dans un tunnel à gaz, on peut régler la pénétration du gaz par changement de la pression et de la durée du traitement, de sorte qu'il est possible d'adapter l'épaisseur de la couche traitée aux exigences posées par la pratique, tandis qu'on peut également exécuter un traitement de part en part.

Ce procédé qui est protégé en Belgique et en d'autres pays par des brevets, a été désigné par les inventeurs, sous la dénomination « OCRATER », nom qui a également été déposé internationalement.

Vu l'importance de l'invention — qui en fait amène un changement révolutionnaire dans la technique du béton — la Dyckerhoff Portland Zementwerke A. G. Wiesbaden-Amöneburg, qui a contrôlé en Allemagne les résultats obtenus par Ocriet, les a rendu publics au cours d'une entrevue avec des représentants de la science.

Les essais de contrôle furent effectués au Laboratoire de cette usine de béton allemande, sous la direction du Dr. W. Wittekindt, l'Ingénieur en Chef de cette entreprise.

Nous extrayons les données suivantes du rapport du Dr. Wittekindt :

« A l'avantage de la résistance aux acides du béton « ocraté » s'ajoutent encore d'autres avantages au point de vue de la technique du béton, par l'augmentation de sa résistance, ainsi qu'il ressort des exemples suivants :

1) Un béton de ciment Portland Z 225 travaillé avec du sable du Rhin 0,3 mm. 1 : 3,5 G. T., plastique avec 15 % d'eau, facteur de ciment d'eau = 0,68, a été emmagasiné, étant humide, pendant trois jours dans des prismes de $4 \times 4 \times 16$ et ensuite, exposé à l'air.

Une partie des prismes fut « ocratée » après 28 jours. Après 6 semaines, on a procédé à l'essai de résistance :

	non-traité
Elasticité	Résistance à la pression
50	206 kg/cm ²
	« ocraté »
Elasticité	Résistance à la pression
99	425 kg/cm ²

2) Du ciment Portland armé Z 225 a donné, par exemple, avec les mêmes matières d'addition et dans un rapport de mélange de 1 : 5 G. T., dans un travail avec de la terre humide avec 6 % d'eau,

facteur de ciment d'eau = 0,36, en suivant le même traitement et après une durée de 6 semaines :

	non-traité	
Elasticité	Résistance à la pression	
27	88 kg/cm ²	
	« ocraté »	
Elasticité	Résistance à la pression	
53	211 kg/cm ²	

3) Du béton de Dyckerhoff Weiss, 1 : 3,5 G. T., avec les mêmes matières d'addition, terre humide avec 8 % d'eau, travaillé avec un facteur de ciment d'eau 0,36, a donné les résultats suivants :

	non-traité	
Elasticité	Résistance à la pression	
6 semaines		
40	232 kg/cm ²	
8 semaines		
44	236 kg/cm ²	
	« ocraté »	
Elasticité	Résistance à la pression	
82	518 kg/cm ²	
83	586 kg/cm ²	

4) La résistance à l'usure a été calculée avec la meule « Bohme » sur un béton humide comme de la terre, consistant en Dyckerhoff double (z 325) 1 : 3,5 G. T. avec du sable du Rhin 0,3 mm. et 5,6 % d'eau, facteur de ciment d'eau 0,30, durée

de 6 semaines, tandis que l'on avait « ocraté » après 4 semaines une partie des dalles.

Après quatre rabotages (DIN DVM 2108), on constata les pertes suivantes :

	non-traité
sur 48,6 m ² de surface :	0,156 cm ³ /cm ²
	« ocraté »
	0,102 cm ³ /cm ²

La perte par usure du béton « ocraté » n'était que 66 % de celle constatée pour le béton non-traité.

5) Un résultat particulièrement frappant de l'invention de l'ocrat a été le dépôt de petits morceaux de béton dans des solutions agressives.

Le béton de diverses sortes de ciment fut fabriqué dans un rapport de mélange 1 : 3,5 G. T. avec du sable du Rhin 0,3 mm et 15 % d'eau, facteur de ciment d'eau 0,68.

Les prismes de 4 × 4 × 16 cm furent placés un jour à l'air humide, deux jours dans de l'eau et ensuite à l'air.

Après une durée de 28 jours, on passa à l'« ocratation », après quoi, les prismes vieux de 6 semaines furent placés dans les solutions que l'on renouvela tous les quinze jours. Après un dépôt dans ces liquides, qui dura 8 semaines en tout, on passa à un premier essai dont les résultats sont indiqués au tableau I (fig 18).

En même temps, on essaya des prismes de même fabrication qui furent placés à l'air libre à partir du troisième jour.

TABLEAU I.

Résistance en kg/cm² de béton non-traité et « ocraté » après dépôt dans des solutions agressives

Huit semaines	Na ₂ SO ₄ 25 g SO ₃ '1		Acide acétique 10 % — ig		Acide lactique 5 % — ig	
	Elasticité	Résistan. à la pression	Elasticité	Résistan. à la pression	Elasticité	Résistan. à la pression
PZ 225						
non-traité	84	309	34	121	43	153
« ocraté »	111	366	100	344	99	349
EOZ 225						
non-traité	81	283	31	135	30	103
« ocraté »	122	452	110	377	99	455
Dyckerhoff Weiss						
non-traité			52	147	41	158
« ocraté »			97	351	98	323

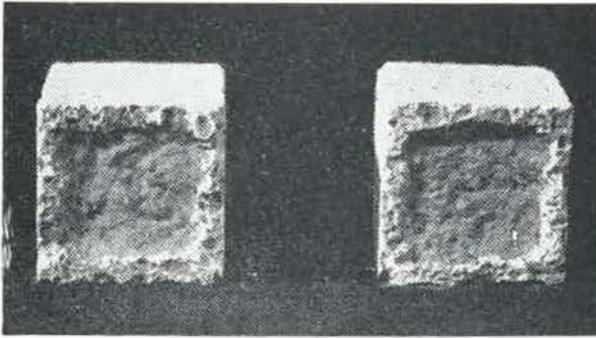


Figure 18. — Prismes en béton « ocraté ».
Après dépôt dans l'acide de sel.
On remarque clairement que la face extérieure n'a pas été détériorée.

Les figures 19 et 20 montrent des prismes traités et non-traités après dépôt dans les acides.

Les photos et la haute résistance du béton après un dépôt de 8 semaines dans les matières agressives (ainsi qu'on le constate au tableau I) montrent à suffisance l'inaltérabilité du béton « ocraté ».

Cette invention ouvre de nombreuses possibilités à l'industrie du béton, des pierres artificielles, de l'asbest et du ciment.

Nous nous bornerons à citer quelques réalisations intéressantes.

Conduites en béton pour égouts, drainage, etc.

Dans beaucoup de cas, ces conduites sont posées dans des terrains plus ou moins agressifs, attendu

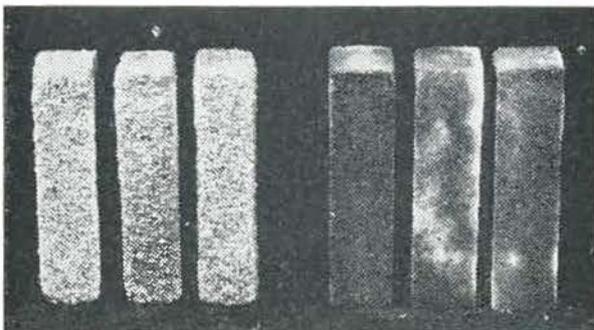


Figure 19. — Prismes en béton « ocraté »
après dépôt pendant deux mois dans l'acide acétique 10 %-ig.
A gauche : non traités; A droite : « ocratés ».

que, pratiquement, toutes les matières qu'elles drainent contiennent des matières agressives pouvant endommager le béton.

Produits de pierres artificielles.

On sait en général que ces produits deviennent, à la longue, durs par suite de l'attaque du ciment par des matières légèrement agressives, parmi lesquelles on peut déjà compter l'eau dure.

Pilotis.

Par la force des choses, ceux-ci sont pratiquement toujours employés dans des terrains agressifs (tourbe, marécage, argile).

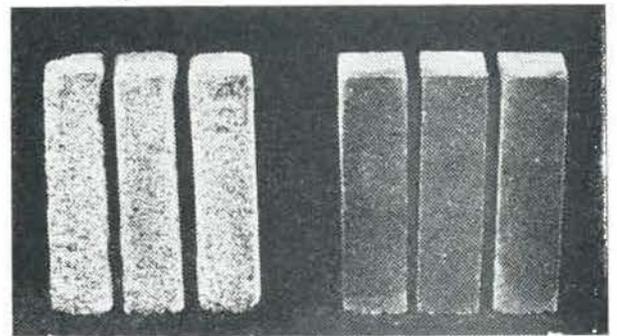


Figure 20. — Prismes en béton « ocraté »
après dépôt pendant deux mois dans l'acide-lactique 5 %-ig.
A gauche : non traités; A droite : « ocratés ».

Dalles en béton et en ciment.

Quand on les emploie comme pavage, l'augmentation de la résistance à l'usure allonge le temps de service des dalles. Dans l'industrie chimique, cet avantage peut encore être plus marqué grâce à la bonne résistance à l'usure chimique.

Béton léger.

L'augmentation des résistances faibles (par rapport au béton normal), en maintenant le poids faible, ouvre ici la voie à de nouvelles possibilités pour la construction.

Nouveautés dans le fonçage des puits par congélation

par S. L. SIK, Dipl. Ing. à Vienne.

Traduit de « Glückauf » du 9 juin 1951 par L. DENOEL,
Professeur à l'Université de Liège.

SAMENVATTING.

De auteur geeft een overzicht van de verschillende procédé's van schachtdelving en geeft de reden van de keuze van de bevroes-methode voor de delving van twee schachten van 330 en 350 m diepte, bestemd om een lignietafzetting te ontsluiten die gelegen is onder een dekterrein van mergel, schiefer en waterhoudende zanden op de volgende diepten :

- 20 m zanden tussen 0 en 80 m
- 40 m zanden tussen 80 en 180 m
- 65 m zanden tussen 180 en 290 m.

De pasgewijze bevroezing van het terrein liet toe de vorming van de ijswaer binnen ruime grenzen te regelen en tevens een niet bevroren centrale kern te behouden.

Verdere nieuwigheiden en voordelen kunnen als volgt samengevat worden :

- 1) vermindering van de bevroeskosten. Geen vrees voor lekken aan de bevroesbuizen;
- 2) behoud van de verticaliteit der boringen door toepassing van een methode van snelslagboring met grote valhoogte;
- 3) Concentratie van de koude op een willekeurig gekozen punt, hetgeen de dienstonderbrekingen vermijdt;
- 4) toepassing van een anti-vriesbeton, verwerkbaar tot -8° , door gebruik van een speciaal cement met geringe, maar langdurige warmteontwikkeling bij de binding;
- 5) gebruik van voorafgaandelijk verwarmde materialen bij de uitvoering van metselwerk onder bevroezing;
- 6) gebruik van een continue dichtheidsvoeg over gans de omtrek van de schacht;
- 7) bijzondere voorzorgen opdat de isolerende stof waterdicht zou blijven, welke ook de temperatuur zij die in de schacht heerst tijdens het solidificatie-proces;
- 8) verbinding van de verschillende delen van de schachtbekleding door middel van metalen ankers.

RESUME.

L'auteur passe en revue les différents procédés de creusement des puits et donne les raisons du choix du procédé par congélation. Il s'agit du creusement de deux puits de 330 et 350 m de profondeur pour atteindre un gisement de lignite recouvert par des marnes, des schistes et des sables aquifères, situés à plusieurs niveaux :

- 20 mètres de sable entre 0 et 80 m
- 40 mètres de sable entre 80 et 180 m
- 65 mètres de sable entre 180 et 290 m.

La congélation du terrain par passes permet de régler entre de larges limites la formation du mur de glace et la conservation d'un noyau central non congelé.

Les autres nouveautés et avantages sont les suivants :

- 1) réduction des frais de congélation. Pas de risques de fuite aux tubes congélateurs;
- 2) maintien de la verticalité des sondages par battage très rapide à grande hauteur de chute;
- 3) concentration du froid à volonté en un point quelconque, ce qui écarte les interruptions du service;
- 4) confection d'un béton antigel jusqu'à -8° C par l'emploi d'un ciment spécial dont la prise dégage une chaleur faible, mais de longue durée;

- 5) la maçonnerie est garantie contre la gelée par l'emploi, pour la première fois, de matériaux préalablement chauffés;
- 6) application d'un joint d'étanchéité continu sur tout le périmètre du puits;
- 7) précautions spéciales pour que la matière isolante reste imperméable, quelle que soit la température régnant dans le puits lors de la solidification;
- 8) liaison des diverses parties du revêtement du puits par des ancrages métalliques.

Dans le fonçage de deux puits par le procédé de la congélation, on a rencontré de grandes difficultés qui ont été surmontées avec succès. On a dû recourir à certains procédés particuliers qu'il est utile de faire connaître.

Le problème consistait à creuser deux puits de 330 et 350 m de profondeur pour atteindre un gisement de lignite recouvert par des marnes, des schistes et des sables aquifères à plusieurs niveaux. Le contrat d'entreprise stipulait un prix maximum.

Conditions du terrain et procédé de fonçage.

Aperçu géologique.

Le terrain à traverser appartient au tertiaire supérieur, étage Miocène, composé de sédiments lacustres et de deltas. Il se compose en général de bancs de marnes solides avec des intercalations de terrains bouillants qui sont constitués par des sables très fins et argileux. Toutes les couches de marne ne sont pas imperméables. Les veines de charbon sont comprises entre des marnes et des schistes souvent mêlés de petits filets de sables aquifères. On prévoyait l'installation d'envoyages à 3 niveaux et il fallait assurer une liaison étanche des salles d'accrochages avec les puits.

La tâche était rendue particulièrement difficile par l'épaisseur considérable des couches de sables bouillants qui se présentaient séparément aux diverses profondeurs. Dans la région supérieure, sur 80 m de terrains, il y avait une couche de sables de 20 m d'épaisseur. Dans la passe suivante, entre 80 m et 180, on trouve 40 m de sables et, entre 180 m et 290 m, des couches de 65 m d'épaisseur totale rendant le travail très difficile; de minces couches d'argile y étaient localement intercalées. Partout, le terrain bouillant était constitué d'éléments très fins : 45 % des grains étaient compris entre 0,3 et 0,06 mm et le reste entre 0,06 et 0,02 mm, et parfois encore plus fin. C'est donc un terrain qu'il est impossible de drainer. Entre ces différents niveaux aquifères, il y avait des bancs de marne assez épais pouvant être regardés comme des assises étanches.

La teneur en eau des sables bouillants variait entre 15 et 24 % et la venue d'eau dans les sables grossiers s'élevait respectivement à 240 l/min dans la passe supérieure, 350 l/min dans la passe moyenne et 850 l/min dans la partie la plus profonde. Ces grandes quantités d'eau ont pu se démontrer lors de la congélation.

Choix du procédé de fonçage.

Dans des conditions aussi difficiles, il n'était pas commode de dire a priori quel serait le procédé le mieux approprié et le moins coûteux et il a fallu recourir à des investigations sérieuses. Le procédé Honigmann ne paraissait pas très sûr à cause de la nécessité de creuser trois chambres d'envoyage à double entrée et de la difficulté de forer des bancs de marne dure de 30 à 60 m d'épaisseur. La cimentation est inapplicable dans les sables fins. Le procédé Joosten devait également être écarté à cause de l'extrême finesse des sables. On fit une étude détaillée du procédé par trousse coupante avec 3 ou 4 tours télescopiques. Ces tours devaient avoir des hauteurs de 20, 40 et 60 m et être constituées de cuvelages en acier, dont le prix très élevé — sans compter les risques d'une passe de 60 m — a fait écarter le procédé. On a envisagé aussi le creusement à niveau vide, mais après des recherches de laboratoires qui ont démontré l'impossibilité de drainer les sables, le procédé est apparu inapplicable. Le procédé par petites passes avec troupes de retenue partielle des eaux a été aussi étudié, mais on ne l'a pas retenu, en considération des grandes difficultés d'exécution dans les terrains meubles et de l'impossibilité de faire un devis, même approximatif, des dépenses.

Après réflexion, il ne restait donc plus que le procédé coûteux de la congélation. On élaborait un projet de congélation par passes successives, d'après lequel la partie supérieure devait être congelée et creusée à partir de la surface jusqu'à 65 m. Ensuite, partant du fond du puits, on aurait creusé une chambre annulaire pour y établir le cercle des sondages et la couronne de congélation jusqu'à 185 m, et enfin une troisième passe par la même méthode entre 220 et 290 m. Ainsi, chaque niveau aquifère aurait été congelé séparément. Cependant, on a reconnu que l'économie à réaliser de cette façon ne pouvait être estimée avec vraisemblance et serait en tout cas assez faible. Finalement, il a été décidé de faire la congélation en une seule passe sur toute la hauteur à partir de la surface.

Le prix élevé des cuvelages métalliques et la difficulté de livraison ont fait donner la préférence à un revêtement en maçonnerie étanche. On s'est inspiré des précédents réalisés notamment dans la Haute Silésie, bien qu'à des profondeurs moindres. Ces procédés ont été développés et améliorés et, comme on va le voir, couronnés de succès. Les deux puits sont maintenant en service depuis plusieurs années sans dérangement.

Marche des travaux.

Les puits devaient avoir 5 m et 4 m de diamètre et une profondeur de 325 m. Le terrain a été congelé jusqu'à 290 m à l'un et 300 m à l'autre. Les cercles des sondages avaient respectivement 10 m et 8,5; les tubes étaient distants de 1,12 m et il fallait donc théoriquement 28 sondages d'une longueur totale de 8500 m au grand puits et 24 sondages d'une longueur totale de 7500 m au petit, en tout 16.000 m à forer. Au cours du forage, on a fait des mesures de pression et de débit de chacune des nappes aquifères pour déterminer en conséquence l'épaisseur du mur de glace. Ces travaux ont débuté il y a 10 ans et duré 4 ans. Le diamètre du terrain congelé supposé circulaire, calculé en fonction de la conductibilité et de la chaleur spécifique des roches ainsi que de la quantité d'eau, allait de 13 à 18 m à l'un des puits et de 10 à 14 m à l'autre, ce qui correspond respectivement à des volumes congelés de 53.000 et 33.000 m³.

La quantité de frigories nécessaires, en admettant une température initiale des roches de + 12,5° C et une température du mur de glace comprise entre -10 et -14° C, était de 4300 millions Kcal au premier puits, de 2500 millions au second. Dans ces quantités, on comprend les frigories nécessaires pour congeler le terrain et ensuite pour maintenir le mur de glace pendant toute la durée du fonçage et du revêtement. Des pertes considérables ont été dues aux causes courantes : cette circonstance n'était pas connue lors de l'adjudication, mais elle s'est révélée lors du dégel.

Données importantes et constatations au sujet de la congélation.

Forage et tubage.

Pour accélérer le travail, on a mis simultanément en œuvre trois sondeuses à percussion rapide, prévues pour 400 m de profondeur. Une seule tour de sondage servait à toutes les opérations. A chaque puits, les treuils de sondage une fois installés, on pouvait atteindre tous les trous par un simple déplacement de poulies de renvoi, installées sur le plancher de manœuvre à 22 m de hauteur. Les tiges étaient du type rigide avec suspension à ressort. Etant donné la présence de sables bouillants, on a fait le curage à l'eau lourde, densité 1,26, obtenue par un délayage de kaolin; les boues de curage avaient une densité de 1,30. Les tubes de soutènement avaient 385 à 430 mm de diamètre au début et 150 ou 180 mm à la fin. On n'a jamais laissé plus de 10 à 15 m à nu et on a employé 5 ou 6 cours de tubes jusqu'à la profondeur de 300 m. La perte en tubes n'a été que de 15 %, bien que certains tubes soient restés sous la pression des sables bouillants pendant 4 mois.

La vitesse de forage moyenne des 3 sondeuses a été d'environ 900 m par mois; l'avancement journalier moyen par machine a été de 11 à 13 m. Tout le travail de sondage, descente des tubes congelateurs, reprise des tubes de sondage (avec emploi de presses hydrauliques pouvant déployer 600 atm), a demandé 13 mois au grand puits et 11 mois au petit. Dans ces temps sont comprises les mesures de verticalité qui ont été faites au moins deux fois à chaque sondage.

Il y a lieu de mentionner ici que toutes les déviations sont restées dans des limites tolérables, grâce à un procédé particulier employé pour la première fois et qui sera décrit plus loin. La garantie donnée pour les sondages était une déviation maximum de la verticale de 0,80 m, ce qui revient à dire que nulle part la distance entre deux tubes congelateurs voisins ne devait atteindre 2 m.

Au premier puits, où l'on n'avait pas encore toute l'expérience, deux sondages ont donné un écart de 8 m au pied, 3 autres 1,50 m et 3 m, mais pour les 22 restant, la déviation est restée entre 15 et 50 cm. Dans 12 sondages, la déviation n'a pas dépassé 30 cm, ce qui correspond à un angle de 10". Dans les sondages forés pour d'autres buts que la congélation, la tolérance est de 1° ou 1,5° pour des profondeurs de 300 à 500 m. Dans notre cas, en attribuant à chaque sondage un cylindre de glace de 2 m de diamètre, on a trouvé un mur de glace fermé. Le dernier mesurage a été fait à la profondeur de 270 m et, malgré la forte déviation de deux sondages (fig. 2), en admettant un diamètre d'action de 2,50 m, le mur de glace est entièrement fermé. Ce résultat particulièrement favorable entraîne une réduction notable des frais de sondage. Il est dû au renforcement de la batterie de ressorts de la tête de battage (8 pièces au lieu de 2, ressorts de voitures ordinaires), et ensuite à une grande hauteur

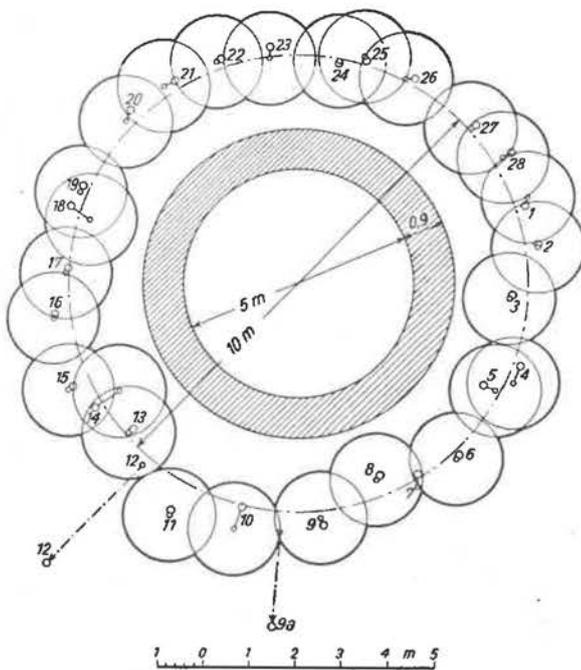


Fig. 1. — Ceinture des tubes congelateurs à la profondeur de 100 mètres.

Les cercles gelés ont été tracés avec 2 m de diamètre.

Les tout petits cercles indiquent les centres des tubes à la surface du sol;

les cercles un peu plus grands, les centres des tubes à — 100 m.

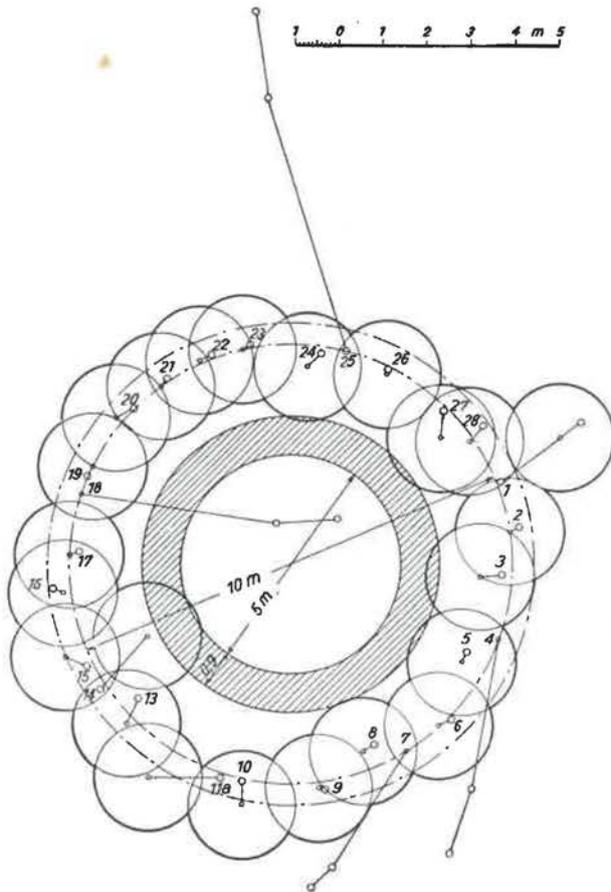


Fig. 2. — Ceinture des tubes congélateurs à - 250 m.
Diamètre du cercle gelé : 2,5 m.
Les deux petits cercles réunis par un trait indiquent la déviation de chaque tube.

de chute, de sorte que le choc du trépan étant très dur mais de très courte durée, les tiges sont toujours bien tendues et n'ont pas tendance à dévier. Pour la même raison, le trépan n'est plus sollicité à glisser suivant la pente des strates quand il recoupe des roches de dureté différente.

Pendant le travail, on a foré 57 trous d'une longueur totale de 16400 m. Pour le tubage, on a employé 46000 m de tubes; on disposait de 8600 m en cinq calibres différents. Chacun a servi environ 5 fois et la perte totale s'est élevée à environ 4000 m de tubes.

Marche de la congélation.

Sur la base des frigories estimées, on a installé deux compresseurs d'acide carbonique d'une capacité de 200.000 F/h. C'étaient deux machines d'un type ancien : WM de Halle. Ils se composaient de deux unités de compresseurs à 70 kg/cm², détendeurs, refroidisseurs, pompes de circulation d'eau et de saumure, le tout nécessitant une puissance de 380 CV. Comme agent refroidissant, on a choisi l'anhydride carbonique dont la détente de 68 à 15 atm fait tomber la température de +15° C à -38°.

Pour refroidir le terrain, on a fait circuler une solution de chlorure de calcium à 27° Be ayant un point de congélation de -37° C. En général, la saumure circulant avait au début une température de -20° à -26° C à l'entrée et de 8° en plus à la sortie du circuit. Après la formation du mur de glace, le réchauffement de la saumure a été limité à 2 ou 3°. La dépense journalière en CO² a été au début de 50 kg, les deux unités étant en service jusqu'à la fermeture du mur de glace, ensuite elle a été réduite

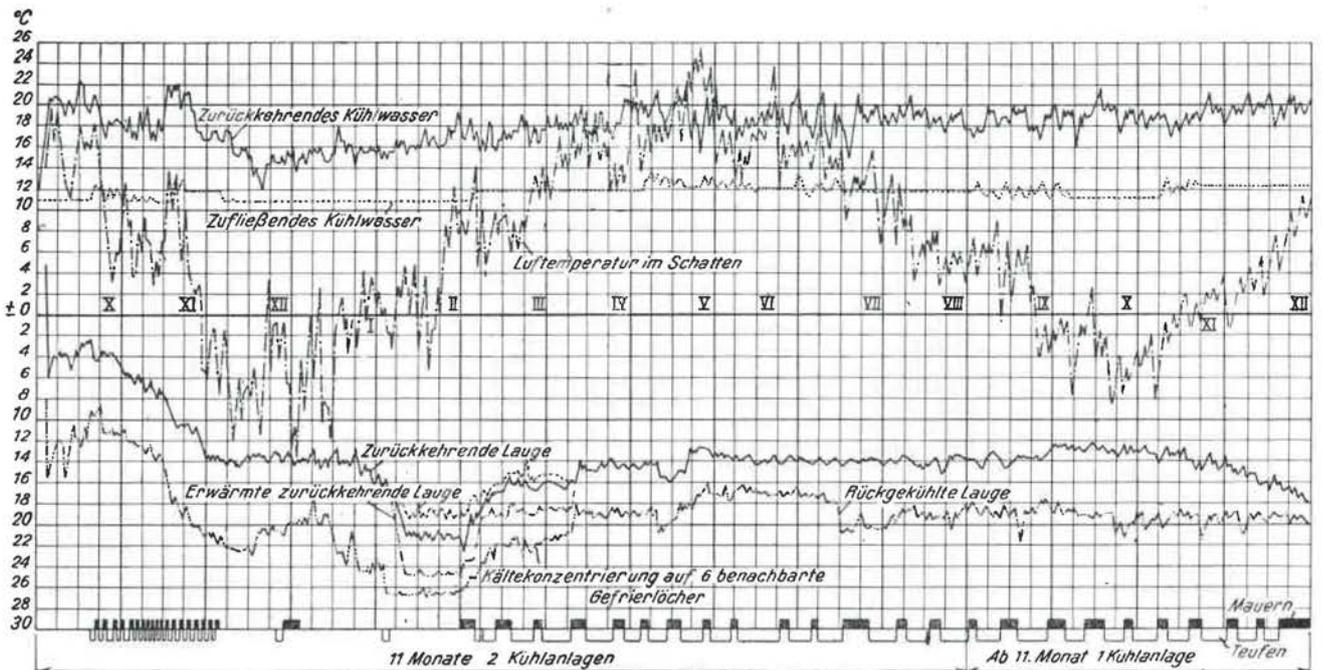


Fig. 5. — Diagrammes des températures de la saumure froide à l'entrée et à la sortie, de l'eau de refroidissement et de l'air.
Période de creusement et de muraillement jusqu'à 240 m de profondeur.

à 30 kg. Pour maintenir l'équilibre, il a suffi dans la suite d'une seule unité en marche avec une dépense journalière de 12 kg. Ces résultats, déjà très satisfaisants, ont encore été améliorés quand on est passé au second puits.

La figure 3 donne les variations des températures en divers points des circuits pour une période de 5 trimestres.

Des incidents imprévus ont fait qu'au deuxième puits, entre deux tubes distants de 2,20 m, il y eut une lacune dans le mur de glace.

Après maints essais répétés, on a employé, sans doute pour la première fois, le *procédé de la concentration du froid à une place déterminée du puits*. Ceci a été réalisé en forçant la saumure froide vers l'endroit critique par étranglement ou mise hors circuit des conduits situés dans la partie bien congelée, par abaissement de la température de la saumure injectée, accroissement de l'apport de CO₂, détente plus prolongée et enfin par une réduction appréciable de la longueur du circuit des parties menacées. On a accéléré la descente de la saumure froide par une pression d'air en même temps qu'on ouvrait une canalisation spéciale pour le retour direct de cette saumure. Ces moyens ont réussi dans chaque cas à recongeler en un temps court, 24 heures au plus, les fissures qui, pour n'importe quelle cause, ont pu se produire dans le mur de glace. L'important, c'est qu'instruits par cette expérience au puits n° 1, on a pu dès l'abord, au puits n° 2, appliquer une sorte de congélation par passes, en congelant graduellement le terrain par paliers, cependant avec des transitions peu sensibles, au fur et à mesure de l'approfondissement. De cette façon, on a pu laisser au centre un noyau de terrain non congelé.

L'avantage, c'est que :

- 1) le creusement est plus rapide et moins coûteux, par suite de la suppression des mines de déchaussement;
- 2) on économise aussi du temps et de l'énergie pour la congélation.

La réalisation a été très facile. Les tubes congélateurs étant placés jusqu'au fond, les tubes adducteurs avaient 55 à 85 m, la longueur variant de chaque tube au suivant; ensuite 3 mois avant que le fonçage n'atteigne le niveau de 40 m, les tubes ont été enfoncés de 30 à 50 m, et ainsi de suite, jusqu'à la profondeur de 290 m. On n'a éprouvé aucune difficulté.

Le fonçage a pu commencer pour ainsi dire tout de suite et sans attendre plusieurs mois comme d'habitude. *Les frais de congélation ont été réduits de 40 %*. On avait saisi la mesure de l'avancement de la congélation dans les diverses sortes de roche et on a pu garder le noyau central non congelé sur toute la profondeur.

Comme tubes congélateurs, on a employé des tubes de 133 et de 153 mm de diamètre, en acier spécial, avec joints par manchons intérieurs cylindriques. Tous les tubes ont été essayés lors du placement sous une pression d'eau de 55 atm et pen-

dant une durée de 90 minutes. Après l'achèvement de la congélation et solidification du revêtement du puits, les tubes congélateurs, suivant une pratique connue, ont été vidés, puis perforés à diverses hauteurs et injectés, sous forte pression, d'un béton sable-ciment. Les 50 m de tubes sous la surface ont été repris, les autres sont restés dans le terrain (en tout 12500 m), cette ceinture de tubes bétonnés devant constituer un renfort du revêtement des puits, spécialement dans les passes de sables bouillants.

Malgré les précautions prises pour assurer l'étanchéité des joints, il est arrivé au puits n° 2, avec des tubes ayant déjà servi dans plusieurs fonçages, que la contraction résultant d'une différence de température qui a atteint 40° C, a causé des déformations des filets de vis des manchons et des fuites de saumure. En pareils cas, on éprouve la saumure dans le tube endommagé, puis on descend dans celui-ci un autre tube de 89 mm de diamètre et on le relie au circuit.

Les fuites peuvent s'expliquer par le fait que la tête et le pied des tubes sont déjà fortement encastés dans le terrain congelé, tandis que la congélation est plus tardive dans les passes de sable bouillants et que la contraction peut ainsi y provoquer de très fortes tensions. Dans un des cas où une petite venue de saumure s'est produite (alors qu'on était en train de traverser une couche de sable bouillant), on a observé une température de -6° à -8° C dans cette couche et une température de -14° C dans les marnes du toit. On a pu, d'autre part, s'assurer que l'épaisseur totale du mur de glace à l'endroit endommagé était de 3 m. Il était très important pour la direction de l'entreprise de vérifier la cause alors inconnue de cet accident. On fit une rainure partant du fond du puits vers le tube suspect, et l'on constata que le sable congelé avait une température de -4° à la paroi allant jusqu'à -8° C au contact du tube, et que ce sable était dur et très difficile à creuser à l'aiguille du marteau pneumatique; il avait la consistance d'un grès à grain fin. Arrivé au premier joint, on s'aperçut que les extrémités des deux tubes étaient écartées de 8 mm par l'effet de la contraction. Ce petit jeu dans le filetage suffisait pour permettre une fuite de quelques mètres cubes de liquide vers l'intérieur du puits. A l'extérieur se trouvait un anneau de 30 mm d'épaisseur, plein d'une boue de saumure et par conséquent dégelé. Pour éviter des incidents de l'espèce, la congélation graduelle est recommandable. Au puits n° 2, on n'a observé aucune fuite de saumure par les joints.

La verticalité des sondages a été vérifiée constamment par l'*appareil nautique enregistreur*, aux profondeurs comprises entre 100 et 270 m. Avant la descente des tubes congélateurs, une vérification a été faite sur toute la profondeur. L'instrument est connu, ainsi que son application. Dans le cas actuel, on a pu se rendre compte de sa précision.

A chacun des deux puits, on a rencontré un tube dans la section du creusement. En repérant leur

situation exactement et en la comparant aux données de l'instrument nautique, on a constaté un écart de 10 % entre les deux mesures de la déviation.

Fonçage.

Le travail de fonçage ne présente pas de particularités. Le service de l'extraction s'est fait dans la tour de sondage en bois, de 14×14 m de superficie et de 26 m de hauteur. Treuil à deux tambours, 2 cuffats de 800 l, vitesse de 4 m/s.

Comme le centre du puits n'était pas congelé, l'abatage a été très simplifié. Ce n'est que dans les marnes très dures qu'il a fallu faire des tirs de déchaussement. La partie non congelée avait un diamètre de 1,50 m à 2,50 m, le diamètre au creusement étant de 7 m. L'abatage s'est fait en grande partie aux marteaux-piqueurs de 9, 14 ou 32 kg. Dans les sables congelés, les trous de mine ont été répartis suivant 3 cercles successifs, en prenant bien soin que les fourneaux de paroi restent à 2,50 m au moins du tube congélateur le plus proche.

Dans la marne, l'effet utile a atteint $2,2 \text{ m}^3$ par homme/poste avec une moyenne de $1,45 \text{ m}^3$ au maximum et $0,85 \text{ m}^3$ de moyenne. Dans les marnes, les marteaux les plus lourds détachaient des morceaux de la grosseur du poing; dans les sables, de minces écailles. En moyenne, la résistance à l'écrasement du sable bouillant congelé était de 100 kg/cm^2 à -10° C et de 160 kg/cm^2 à -15° C , tandis que la marne, aux mêmes températures, avait une résistance de 60 à 100 kg/cm^2 . Les schistes et le charbon à l'état congelé étaient extrêmement fragiles.

On a noté quelques observations particulières. La marne est déjà congelée à partir de -1° ou -2° C , tandis que les sables aquifères ne commencent à se solidifier qu'à -5° C . Une autre singularité, c'est qu'on a trouvé à plusieurs reprises des filets d'eau congelés, qui se distinguaient nettement du terrain, en bandes de 3 à 7 cm faciles à photographier. Il y avait donc des courants d'eau dans le terrain. Cela s'est manifesté très clairement un peu au-dessus de la dernière couche imperméable; on a rencontré un véritable courant traversant la section du puits et donnant une venue de 500 l/min. Ce courant avait une forme en chenal et on pouvait le suivre sur une longueur de quelques mètres.

La hauteur des passes de creusement suivies du muraillement a varié entre 15 et 22 m; l'avancement moyen a été de 42 m par mois. Les avaleurs étaient protégés contre le froid par un gilet sans manches en peau de mouton, de hauts bas de laine et des sabots hollandais. Pendant le creusement, à des températures de -4° à -8° C , il y avait une ou deux distributions de café chaud additionné de rhum. Pendant l'exécution de la maçonnerie, les hommes portaient des gants chauds.

Muraillement du puits congelé.

Confection de la maçonnerie.

Le revêtement du puits a été fait entièrement en maçonnerie, avec renforcements dans les passes de

sables aquifères par une couronne de béton et liaisons étanches. L'épaisseur de ce revêtement a varié avec la profondeur, la pression hydrostatique et la consistance du terrain, entre 90 cm et 130 cm au grand puits et de 80 cm à 110 cm au petit. La maçonnerie se compose d'un anneau intérieur en briques bien cuites ayant une résistance de 500 kg/cm^2 et ne pouvant absorber que 3 % d'eau maximum. Le second anneau est en briques ordinaires et derrière lui vient un joint de 25 mm en matière isolante, puis un anneau de $\frac{1}{2}$ et de $\frac{3}{4}$ de briques alternant et donnant une forte indentation vers le terrain, puis un remplissage de béton d'une épaisseur de 25 à 65 cm au grand puits et de 15 à 45 cm au petit puits. Le mortier de la maçonnerie comprenait 300 kg de ciment Portland et un agent imperméabilisant; le béton de remplissage comprenait 400 kg de ciment spécial ainsi que le même agent.

Des précautions spéciales ont dû être prises pour réaliser cette maçonnerie insensible au froid. Des expériences malheureuses faites antérieurement ont montré le danger d'une destruction par la gelée avant la consolidation de la maçonnerie. Des recherches approfondies faites au Laboratoire d'Essais des Matériaux de Berlin par le professeur Grün sur des ciments spéciaux, ensuite des essais pratiques en grand ont démontré qu'il est possible d'exécuter un revêtement en béton dans un puits congelé à des températures de -8° à -12° C , sans danger de fondre le mur de glace et en assurant au béton une résistance d'environ 350 kg.

Comme la maçonnerie de briques peut aussi être endommagée, on a résolu la question par un procédé inédit consistant en un chauffage préalable des matériaux et l'emploi d'un ciment métallurgique à prise rapide accompagnée d'un dégagement de chaleur faible mais persistant. Les matériaux de construction : gravier, sable, mortier, briques, ont été chauffés dans des silos ou des étuves par des serpentins à vapeur, spécialement en hiver, à des températures de $+25^\circ \text{ C}$, l'eau de gâchage à $+35^\circ \text{ C}$. Les diagrammes 5 et 6 indiquent les variations de températures observées pendant le premier jour et une période de 28 jours. Les mesures ont été faites dans divers secteurs, en des points distants de 10 à 15 m dans la maçonnerie et dans le terrain. On a constaté que la chaleur de réaction du béton à 400 kg de ciment monte continuellement pendant 48 heures. Mais ce dégagement de chaleur n'a été que le tiers de celui qui est occasionné par un béton ordinaire et il est lentement progressif. Le diagramme n° 6 montre aussi que la température du béton en contact avec le terrain ne revient à 0° C qu'après 13 jours; le 28^e jour, elle est de $-1,5$ bien que le terrain contigu soit à -8° ou -6° . Des observations analogues ont été faites à l'intérieur du revêtement, de sorte que l'on peut conclure que le durcissement a pu se faire sans être contrarié par le froid et que la maçonnerie a pu acquérir sa résistance dans toute son épaisseur.

Un autre perfectionnement important consiste dans l'adaptation parfaite du joint isolant à la température du béton pendant la prise. On a constaté par des essais dans des conditions analogues à celles des puits qu'une certaine matière chauffée à 200° C lors de sa mise en œuvre pouvait être refroidie à + 15° C sans présenter de fissures, mais que des fissures capillaires se formaient à +12° C. Dans ce cas, le joint laissait suinter l'eau sous une pression de 5 atm, tandis qu'en l'absence de fissures, il restait étanche sous une pression de 25 atm. On a déterminé les températures de l'air ventilant le puits pendant le dégel, ainsi que la température définitive de la maçonnerie à diverses profondeurs, et on a pu choisir une masse isolante ne donnant lieu à aucune fissure capillaire à sa température de solidification.

Une autre amélioration importante, c'est que cette matière a été introduite dans le joint sans aucune interruption, même dans les assises de fondation, et qu'on a pu ainsi réaliser une étanchéité absolument continue.

La description qui précède montre que nous avons en réalité dans le soutènement deux corps cylindriques emboîtés. Il a fallu les rendre solidaires par une armature métallique en fers plats en forme de Z, dont le nombre a été déterminé par le calcul (fig. 4). Ces fers de liaison ont des dimensions telles qu'ils peuvent reporter tout le poids de la tour en briques sur la ceinture de béton. Dans les assises, on a introduit en plus quelques fers profilés.

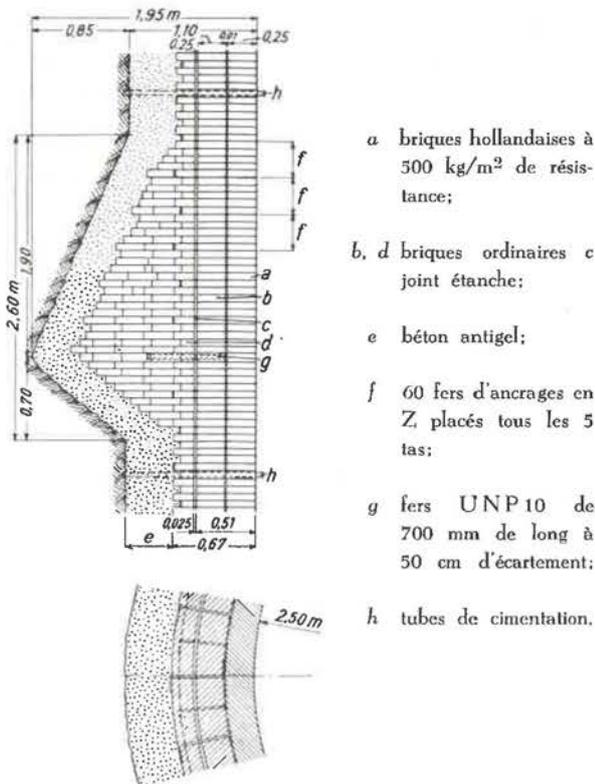


Fig. 4. — Maçonnerie antigel du puits avec joint d'étanchéité et fers d'ancrage en Z reliant le béton à la tour intérieure en briques.

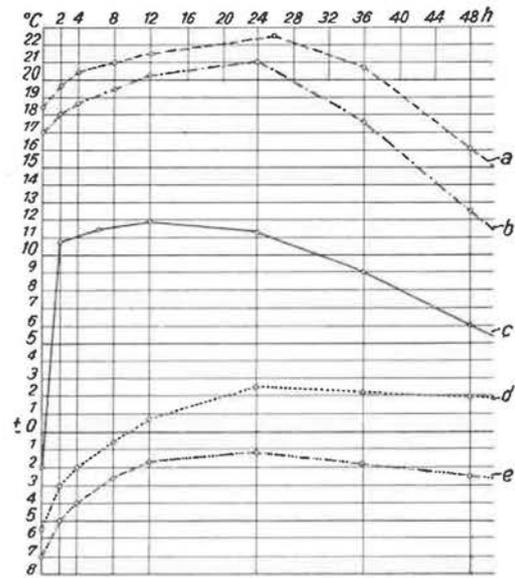


Fig. 5. — Réchauffement de la maçonnerie antigel pendant les deux premiers jours.

Le béton dans la zone de contact s'échauffe de 14° C.
 a briques;
 b béton solidifié;
 c zone de contact avec le terrain;
 d à 40 cm dans le terrain;
 e à 120 cm dans le terrain.

L'avancement moyen sur toute la longueur des deux puits, tout compris, a été de 26 m par mois et on a atteint un maximum de 33,5 m.

Le dégel s'est fait naturellement au premier puits et avec courant d'air chaud au second. Dans le premier cas, l'équilibre de température a été obtenu après 12 mois et, dans le second cas, après 8 mois. Dans chacun, les sables bouillants ont été en retard de 2 à 3 mois. Ce sont les 50 m supérieurs qui ont été les plus difficiles à dégeler, bien que contenant peu d'eau; mais la température de la saumure circulant dans les tubes a été constamment inférieure de 2 à 3° à celle du fond.

Cimentation finale sous pression.

Après dégel complet des deux puits et du terrain, on a procédé à des injections de ciment sous pression. Des tubes avaient été emprisonnés dans la maçonnerie lors de la pose; leur longueur était juste égale à l'épaisseur et ils étaient perforés à leur extrémité voisine du terrain. On a injecté un lait de ciment additionné de produits chimiques pour hâter la prise. Cette injection avait pour but de boucher complètement le joint entre la tour et le terrain et d'obturer les fissures qui auraient pu exister dans la masse de béton après des variations de température de -15° à +15° C. La pression d'injection a été en général de 25 atm, exceptionnellement elle est montée à 80; on a commencé par le bas. Par mesure de contrôle et de sécurité, 4 à 8 tubes des assises supérieures étaient reliés à la pompe. Le résultat de cette opération a été tel que les suinte-

ments d'eau le long du puits n° 2 n'ont pas dépassé 5% de la venue évaluée par le terrain.

Emploi du temps.

Le temps employé à ce fonçage par congélation se répartit comme suit en pourcents, pour chacun des deux puits :

	N° 1	N° 2
Installations et préparatifs	12	8 %
Sondages	30	32 %
Congélation avant creusement	15	17 %
Fonçage et muraillement	33	35 %
Cimentation et divers (guidage)	10	8 %

Par raison d'économie, les deux puits devaient être foncés en employant le même matériel pour les sondages, la congélation et l'extraction. En combinant les phases du travail, on est arrivé au deuxième puits à épargner, comparativement au premier, 35 % sur le temps des sondages et 40 % sur le temps de la congélation, 25 % sur le fonçage, parce qu'il y avait coïncidence de certaines opérations. Par exemple pendant qu'on exécutait les deux derniers sondages au puits n° 1, on a transporté deux treuils au puits n° 2 et, pendant qu'on détubait et posait les congélateurs au n° 1, on sondait au n° 2 depuis des mois.

Les sondages ayant été terminés plus tôt au puits n° 2 et la congélation pouvant être considérée comme satisfaisante au puits n° 1 sans qu'elle ait atteint tout à fait la profondeur totale, on a pu commencer à congeler aussi le puits n° 2, et par conséquent hâter le début du fonçage. C'est ainsi que le temps requis par le n° 2 n'a été que 65 % de celui du n° 1. En tout, le travail a duré 6 1/2 ans.

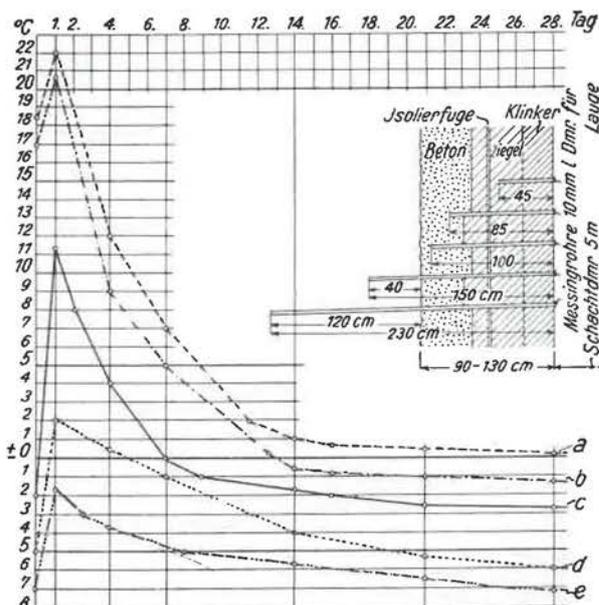


Fig. 6. — Températures pendant 28 jours.

- a joint de mortier dans la tour en briques;
- b béton;
- c zone de contact;
- d à 40 cm dans le terrain gelé;
- e à 120 cm dans le terrain gelé.

Voici les principales dépenses en matériaux :
 2.300.000 briques; 9.500 m³ de gravier pour bétons; 1.200 m³ de sable; 2.100 t de ciment; 16.000 m de tubes congélateurs; 15.000 m de tubes adducteurs; 92.000 kg de CO₂ liquéfié; 140 t de chlorure de calcium à 98 p. c.; 210 t de matière isolante.

Rapport du Fuel Research Board pour la période de 1949 à 1950

DEPARTMENT OF SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH

Traduction résumée par INICHAR

SAMENVATTING

Dit verslag, handelend over de activiteit van de « Fuel Research Board » van 1 April 1949 tot 31 December 1950, is het vervolg op het verslag over de periode 1946-1949 waarvan reeds uittreksels verschenen zijn in dit tijdschrift (1).

Terwijl het eerste verslag de overgang van de oorlogsopzoeken naar de eerste reconstructie-problemen behandelde, brengt het huidig werk, waarvan enkele uittreksels in vertaling volgen, het antwoord op zekere der gestelde problemen of vormt ten minste een gevorderd stadium op de weg naar hun oplossing. Het is ook een stap voorwaarts in de richting van de herneming van de publicatie van een jaarlijks verslag volgens de vooroorlogse traditie.

In een eerste deel wordt de bedrijvigheid van de F.R.S. betreffende de valorisatie van de fijnkolen van geringe waarde samengevat. Vervolgens worden de opsporingen over de vergassing in vloeibaar midden en in Vortex-verbrandingskamers beschreven. Een tweede paragraaf betreft de Fischer-Tropsch synthese in vloeibaar midden en in vloeibare fase. De geslaagde opzoeken over de ijzer- en cobalthoudende catalysatoren worden medegedeeld. Volgen dan enkele beschouwingen over de reductie en de oppervlakte-verschijnselen bij catalysatoren.

Een laatste paragraaf herneemt ten slotte de studie van de verbrandingskamers voor gasturbines; deze studie werd uitgebreid tot het gebruik van turf of semi-coke van ligniet.

RESUME

Ce rapport, qui traite de l'activité du Fuel Research Board entre le premier avril 1949 et le 31 décembre 1950, fait suite à celui dont des extraits ont déjà paru dans cette revue (1) et qui relatait l'activité de la période de 1946 à 1949.

Alors que ce dernier rapport constituait la transition entre les recherches du temps de guerre et les premiers problèmes de reconstruction, le travail actuel, dont la traduction ci-dessous donne quelques extraits, apporte déjà la solution de certains des problèmes posés ou constitue, tout au moins, une étape avancée vers leur solution. C'est un pas en avant vers la reprise de la tradition d'avant-guerre, consistant dans la publication d'un rapport annuel.

Dans une première division, nous résumerons l'activité de la F.R.S. en ce qui concerne la valorisation des fines de charbons de faible valeur. On y décrit la suite des recherches de gazéification par les techniques en lit fluide et en chambres de combustion Vortex. Un second paragraphe traite de la synthèse Fischer-Tropsch en lit fluide et en phase liquide; on relate, en particulier, l'aboutissement des recherches sur les catalyseurs au fer et au cobalt. Suivent alors quelques considérations sur la réduction et les phénomènes de surface intéressant les catalyseurs. Un dernier paragraphe reprend enfin l'étude des chambres de combustion pour turbines à gaz; ce travail de recherches a été étendu à la tourbe et au semi-coke de lignite.

I. — GAZEIFICATION DU CHARBON.

Comme le fait remarquer le précédent rapport du Fuel Research Board (1), des recherches expérimentales ont été entreprises pour développer les procédés de gazéification utilisant une gamme de combustibles beaucoup plus étendue que celle des méthodes classiques.

Quoique ces techniques ne soient pas nécessairement limitées aux charbons de faible valeur, la production annuelle de ces derniers, qui comporte des dizaines de millions de tonnes, justifie l'importance attachée au développement des méthodes de gazéification qui leur sont appropriées.

Puisque les installations classiques de carbonisation et de gazéification ne sont conçues que pour des combustibles de première qualité (par exemple : charbon gras, coke classé, anthracite ou charbon maigre), l'importance d'un procédé de gazéification, utilisant des fines de moindre qualité et à haut pourcentage de cendres, est considérable et augmentera encore probablement dans la mesure où les réserves de combustibles, actuellement utilisées pour la gazéification, s'épuiseront.

De tels procédés pourraient convenir pour la production, soit de gaz de ville à usage domestique et industriel, soit d'hydrogène et de gaz de synthèse pour la fabrication d'huiles hydrocarbonées, de méthane et d'ammoniaque, soit encore pour le chauffage des cornues et fours utilisés dans la carbonisation du charbon et les industries métallurgiques ou autres.

Le présent travail a pour buts immédiats l'obtention de gaz à partir de poussier de coke et la fabrication de gaz à l'eau et de gaz de synthèse à partir de charbons maigres en grains de petites dimensions. Comme ces combustibles sont de fine granulométrie, on a spécialement étudié les techniques en « lit fluide » et en suspension.

Des essais ont également été entrepris par la Fuel Research Station dans le but de déterminer les facteurs influençant le pouvoir calorifique du gaz obtenu lors de la gazéification souterraine du charbon, pour autant que ces essais à petite échelle aient une signification; il est, en effet, reconnu que ce problème est un de ceux qui ne peuvent être étudiés efficacement que par des essais à l'échelle industrielle. Dans ce domaine, la Station s'efforce de maintenir un contact étroit avec le Ministry of Fuel and Power afin de suivre les essais que ce dernier entreprend actuellement; il en est de même en ce qui concerne les recherches faites aux Etats-Unis et en Belgique.

A. Gazéification en lit fluide.

a) Production de gaz à partir de poussier de coke.

Comme il est dit dans le rapport précédent, des essais préliminaires ont montré que la gazéifica-

tion en lit fluide, de coke en grains supérieurs à 1/8 de pouce (≈ 3 mm), donne un gaz de pouvoir calorifique peu élevé, lorsque la température du lit est inférieure à 1.000° C. Pour obtenir un meilleur résultat, il y a lieu de travailler à des températures supérieures, mais au-dessus de 1.000° C interviennent des phénomènes d'agglutination et de fusion des cendres, incompatibles avec le travail en lit fluide. Il semble cependant possible qu'en opérant aux environs de 1.500° C, température à laquelle les cendres sont entièrement fondues, un phénomène de ségrégation du combustible solide et des cendres liquéfiées permette d'éliminer celles-ci sous forme de scories.

Dans ce but, des essais ont été entrepris dans une chambre de 2 pieds (≈ 60 cm) de diamètre, tapissée de réfractaires, alimentée à raison d'environ 50 livres (≈ 23 kg) à l'heure de coke en grains inférieurs à 1/8 de pouce (≈ 3 mm). La masse est fluidisée par un débit d'air de 3.000 à 5.000 pieds-cube (de 85 à 140 m³) à l'heure. Dans ces essais, l'air soufflé est enrichi par de l'oxygène. Il est prévu un système d'écoulement de la scorie liquide à la base de la chambre.

Lorsque l'épaisseur du lit dépasse 2 pieds (≈ 60 cm), il est difficile, à cette échelle, d'atteindre des températures suffisamment élevées pour fondre complètement les cendres. On peut éventuellement atteindre 1.600° C par préchauffage jusqu'à 1.200° C environ de l'air soufflé, en brûlant dans la soufflerie un mélange de gaz et d'oxygène, avant d'introduire l'air dans la chambre. La cendre coulerait alors librement et pourrait être recueillie à la base de la chambre; on obtiendrait ainsi un gaz de pouvoir calorifique d'environ 100 British Thermal Units par pied-cube (≈ 1.000 kcal/Nm³). Malheureusement, la ségrégation du combustible et de la scorie ne se produit pas, ce qui provoque l'agglutination des grains, empêchant l'établissement de bonnes conditions pour le travail en lit fluide. On en a donc conclu que la technique du lit fluide ne convient pas pour la production de gaz dans le cas de scorification.

On a alors orienté les recherches vers la gazéification à une température approximativement semblable dans des chambres du type Vortex et à cyclone que l'on décrira plus loin.

b) Production de gaz à l'eau à partir de charbon et de coke en grains de petites dimensions.

La gazéification d'une gamme de combustibles passant à travers le tamis 36 B S Test, a été étudiée avec un appareillage de laboratoire, à des températures allant jusqu'à 1.000° C. On a utilisé des lits fluides d'environ 2 pouces (5 cm) de diamètre et d'épaisseur atteignant 2 pieds (≈ 60 cm). Des essais de gazéification ont été faits en utilisant de l'air, du CO₂ et de la vapeur d'eau.

La figure 1 représente schématiquement l'appareillage.

Comme prévu dans des publications antérieures, les essais ont montré que le rendement de la gazéification par la vapeur, en lit fluide et dans la zone des 900° C, est suffisamment élevé pour fournir

(1) Voir « Annales des Mines », mai 1952 - « Rapport du Fuel Research Board pour la période de 1946 à 1949 ».

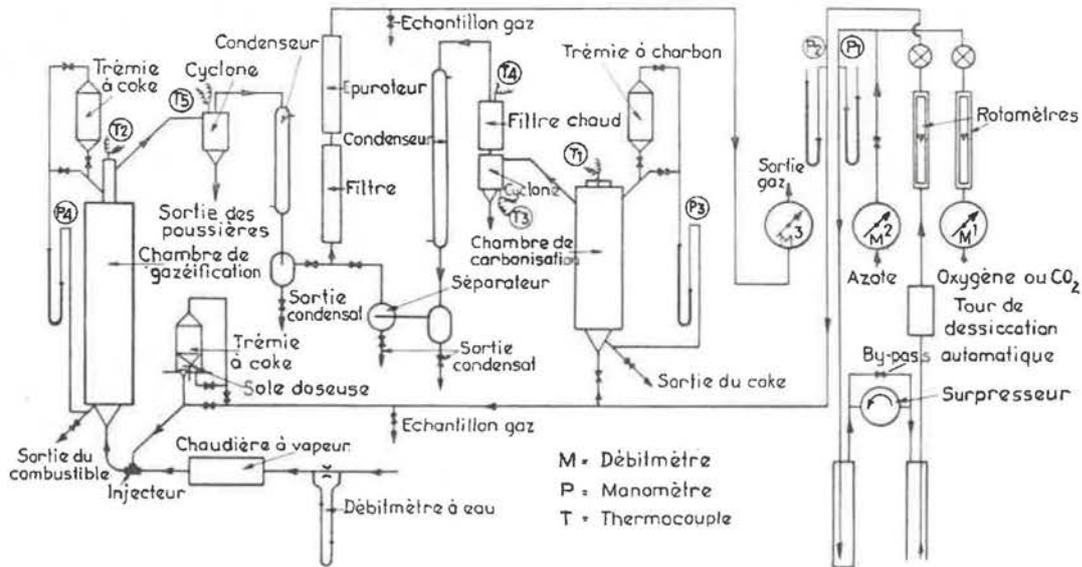


Fig. 1. — Schéma de l'installation de laboratoire pour carbonisation et gazéification du charbon par la technique en lit fluide.

une base satisfaisante à un procédé à grande échelle, pourvu que le combustible utilisé soit suffisamment réactif.

La réaction vapeur-carbone étant endothermique, une source de chaleur est nécessaire pour permettre une opération continue. Ce sont les très hauts coefficients de transmission de chaleur obtenus par la technique en lit fluide, qui permettent de situer cette source de chaleur à l'extérieur de la chambre de gazéification. C'est à la suite de cela qu'un

procédé de gazéification a été conçu, qui utilise une chambre de réaction cylindrique, chauffée extérieurement par un lit de combustible fluidisé par l'air fourni par sa combustion.

On a construit sur ces données un générateur de gaz à l'eau à petite échelle, représenté schématiquement à la figure 2. Il consiste en une chambre de gazéification de 9 pouces (≈ 23 cm) de diamètre et de 12 pieds (3,70 m) de hauteur, où du combustible de calibre inférieur à 1/16 de pouce

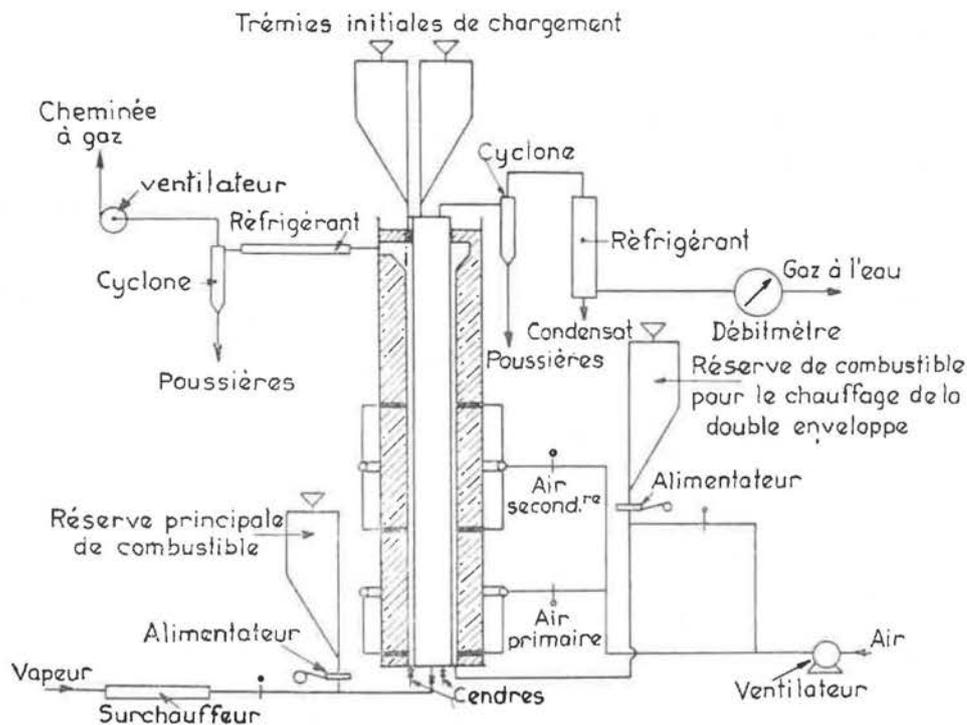


Fig. 2. — Générateur expérimental à lit fluide pour la production de gaz à l'eau.

($\approx 1,6$ mm) est fluidisé par un courant de vapeur le traversant de bas en haut, à une vitesse linéaire d'environ 3 pieds/seconde (≈ 90 cm/sec).

On a l'intention d'utiliser plus tard de l'acier réfractaire pour la construction de la chambre qui, pour les essais préliminaires, est construite en fonte.

Transmise par conductivité à travers les parois de la chambre, la chaleur nécessaire pour la production du gaz à l'eau est fournie par la combustion dans un espace annulaire entourant la chambre d'un combustible identique, maintenu en masse fluide par l'air nécessaire à sa combustion.

La consommation en combustible pour chaque lit fluide est d'environ 15 livres à l'heure (≈ 7 kilos/heure); 50 livres à l'heure (22,5 kg) de vapeur sont injectées dans la couche centrale de combustible et 2.500 pieds-cube (≈ 71 m³) d'air dans le cylindre extérieur.

D'après les données existantes sur la transmission de la chaleur, la température de 900° C, nécessaire pour le courant de vapeur, peut être atteinte lorsque l'espace annulaire est à 1.100° C et que le métal de la paroi est à environ 950° C. La figure 3 donne une vue générale de l'installation.

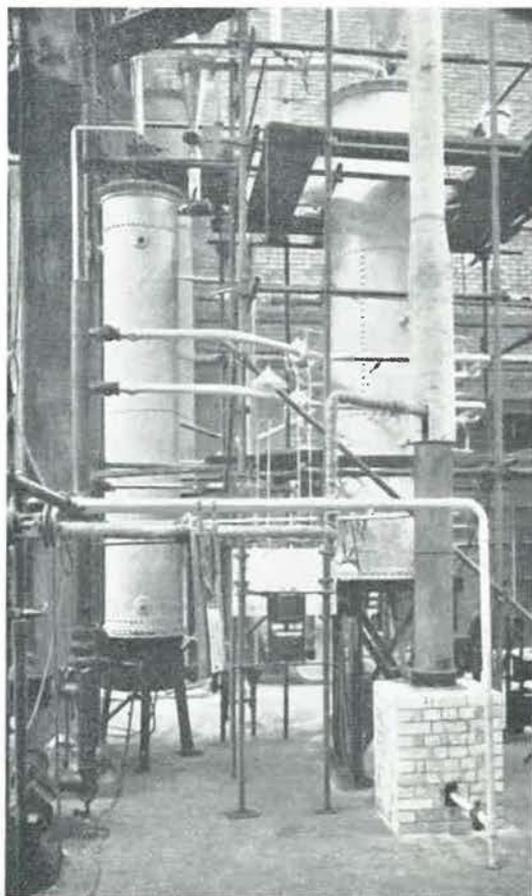


Fig. 3. — Générateur expérimental à lit fluide pour la production de gaz à l'eau.

B. Gazéification par générateur Vortex et Cyclone.

Un générateur Vortex a été conçu pour la production de gaz, avec formation de scories, à partir d'un combustible solide finement divisé. Une chambre d'un type analogue pourrait être aussi utilisée pour l'obtention de gaz à l'eau par injection d'oxygène et de vapeur.

Les plans prévoient des températures de travail entre 1.500° et 1.700° C, de telle sorte que la scorie formée soit suffisamment fluide pour s'écouler librement et être séparée du gaz par centrifugation à la sortie de la chambre. Le but des essais était de comparer les mérites respectifs des deux méthodes de travail : « Vortex-compensé » et Cyclone.

La méthode « Vortex-compensé » utilise un combustible suffisamment divisé pour passer à travers le tamis 200 B S Test. Les grains de combustible parcourent des trajectoires circulaires de rayons tels que la force centrifuge et la force due au freinage de l'air se compensent l'une l'autre.

Dans la méthode « Cyclone », on utilise un combustible à grains notablement plus grands et la gazéification a lieu au contact des parois chargées de scories.

Comme premières données pour l'élaboration d'un tel générateur, on a mesuré les caractéristiques du flux d'air d'un générateur Vortex de 15 pouces (≈ 38 cm) de rayon. Le frottement, la turbulence et des effets de circulation secondaire rendent complexe l'étude d'un tel flux, mais les mesures faites de la vitesse tangentielle de l'air concordent cependant avec une formule théorique, basée sur la conservation du moment angulaire et le frottement le long des parois.

Des essais ont également été entrepris sur des maquettes pour étudier les possibilités d'une séparation effective de la scorie liquide et du gaz à leur orifice commun de sortie, au centre de la base d'une chambre Vortex. Lors de la pulvérisation de liquides de viscosité nettement différente dans la chambre d'une maquette où est entretenu un tourbillon d'air, on a constaté une séparation complète du courant de gaz et des gouttelettes de scorie entraînées.

On en a conclu qu'un générateur Vortex pouvait donner un gaz pratiquement débarrassé des scories.

Les calculs des données thermiques pour la construction d'un tel générateur sont terminés et sa construction est en cours.

C. Gazéification souterraine.

Le rapport relate brièvement la coopération de la Station avec le Ministère des Combustibles et de l'Energie et avec les Etats-Unis. Il signale aussi le travail expérimental effectué par la Station.

II. — HUILES ET DERIVES DU CHARBON.

La Fuel Research Organization s'intéresse non seulement aux combustibles solides, mais aussi aux combustibles liquides et gazeux (soit dérivés directement ou indirectement de sources naturelles, soit obtenus par synthèse) et à tous les sous-produits de

ces combustibles. Toutes les recherches sur les goudrons, huiles et composés chimiques prennent donc une place importante dans le programme des recherches de la Fuel Research Station. L'étude de la synthèse Fischer-Tropsch a été un des principaux sujets traités au cours des dernières années et le restera sans doute encore un certain temps. Vu l'importance croissante des pétroles dans l'économie nationale, il est probable que certaines recherches concernant ceux-ci augmenteront en importance dans le programme de la Station.

A. La synthèse Fischer-Tropsch.

On est arrivé, au cours de la période d'essais que relate ce rapport, aux conclusions des recherches sur la synthèse Fischer-Tropsch avec catalyseur au fer et au cobalt. Les catalyseurs au fer sont moins coûteux, s'adaptent mieux aux conditions de travail et à la nature des produits fabriqués et leur utilisation rend le procédé plus économique. Si l'on désire obtenir comme produits principaux des résines hydrocarbonées pures ou des huiles Diesel de haute qualité, il est alors préférable d'utiliser des catalyseurs au cobalt. Tandis que se poursuivent ces études expérimentales de la synthèse au cobalt et au fer dans des conditions de plus en plus variées, on entreprend des recherches pour développer un procédé mettant en œuvre les catalyseurs au fer en catalyse fluide et en phase liquide. Des études sur les produits de la réaction et sur son mécanisme se poursuivent, en rapport évidemment avec le comportement des deux types de catalyseurs.

L'échelle des travaux sur le procédé Fischer-Tropsch s'est agrandie jusqu'à l'installation d'une usine-pilote capable de produire entre 30 et 50 gallons (de 135 à 225 litres) par jour. Cette installation donnera des renseignements sur les techniques en lit fluide et sur le contrôle des réactions exothermiques. Ces renseignements, tout en étant utiles à la construction d'une usine de synthèse Fischer-Tropsch, pourront également être utilisés dans d'autres domaines.

Au point de vue des possibilités de développement commercial, il est important de se rappeler que ces procédés pourraient être appliqués dans les pays du Commonwealth où certains types de charbons peuvent être obtenus à bas prix.

a) Etude de la synthèse au laboratoire.

On a fait des recherches sur les meilleures conditions d'emploi du catalyseur standard au cobalt, thorium, magnesium et kieselguhr.

Il est intéressant d'observer que l'emploi, sous une pression de 10 atm, de gaz à l'eau ($H_2/CO = 1/1$), au lieu de gaz de synthèse normal ($H_2/CO = 2/1$), permet d'obtenir 80 g d'hydrocarbures liquides et solides par m^3 de gaz à l'eau, à une température atteignant $250^\circ C$. On obtient ce résultat en utilisant à l'heure un volume de gaz à l'eau frais, égal à 420 fois celui du catalyseur, volume

que l'on mélange à deux fois et demi autant de gaz résiduel :

$$\left(\frac{\text{Vol. gaz frais}}{\text{Vol. gaz remis en circuit}} = \frac{1}{2,5} \right)$$

avant de le faire passer sur le catalyseur.

Le catalyseur au fer, qui donne en général le meilleur résultat, est préparé à partir de battitures de laminaires d'aciéries. Les battitures sont imprégnées de carbonates de potasse de telle sorte que le rapport en poids Fe/K_2O soit compris entre 100/1,5 et 100/1. Le mélange est alors chauffé dans un moufle pendant deux heures entre 1.000 et $1.100^\circ C$ et réduit dans l'hydrogène pur pendant 24 heures à $450^\circ C$. L'influence des variations dans la composition de ce type de catalyseur a été étudiée par des essais en lit fixe, conduits sous conditions standard. Le remplacement des battitures par du fer magnétique norvégien ne change en rien l'activité du catalyseur, mais l'emploi de cendres de pyrite, de sidérose (comme celle mise en œuvre dans la fabrication de l'hydrogène) ou de rouge anglais (Fe_2O_3), donne un catalyseur de moindre valeur. Le catalyseur fait de battitures non imprégnées de carbonate de potasse n'a qu'une faible activité catalytique, mais une imprégnation donnant un rapport Fe/K_2O de 100/0,3 est suffisante pour atteindre l'activité maximum, tandis que des additions supplémentaires de carbonate ($Fe/K_2O = 100/4$) sont sans effet notable sur l'activité. Les proportions d'oléfines et d'alcool sont aussi sensiblement augmentées par l'addition au fer de 0,3 % d'alcali calculé comme K_2O ; ici aussi, des additions supplémentaires sont sans effet. L'alcali ajouté peut être presque complètement éliminé du catalyseur par extraction à l'eau après le traitement thermique.

On peut remplacer avec succès le carbonate par du nitrate de potasse; le silicate donne un catalyseur inerte tandis que le borate est nettement plus actif. Les catalyseurs au borate donnent un fort rendement en cires et sont ainsi inutilisables dans la synthèse en lit fluide. L'emploi de carbonate de soude à la place du carbonate de potasse donne un catalyseur moins actif.

On a constaté que l'activité du catalyseur était relativement peu influencée par les variations des conditions de réduction. Si, au lieu de la réduction par l'hydrogène, on chauffe le catalyseur à 250° dans du gaz de synthèse et sous pression atmosphérique, on obtient un catalyseur moins actif d'environ 20 % que le catalyseur habituellement utilisé et qui donne des produits de synthèse contenant une notable proportion de cires.

b) Le procédé de catalyse fluide.

On a entrepris également des recherches expérimentales avec un catalyseur au fer, sous pression de 20 atmosphères, entre 300 et $320^\circ C$, dans un réacteur à lit fluide de 1 pouce sur 10 pieds ($2,5\text{ cm} \times 305\text{ cm}$). Les dimensions des grains du catalyseur sont délimitées par les largeurs de mailles des tamis 72 et 170 B. S. Test. Dans les essais avec cet appareillage, la production de CO_2 est supprimée. La vitesse linéaire du gaz nécessaire

pour la fluidisation du lit est obtenue en recyclant de 5 à 10 volumes de gaz résiduel pour 1 volume de gaz de synthèse frais.

Dans les neuf premiers essais, le gaz résiduel refroidi était détendu à la pression atmosphérique, les hydrocarbures de C_3 à C_6 étaient retenus sur du charbon actif et on recomprimait enfin à 20 atmosphères, avec du gaz de synthèse frais, le volume nécessaire de ce gaz appauvri. Cette façon de procéder fut modifiée récemment par l'utilisation d'une pompe à diaphragme qui recycle sous la pression de travail le gaz refroidi, mais non débarrassé des hydrocarbures. Cette manière de faire a, en pratique, augmenté le rendement en hydrocarbures C_5 et supérieurs, aux dépens des composés de C_2 à C_4 . Ce résultat favorable a cependant été accompagné d'une formation plus importante de carbone libre et de méthane et d'une diminution dans le degré de non-saturation des produits obtenus. Pour chacun de ces procédés, l'emploi d'un catalyseur fondu pour synthèse de l'ammoniaque a donné moins d'hydrocarbures liquides et de composés oxygénés solubles dans l'eau et un meilleur rendement en méthane que le catalyseur à battitures de laminoir.

La formation de carbone au cours de la synthèse provoque une désintégration des grains de catalyseur; de ce fait, la densité du lit fluide diminue et son volume a une trop forte tendance à augmenter.

Ainsi, sur 40 jours d'essai, un volume initial de 400 ml de catalyseur de synthèse d'ammoniaque est passé à 10.000 ml et la plus grande partie de ce catalyseur a été entraînée hors du réacteur par le gaz sortant, sous forme de fine poussière contenant 65 % en poids de carbone. On a cependant constaté que, du fait de sa « dilution » par le carbone, l'activité du catalyseur augmente, ce qui tend à compenser les pertes hors du réacteur. Le catalyseur « dilué » par le carbone produit moins de méthane et de carbone et les rendements en hydrocarbures liquides sont meilleurs qu'avec du catalyseur frais.

Les résultats les meilleurs à tous points de vue ont été obtenus avec du catalyseur à battitures, dilué et dilaté par la formation de carbone de telle sorte qu'il ne contenait plus que 200 g de fer au litre (à comparer avec les 1.800 g/litre du catalyseur fraîchement réduit).

Un réacteur à lit fluide de 1/2 pouce \times 8 pieds (1,25 cm \times 244 cm) a été construit pour expérimenter les catalyseurs et rechercher les effets des modifications des variables expérimentales. Des essais satisfaisants ont été menés à bien avec ce réacteur.

On a utilisé de nombreuses maquettes en verre pour étudier le mécanisme de la fluidisation du catalyseur dans les différentes étapes de sa désintégration par la formation de carbone. On a constaté, par exemple, que des grilles placées à intervalles réguliers au travers des réacteurs pour obtenir une fluidisation uniforme, provoquaient une ségrégation marquée du catalyseur en zones de densité décroissante (à pourcentage de carbone croissant) depuis la base jusqu'au sommet du lit.

c) Le procédé en phase liquide (slurry).

A la suite des premiers essais de catalyseurs au fer en phase liquide, on a été amené à allonger jusqu'à 4 pieds le réacteur de 2 pouces de diamètre et de prévoir un système de réintroduction des huiles lourdes condensées (pour compenser les pertes par volatilisation) et un dispositif d'élimination du milieu liquide dépourvu de catalyseur. La photo de la figure 4 représente le réacteur après modification et son appareillage auxiliaire. Ces modifications ont permis de faire des essais à des profondeurs et à des concentrations différentes du mélange liquide et de maintenir constantes ces variables au cours de chaque essai.

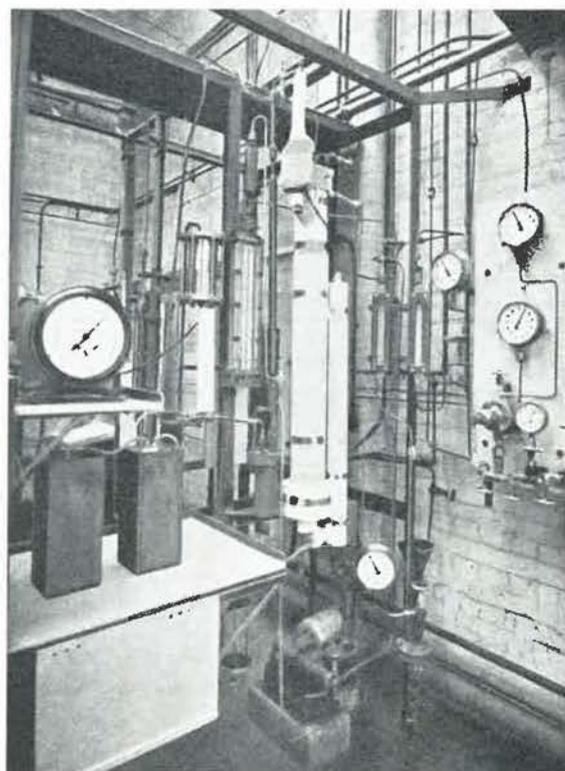


Fig. 4. — Installation expérimentale de synthèse Fischer-Tropsch en phase liquide.

Ceux-ci ont été conduits à 265° C, sous 20 atm., avec une suspension dans de la cire fondue d'une poudre fine de catalyseur à synthèse d'ammoniaque, réduit. Le gaz de synthèse utilisé contenait de l'hydrogène et de l'oxyde de carbone dans le rapport 2/1.

Les résultats ont montré que, toute autre variable étant maintenue constante, la profondeur du liquide catalyseur que le gaz traverse n'a guère d'influence. La proportion de gaz qui réagit et les quantités de produits obtenus semblent dépendre plus du volume de gaz traversant le volume unitaire de liquide catalyseur que du volume du catalyseur lui-même.

Les meilleurs résultats ont été obtenus avec un mélange liquide contenant au litre environ 300 g de catalyseur réduit. Les résultats obtenus avec des

mélanges de catalyseur dans l'huile sont, dans beaucoup de cas, analogues à ceux obtenus par catalyse fluide avec dilution par le carbone.

On est arrivé à la conclusion que la quantité maximum de gaz correspondant à une conversion satisfaisante était de l'ordre de 500 volumes de gaz frais à l'heure pour un volume de mélange catalyseur, à condition d'utiliser pour celui-ci la concentration la plus favorable.

Toutes autres conditions égales (température, rapport gaz/catalyseur, ...), la production de méthane est plus faible dans les essais de catalyse en milieu liquide que dans les procédés par lit fixe ou fluidisé et le rendement en hydrocarbures liquides et solides est égal ou un peu plus élevé. Des essais avec catalyseurs en suspension dans l'huile ont été faits dans un appareil de 2 pouces \times 8 pieds, avec une suspension de battitures de lami noir dans de l'huile Diesel. On a trouvé qu'un débit de gaz de 2 pieds-cube à l'heure était suffisant pour obtenir une suspension uniforme du catalyseur de 20 pouces de profondeur. Pour des profondeurs supérieures, l'uniformité de la suspension décroît avec l'augmentation de la profondeur et n'est pas améliorée par une augmentation de volume gazeux atteignant 20 pieds-cube à l'heure. Une augmentation de la concentration de la suspension de l'ordre de 500 à 1.400 g au litre améliore notablement son uniformité.

d) Etude des produits de la réaction.

Les gaz quittant le catalyseur donnent par condensation, des produits de synthèse, qui se séparent en deux couches : une aqueuse et une non-aqueuse. La couche aqueuse contient une proportion considérable de substances organiques neutres, surtout des alcools, particulièrement lors de l'emploi de catalyseurs au fer.

Le mode opératoire suivant a été adopté pour la détermination des alcools, avec de bons résultats : un échantillon de 100 ml de produits aqueux est saturé par du carbonate de potasse, puis épuisé à l'éther. Ce dernier est éliminé par une distillation fractionnée très précise. Les proportions des différents alcools présents sont déterminées par distillation du résidu avec un excès de toluène, ce qui donne des mélanges azéotropiques bien définis avec l'éthanol, le n-propanol et le n-butanol.

On a également développé une « semi-microméthode » pour la détermination du nombre de radicaux hydroxyles des fractions très volatiles (température d'ébullition $< 85^{\circ} \text{C}$). Une prise de 0,1 g environ est traitée à 100°C , dans un tube de verre scellé, par de l'anhydride acétique et de la pyridine; l'excès d'anhydride est déterminé par titration avec une solution alcaline de titre connu.

Dans des conditions normales, la synthèse avec catalyseur au cobalt donne, sous 10 atm, un produit qui, compte non tenu de l'eau et du CO_2 , contient 98 % d'hydrocarbures. On a cependant montré que, si la synthèse est conduite à une température plus basse que la normale, on obtient une importante proportion d'alcools. On a conduit un essai spécial dans le but d'obtenir une masse suffisante de pro-

duits de synthèse à haute teneur en alcools, pour permettre ainsi une étude détaillée. L'essai s'est prolongé pendant 5 jours dans l'installation semi-industrielle à moyenne pression, avec un catalyseur standard au cobalt, à des températures entre 160 et 170°C .

Les alcools de la couche aqueuse neutralisée ont été concentrés par distillation, isolés du distillat par extraction et séparés par distillation fractionnée. On a prouvé que les alcools primaires normaux de C_2 à C_5 étaient les principaux constituants avec de petites quantités de méthanol et d'acétone. La fraction non-aqueuse (point d'ébullition final = 300°C) a été distillée dans une colonne de fractionnement suffisamment efficace pour séparer des mélanges azéotropiques à points d'ébullition rapprochés, formés par les alcools normaux primaires avec les paraffines et les oléfines normales. Les alcools étaient isolés de ces fractions sous forme de leurs phtalates acides, benzoates et phényl-uréthanes; l'éthanol, les n-propanols, n-butanols, n-hexanols, n-octanols et n-décanols étaient identifiés. On n'a pas obtenu de certitudes au sujet de la présence d'alcools autres que ceux du type primaire, à chaîne rectiligne.

La quantité totale d'alcools était de 41 % en poids des produits organiques recueillis (huile, alcools et matières organiques dans l'eau). La figure 5 représente la quantité de chaque alcool en fonction de sa longueur de chaîne; à chaque nombre de carbone correspond un pourcentage en poids.

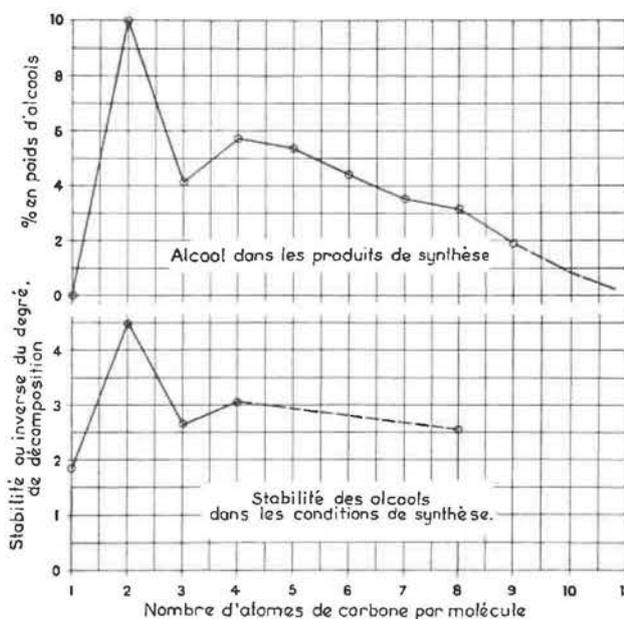


Fig. 5. — Synthèse Fischer-Tropsch : variation du rendement et stabilité des alcools par rapport à la longueur de la chaîne.

On a recherché les effets des conditions de réaction sur la proportion d'alcools obtenue; on a constaté que la température et la pression jouaient un rôle prédominant; la proportion d'alcools s'accroît avec l'abaissement de la température de réaction et l'augmentation de la pression. Un accrois-

sement du débit relatif des gaz et une diminution du rapport H_2/CO favorisent tous deux la production d'alcools. Un catalyseur au cobalt dépourvu des oxydes promoteurs habituels donne un rendement plus faible en alcools, mais une addition d'alcali l'augmente; cette dernière propriété est bien connue pour les catalyseurs au fer.

e) Mécanisme de la réaction.

Les observations ci-dessus sur la présence d'alcools dans les produits de la réaction ont leur importance dans l'étude du mécanisme de la synthèse. Dans le but de savoir s'il y a un rapport quelconque entre la présence de ces alcools dans les composés et leur stabilité dans les conditions habituelles de la synthèse, on a étudié les réactions des alcools purs en présence du catalyseur standard au cobalt.

La figure 5 montre les variations de la stabilité des alcools normaux d'une série croissante d'homologues à 150° C. en présence d'hydrogène sous pression atmosphérique, par une courbe représentant en fonction de la longueur de chaîne l'inverse de la quantité d'alcool réagissant par heure avec 100 ml de catalyseur. Le fait que cette courbe et celle de la distribution des alcools dans les produits de synthèse ont la même allure, laisse supposer que le pourcentage de chacun des alcools obtenus est en relation directe avec sa stabilité dans les conditions de synthèse. On a constaté qu'en général, les conditions provoquant une inhibition de la décomposition des alcools normaux primaires sont les mêmes que celles augmentant le rendement en produits de synthèse riches en alcools. Quoique ces observations concordent avec la théorie faisant des alcools les précurseurs des hydrocarbures normaux, la forme de la courbe de distribution des alcools contraste avec celle des hydrocarbures dans les produits de synthèse. Cette dernière a un maximum en C_1 et C_5 et un minimum en C_2 ; ceci pourrait être interprété en sens contraire.

Des essais ultérieurs visant à déterminer plus clairement le rôle des alcools dans le mécanisme de la réaction sont actuellement en cours.

f) L'usine-pilote.

L'usine sera équipée pour produire 2.000 pieds-cube/heure de gaz de synthèse (obtenu, au début, par des méthodes classiques), débarrassé des composés sulfurés et comprimé à plus de 50 atm; on a prévu également une installation de récupération et de traitement des produits liquides et gazeux, correspondant à 30 à 50 gallons d'huile par jour. On utilisera deux types de cuve de réaction, chacune étant capable de traiter l'ensemble du gaz, l'une par la technique de catalyse fluide, l'autre par la méthode en phase liquide. Actuellement, la première des deux techniques semble être la plus économique pour la synthèse du pétrole, mais il reste à prouver qu'il en est ainsi dans toutes les conditions. Il est probable que les deux types de procédés sont indispensables pour obtenir la gamme complète des produits techniquement valorisables.

Un bâtiment approprié a été transformé et renouvelé pour abriter les installations, et l'armature métallique nécessaire a été dressée. La plupart des appareillages auxiliaires, tels que : installation d'extraction des composés sulfurés du gaz, gazomètres, compresseurs, pompes de recyclage, ont été montés et des progrès satisfaisants ont été accomplis dans l'installation des instruments de mesure et de contrôle, des diverses soupapes et conduites. Les plans d'un réacteur à catalyse fluide de 8 pouces de diamètre et d'un échangeur de chaleur ont été établis et leur construction a été confiée à des firmes soumissionnaires.

III. — ETUDES PHYSICO-CHIMIQUES DES PROBLEMES D'UTILISATION DES COMBUSTIBLES.

On s'intéresse actuellement de plus en plus à l'utilisation d'appareils basés sur des techniques physiques ou physico-chimiques pour résoudre les problèmes posés par la technologie des combustibles. Au cours de la période 49-50, la Section de la Fuel Research Station équipée d'installations spectrographiques à rayons-X ou autres, a été réorganisée et agrandie et un spectromètre à rayons infra-rouges a été installé. On a continué l'étude des techniques de distillations. Une section spéciale a été également créée pour étudier sur les catalyseurs les aspects les plus importants des phénomènes de surface, en particulier l'adsorption, dans le but de pénétrer le mécanisme des réactions catalytiques qui interviennent pour une si grande part dans l'hydrogénation et la synthèse des hydrocarbures. La méthode de Brunauer, Emmett et Teller, déterminant la surface réelle des poudres par adsorption d'azote à basse température, a été appliquée à toute une série de problèmes et un type amélioré d'appareil a été construit et est actuellement en service.

a) Réduction et agglutination des catalyseurs.

On sait que, lorsqu'un catalyseur métallique est préparé à partir d'oxydes réduits ou autres composés métalliques, des conditions spéciales de réduction sont souvent nécessaires pour lui assurer une activité suffisante. On estimait, sans en être certain, qu'elles étaient nécessaires pour éviter des agglutinations dans le catalyseur. Des expériences ont été faites dans lesquelles un catalyseur standard (cobalt, thorium, magnésium, kieselguhr) pour synthèse Fischer-Tropsch, a été traité à l'hydrogène sous diverses conditions et la proportion de cobalt réduit à l'état métallique, de même que la grandeur de la surface réelle, ont été déterminées.

On a constaté que les effets nuisibles de la réduction par l'hydrogène humide étaient uniquement dus à l'insuffisance de la réduction et non pas à la présence d'agglomérations. Par l'emploi d'hydrogène sec, le degré de réduction augmente sensiblement avec une élévation de température, mais le pourcentage de catalyseur aggloméré augmente également; il en résulte que la surface libre du cobalt réduit, par

unité de poids de catalyseur, passe par un maximum pour une température de réduction d'environ 400° C, que l'on sait être la température donnant le catalyseur le plus actif.

On a alors réalisé toute une série de préparations cobalt-kieselguhr, dans laquelle on favorisait de plus en plus la réaction de l'hydroxyde de cobalt ou du carbonate, avec le kieselguhr. La série débutait sans doute avec une simple absorption physique de l'hydroxyde ou du carbonate par le kieselguhr, continuait par une absorption chimique pour se terminer par la formation d'un véritable hydrosilicate de cobalt. Les difficultés de réduction du catalyseur augmentent notablement au fur et à mesure que l'on avance dans la série de préparation, mais des essais d'agglomération ont montré que l'absorption chimique ou la formation superficielle d'un hydrosilicate empêchaient dans une large mesure la formation de concrétions dans le catalyseur. On a également démontré qu'il se formait réellement un hydrosilicate en faisant réapparaître le kieselguhr des préparations par dissolution du cobalt dans l'acide; on a alors constaté que la surface extérieure du kieselguhr ainsi récupéré était toujours supérieure à la surface de départ. Cette surface augmente avec une formation croissante d'hydrosilicate.

b) Adsorption de l'hydrogène sur les surfaces des catalyseurs métalliques.

En plus de l'intérêt qu'elle présente pour la théorie même de l'adsorption, la connaissance des isothermes d'adsorption de l'hydrogène par des surfaces métalliques est également importante pour l'étude de nombreux phénomènes superficiels des catalyseurs. Avant toute détermination des propriétés de surface, l'échantillon doit être normalement traité à haute température pour éliminer les traces de gaz adsorbées superficiellement; seulement, les catalyseurs métalliques préparés par réduction d'oxydes, de carbonates ou d'autres composés, ne peuvent être traités à haute température sans détruire par agglomération les propriétés superficielles. Il est alors impossible de discerner ce qu'il reste d'hydrogène adsorbé. Des observations préliminaires ont montré qu'il était possible de déterminer l'hydrogène restant en le faisant réagir avec de l'oxyde de carbone et en mesurant la quantité de méthane formé. Cette méthode est à l'essai en attendant de l'établir sur des bases quantitatives.

IV. — TURBINES A GAZ.

Le succès réservé aux turbines à gaz d'huile lourde pour des unités industrielles relativement petites a attiré l'attention sur la possibilité d'utiliser, dans les turbines à gaz, un combustible qui, comme le charbon, soit produit dans le pays. Cependant, l'utilisation du charbon, qu'il soit en grain ou pulvérisé, fait naître de plus grandes difficultés que l'emploi d'huile lourde. Parmi celles-ci citons : l'alimentation sous pression en combustible, la construction du brûleur et de la chambre de combustion et, dans le cas d'unités à cycle ouvert, la

purification des gaz avant leur entrée dans la turbine.

La Fuel Research Station a spécialement concentré ses recherches sur le développement de chambres pour la combustion du charbon, dont elle a construit deux types différents : une chambre de combustion Vortex et une chambre de combustion à passage direct, chacune capable de brûler 500 livres anglaises à l'heure (225 kg) de charbon pulvérisé, sous pression atmosphérique.

Le même type de chambre travaillant sous une pression de 4 atmosphères pourrait brûler 2.000 livres anglaises à l'heure (900 kg), ce qui correspond à une turbine de 2.000 HP environ. Une troisième chambre de combustion du type cyclone, prévue pour du combustible en grains, a été construite par la « British Coal Utilisation Research Association » pour la Fuel Research Station. Les deux premières chambres utilisant du combustible pulvérisé opèrent « à sec », c'est-à-dire que les cendres quittent la chambre sans avoir été fondues, mais par contre dans la troisième, une grande partie des cendres est fondue et quitte l'appareil à l'état liquide.

Le Ministry of Fuel and Power et différentes firmes industrielles, travaillant sous contrat avec lui, collaborent étroitement dans les recherches sur l'emploi de combustibles solides pour les turbines à gaz. Des renseignements sont échangés sur la construction des chambres de combustion et sur certains problèmes connexes tels que le broyage et l'alimentation en combustible.

Des accords ont été conclus pour achever à la Fuel Research Station les recherches expérimentales entreprises par certaines firmes. Ceci comprend entre autres des essais de combustible dans les chambres de combustion et l'examen de l'influence des poussières emportées par le gaz de combustion sur les performances de l'échangeur de chaleur. Enfin, une étude a déjà été faite sur la combustion de la tourbe dans les chambres à passage direct.

En plus de ces travaux sur l'emploi du charbon pour les turbines à gaz, la Fuel Research Station participe aussi à des recherches sur l'encrassement des pales de turbine par les dépôts provenant de la combustion des huiles lourdes.

a) La chambre Vortex pour combustion du charbon.

La chambre Vortex décrite dans le rapport précédent se compose d'un cylindre aplati, à axe vertical. Les parois supérieures et inférieures sont en acier de haute résistance à la chaleur et la paroi latérale est en briques réfractaires.

La majeure partie de l'air nécessaire à la combustion entre tangentiellement dans la chambre par des ajutages régulièrement répartis dans la paroi cylindrique; les produits de la combustion décrivent une trajectoire circulaire se terminant au centre de la chambre, avant d'être évacués par une ouverture centrale de la paroi du fond. Le charbon pulvérisé est soufflé avec l'air primaire par six ajutages de la paroi supérieure. On a adopté des dimensions telles que la force centrifuge compense

l'entraînement par l'air injecté des particules de charbon vers le centre de l'appareil; c'est ainsi que les particules restent suspendues dans la chambre jusqu'à combustion. La vitesse du déplacement relatif de l'air par rapport aux grains de charbon est très élevée et la quantité de chaleur libérée par pied-cube d'espace de combustion est de loin plus importante que dans un foyer ordinaire.

Des mesures préliminaires de la distribution de la vitesse ont été faites, à la température de l'ambiance, dans la chambre de combustion, dans les chambres de refroidissement à air des parois supérieures et inférieures et dans les six ajutages d'injection d'air primaire. On a relevé partout une distribution suffisamment uniforme et la relation entre la vitesse périphérique de l'air dans la chambre et le rayon de la trajectoire correspond à la valeur théorique trouvée lors des calculs d'établissement.

Lorsque la combustion du charbon se produit dès l'entrée de la chambre, il y a tendance au surchauffage de la partie centrale et périphérique de la paroi supérieure; on constate également l'apparition de dépôts sur les parois quand l'alimentation en charbon dépasse 170 livres anglaises à l'heure. Dans le but de remédier à ces inconvénients, différentes modifications ont été apportées aux méthodes d'introduction de l'air primaire, secondaire et de refroidissement; dès lors, il est maintenant possible de traiter 500 livres anglaises de charbon à l'heure, avec une tendance à la surchauffe limitée à une zone circulaire de 6 inches de diamètre au centre de la paroi du sommet et en évitant la formation de dépôts.

Compte tenu de l'expérience acquise, la partie supérieure de la chambre a été reconstruite avec un assemblage simplifié des ajutages d'air primaire et un dispositif pour un meilleur contrôle de la température à la paroi supérieure de la chambre.

On cherche à améliorer la souplesse de l'appareil et à rendre la combustion plus complète. Actuellement, il n'est pas possible de faire passer un excès d'air appréciable à travers la chambre de

combustion; on ne peut donc ajouter que peu d'air de dilution aux produits de la combustion avant qu'ils ne quittent la chambre. On espère faire varier plus tard la quantité d'air dans une plus large mesure et accroître ainsi la souplesse.

Une photographie de la chambre Vortex, prise lors des essais avec 350 livres anglaises de charbon à l'heure, est reproduite à la figure 6.

En ce qui concerne l'achèvement de la combustion, lorsqu'on utilise du charbon à environ 8 % de cendres, la quantité de charbon dans les poussières quittant la chambre est à peu près de 50 %, ce qui correspond à une combustion de 92 %. En même temps qu'elle permettrait une meilleure utilisation du combustible, la diminution du pourcentage de charbon dans les poussières quittant la chambre réduirait les risques de surchauffe des séparateurs de poussières qui seront utilisés dans l'installation définitive. Quelques essais ont été entrepris avec une petite chambre de combustion auxiliaire, en série avec la chambre principale, dans le but d'achever la combustion, mais jusqu'à présent, on n'a obtenu qu'une amélioration minime.

Des observations, faites lors d'essais au cours desquels on faisait varier le nombre et les dimensions des ajutages à air secondaire, ont montré que la forme de ceux-ci influençait l'allure de la flamme dans la chambre. Une maquette de chambre d'essai en vraie grandeur a alors été construite pour étudier l'influence de ces variantes sur les trajectoires des courants dans la chambre. Si l'on parvenait à éviter la scorification et la formation de dépôts de cendres, l'emploi de parois en réfractaires améliorerait la combustion et la souplesse de l'installation, en facilitant en outre le refroidissement. Des expériences préliminaires ont été faites, avec des résultats encourageants, pour trouver un procédé permettant de recouvrir les parois d'une fine couche de matériau réfractaire.

b) La chambre de combustion à passage direct.

La chambre de combustion à passage direct (ou tubulaire) qui a été décrite dans le dernier rapport, est constituée par un cylindre vertical, haut de 6 pieds et d'un diamètre intérieur de 2,6 pieds, tapissé intérieurement de réfractaire. On se propose d'utiliser un brûleur, soit FRS « Grid », soit FRS « Multijet », qui existent dans le commerce depuis quelques années pour le chauffage des chaudières Lancashire au charbon pulvérisé. Le brûleur est placé au sommet de la chambre et les produits de la combustion sont soutirés verticalement par le bas, dans un carneau souterrain qui conduit à une cheminée. La chambre est refroidie à l'air et l'on se propose d'insuffler de l'air dans la flamme par deux rangées d'ajutages, situées respectivement à mi-chemin et à la base de la chambre.

Ce type de chambre de combustion libère moins de calories que la chambre Vortex, mais sa forme de construction plus courante pourrait lui donner un développement plus rapide. La construction d'une unité a été menée à bien et, après avoir surmonté différents ennuis mécaniques, on a commencé les premiers essais avec du charbon et de la tourbe.



Fig. 6. — Chambre de combustion Vortex à l'essai.

a) Essais au charbon.

Jusqu'à présent, les recherches expérimentales se sont limitées à des essais préliminaires avec des charbons non ou faiblement cokéfiantes et à des charges d'environ 350 livres anglaises à l'heure. On a d'abord utilisé un brûleur Multijet, mais on a constaté que la méthode d'introduction de l'air de refroidissement dans la chambre a un effet nuisible sur l'inflammation. On a obtenu de meilleurs résultats avec un brûleur Grid, mais des dépôts de cendres fondues ont tendance à se former autour des ajutages de la zone centrale et juste au-dessus d'eux. Pour y remédier, on a fait des essais en introduisant de l'air tertiaire à différentes vitesses, avec ou sans turbulence, en répartissant l'air de refroidissement en proportions variables entre les rangées d'ajutages centrales et inférieures et enfin en pratiquant divers rétrécissements dans le bas de la chambre. On n'a cependant pas encore trouvé le moyen d'empêcher les dépôts dans cette partie inférieure.

En vue de recherches dans ce sens, on a décidé de reconstruire le corps principal de la chambre, suivant un plan établi par le « Locomotive Development Committee of Bituminous Coals Research Inc. of America », qui promet de bons résultats. On continuera à utiliser pour la partie supérieure de la chambre un court revêtement réfractaire, semblable à celui utilisé avec succès dans ce pays pour le chauffage des chaudières Lancashire au combustible pulvérisé. Par cette méthode, on espère obtenir, en même temps que la combustion satisfaisante et la souplesse des installations pour chaudière, la disparition relative des dépôts assurée par les Américains.

Enfin, il faut noter que les essais ont montré que, du point de vue souplesse et efficacité, les performances de la chambre de combustion à passage direct surpassent celles du Vortex, la combustion étant ici de l'ordre de 95 %.

b) Essais à la tourbe.

Pour aider une firme dans ses recherches sur l'obtention du gaz de turbine par combustion de tourbe, pour le compte du Ministry of Fuel and

Power, on a fait une série d'essais dans une chambre à passage direct pour déterminer l'influence de la finesse de broyage et du pourcentage d'humidité sur la combustion de la tourbe pulvérisée. On ne peut guère tirer de conclusions certaines de ces essais, la quantité de tourbe préparée dont on disposait étant limitée et son pourcentage de cendre par trop élevé (environ 18 %). Il est certain, cependant, que l'humidité de la tourbe pulvérisée, sa finesse et la température de l'air fourni au brûleur, ont une influence certaine sur la combustion.

Par préchauffage de l'air secondaire et tertiaire à environ 400°, on a obtenu une combustion relativement bonne avec une tourbe contenant 30 % d'eau et d'une granulométrie telle que 50 % de l'ensemble traversaient le tamis 200 B. S. Test; une combustion satisfaisante a aussi été obtenue avec un pourcentage d'humidité de 22,5 % et un passage de 53 % à travers le tamis 200 B.S. Ces résultats donnent une indication sur les conditions limites d'emploi de ce combustible particulier. On espère pouvoir reprendre plus tard des essais de longue durée sur un échantillon plus représentatif.

Des travaux préalables ont montré qu'il existe une bonne relation entre les caractéristiques de la combustion de charbons pulvérisés dans un foyer de chaudière et leur inflammabilité déterminée par l'appareil de Godbert. Des essais récents ont aussi montré qu'il existe une relation semblable pour la tourbe pulvérisée et l'on entreprend actuellement des déterminations à l'aide de cet appareil sur une vaste gamme de types de tourbes, provenant de différentes sources.

c) Essai au semi-coke de lignite.

On a effectué toute une série de courts essais pour s'assurer de la possibilité d'employer du semi-coke de lignite dans des fours de cuisson du ciment. Le semi-coke, obtenu par carbonisation de lignite dans un gazogène Lurgi, contenait seulement 5 % de matières volatiles.

On a constaté que, pour l'utiliser dans une chambre de combustion à passage direct, il était indispensable de le broyer de façon qu'au moins 70% des grains passent à travers le tamis B.S. 200.

Transport hydraulique du charbon

par R. A. ACTON TAYLOR, M.Sc., A.R.C.S., F.R.I.C.

(Fuel Research Station - Greenwich — Department of Scientific and Industrial Research).

Extrait de « Fluid Handling » de mars 1952.

Traduit par L. DENOEL, Professeur émérite de l'Université, à Liège.

SAMENVATTING

In deze studie over een probleem dat tot nu weinig publiciteit kende en dat nochtans een groot actueel belang vertoont, bewijst M. Acton Taylor dat het hydraulisch vervoer van steenkool economisch is op lange afstand en voordelig op korte afstand, op voorwaarde dat het debiet een zeker minimum overtreft, afhankelijk van de capaciteit der inrichting en van de kosten van de bewerking.

RESUME

Dans cette étude d'un sujet qui n'a reçu jusqu'ici que peu de publicité et qui cependant présente un grand intérêt d'actualité, M. Acton Taylor montre que le transport hydraulique du charbon est économique à longue distance et très avantageux à petite distance, pourvu que le débit dépasse un certain minimum qui dépend de la capacité de l'installation et des frais de l'opération.

Le transport du charbon par des canalisations hydrauliques est un procédé vieux d'un demi-siècle. Il a été appliqué de temps en temps à une échelle modeste, mais c'est tout récemment qu'il a été considéré comme économique et pratique et susceptible d'entrer en concurrence avec d'autres modes de transport. Depuis 50 ou 60 ans, il y a eu divers exemples de transport de fines ou de grains, et l'on a reconnu les conditions requises pour un transport avantageux de ces qualités, mais en ce qui concerne les gaillettes, seules ou en mélange avec des grains plus fins, un examen plus approfondi s'impose et fait l'objet des études actuelles.

Des brevets américains ont été accordés en 1895 à W.C. Andrews pour le pompage et le dépôt de schlamms et de remblai dans les mines d'antracite, et en 1905, à W.T. Donnelly, pour le transport des anthracites au sortir des ateliers de triage. Une canalisation de 5 km est en cours d'installation pour transporter des fines de 0-3 mm des Houillères de Lorraine à la centrale électrique E. Huchet à Carling (Moselle). La reconnaissance d'utilité publique a été accordée à la Mine Hanna de la Pittsburgh Consolidation Coal Cy pour un pipeline de 100 milles de Cadix à Cleveland (Ohio), amenant du menu à une centrale d'énergie. Cette ligne a été précédée d'une installation d'essai qui vient d'être achevée et qui a 3 milles de longueur et 30 cm de diamètre.

De 1913 à 1923, une installation réalisée par G.G. Bell, alors Directeur de la centrale électrique de Hammersmith, a servi au transport du charbon par une conduite de 20 cm de diamètre, sur une longueur de 600 m, entre un quai de déchargement et le magasin proche de la centrale. Cette conduite présentait plusieurs coudes et une relevée de 4,50 m de verticale. On se servait d'une pompe centrifuge; le débit variait entre 25 et 50 tonnes à l'heure et la vitesse du courant entre 1,20 m et 2,10 m/sec. Le charbon transporté comprenait des gaillettes atteignant la grosseur de 6 cm. Le rapport de l'eau au charbon était de 1 : 1 pour les menus et augmentait avec la grosseur du grain. Sur la base de cette expérience, Bell avait élaboré un projet pour le transport de 2,5 millions de tonnes depuis les Midlands jusqu'à Londres, par une canalisation de 35 cm de diamètre, longue de 100 milles et divisée en dix sections avec une pompe de relais à chaque palier.

Application du transport hydraulique.

Le transport hydraulique du charbon peut être envisagé sous trois aspects, différant principalement par l'importance des installations :

- a) extraction du charbon dans les mines du fond au jour;

- b) transport à moyenne distance, c'est-à-dire à environ dix milles entre un charbonnage et un centre important de consommation;
- c) transport à très longue distance entre un bassin houiller et un centre industriel ou urbain très important.

On peut imaginer des combinaisons de ces trois groupes. Par exemple, l'installation Emile Huchet est conçue pour transporter une partie du charbon directement à partir du front de taille. Un transport à très longue distance pourrait comprendre des embranchements, soit entre la ligne et des charbonnages isolés, soit vers des consommateurs placés sur le parcours. La distinction entre longues et moyennes distances se ramène aussi à celle d'une longue conduite unique avec une seule station motrice ou d'une installation à relais multiples.

La figure 1 montre la variation du rapport de l'eau au charbon en fonction de la densité volumétrique. Quand le volume d'eau est suffisant, le mélange se comporte comme un fluide; il y a alors un certain domaine dans lequel le transport se fait facilement. Tout accroissement de la quantité d'eau au-delà devient dispendieux parce que cet excès d'eau à pomper consommera de l'énergie sans utilité pour le transport du charbon.

Une certaine vitesse minimum est nécessaire pour maintenir le courant; cette vitesse dépend du diamètre du plus gros grain et, dans une certaine mesure, du diamètre de la conduite. Il est reconnu avec une assez grande exactitude que la vitesse du courant doit être de 1,20 m à 4,20 m/sec, et qu'il faut 2,10 m/sec s'il y a autre chose que du menu. Le

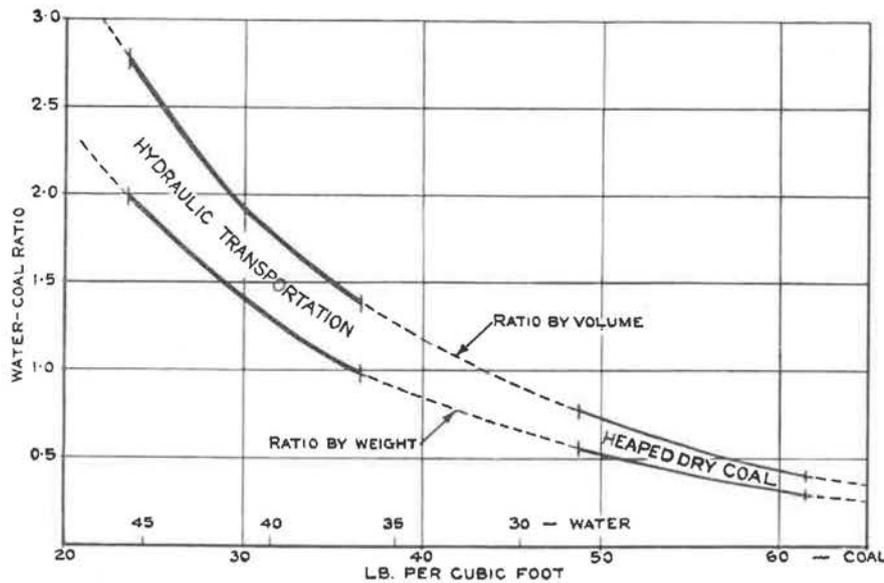


Fig. 1.

Conditions de succès.

On ne possède pas de données quantitatives concernant les conditions du transport, sauf pour les menus. Cependant, de nombreuses indications sont fournies par des installations établies de longue date pour le transport de minerais, limons, sables et graviers. Mais, toute information glanée de ces sources demande confirmation et beaucoup de circonspection avant qu'on puisse en déduire les conditions du transport du charbon.

Conditions physiques.

La première question qui se pose dans un transport hydraulique est celle du rapport eau/solide nécessaire pour assurer le transport. A priori, le plus simple est d'exprimer ce rapport en poids. Il y a de fortes présomptions pour que le rapport de l'eau au charbon soit compris entre 1 et 2, et variable en fonction de la grosseur des grains. Ceci équivaut à environ la moitié de la densité du charbon en tas (1).

Le tableau I résume quelques chiffres qui ont été cités.

TABLEAU I.
Vitesse du courant
en fonction du diamètre de la conduite
et de la grosseur du charbon.

Diamètre de la conduite mm	Grosseur du charbon mm	Vitesses en m/sec
75	5	1,50
200	50 à 75	2 à 2,7 (sûr à 2,5 à 3)
250	50 à 75	2 à 2,7 (sûr à 2,8 à 3,3)
500-1200	—	1,50 à 3,0

Comme on l'a déjà dit, le menu se transporte facilement, mais les gros morceaux présentent certaines difficultés. On connaît de nombreux exemples où des cailloux et même des blocs ont été entraînés dans les tuyaux de dragues juste assez

(1) Chiffres exprimés en mesures anglaises.

larges pour les laisser passer. On présume que les gros matériaux sont plus facilement entraînés quand ils sont mélangés à d'autres plus fins que s'ils sont pris isolément; en d'autres termes, du charbon tout-venant serait plus facile à transporter que des gros grains calibrés. Il n'y a pas de doute que dans n'importe quelle conduite, la grosseur des morceaux doit être plus petite que la moitié du diamètre si l'on veut éviter les obstructions.

Installation.

Les pompes à piston ont été employées pour le transport des menus, mais elles sont moins bien adaptées quand il y a du gros; d'autre part, leur mode d'action propulsive est un avantage du point de vue obstruction. De nombreux modèles de pompes centrifuges paraissent convenables, cependant Bell qui avait installé une pompe centrifuge à Hammer-smith, préconisait après expérience les injecteurs. Il semble que les pompes centrifuges ont été conçues sans assez de considération des exigences spéciales de cette application. Récemment cependant, on a reconnu qu'il faut des précautions pour empêcher le bris du charbon dans ces pompes tout en gardant un bon rendement. Aux Etats-Unis, on est d'avis qu'il faudrait instituer des bancs d'essai pour ce genre de pompes.

La fuite au bourrage des pompes centrifuges est un inconvénient et, pour cette raison, les experts américains sont d'avis de limiter la hauteur de charge à 240 m d'eau. Cependant, on a construit en Angleterre un type de pompe dans lequel le bourrage est sous une petite dépression intérieure, ce qui supprime la fuite et empêche toute introduction du mélange d'eau et de particules solides à l'intérieur du bourrage. Les propulseurs peuvent être doublés de caoutchouc; ce revêtement se détériore au passage des gros morceaux, mais on ignore s'il peut être utile quand il n'y a que du menu.

N'ayant pas d'organes mécaniques, les injecteurs hydrauliques ont l'avantage de réduire les frais d'entretien. Cependant, la forme de la gorge et le centrage du tuyau d'injection demandent de la précision; et, puisque le tuyau d'injection entre dans la conduite par la paroi, la section de passage est réduite de plus de moitié, ce qui limite la grosseur maximum du charbon à transporter. L'inconvénient est moindre si le tube entre par le point le plus haut.

Il est probable que le choix d'une pompe dépend des circonstances et particulièrement de la grosseur des grains et de la capacité de l'installation.

Etant donné le débit horaire et la vitesse optimum du courant comprise entre 1,50 m et 3 m/sec, on en déduit le diamètre du tuyau, mais avec des écarts possibles, car, si la conduite est trop large ou trop étroite, elle occasionnera un gaspillage d'énergie, soit par excès de volume d'eau, soit par un excès de résistance.

Une canalisation transportant des matériaux solides s'use assez uniformément dans le haut sur une hauteur égale aux deux-tiers du diamètre inté-

rieur, mais le tiers inférieur s'use beaucoup plus vite et une rainure en forme de V tend à se produire. On ignore la vitesse d'usure d'une conduite de charbon, elle dépend de la dureté et d'après les indications obtenues jusqu'ici, elle est moindre qu'on ne le croyait. Il est de pratique courante d'installer la canalisation de telle manière qu'on puisse la retourner après un certain temps et par tronçons. On a proposé de placer des gaines d'usure dans la partie inférieure de la conduite, mais ce procédé ne semble pas avantageux du point de vue prix, toutefois on manque d'essais à grande échelle pour établir ce point. Dans les coudes, l'usure se produit surtout à la paroi et à la sortie du coude, et ici il n'y a pas de retournement possible.

L'expérience acquise dans le dragage des graviers montre que des garnitures cannelées en caoutchouc placées dans les coudes peuvent être tournées par rapport aux sections droites adjacentes sans démontage et que l'usure est moindre qu'avec de l'acier.

L'eau devient acide au contact du charbon et, par conséquent, corrosive, ce qui est dû entre autres à l'oxydation des pyrites, et l'on peut craindre que la corrosion soit sérieuse, mais cette opinion n'est pas confirmée par les premiers essais. Il paraît difficile de neutraliser l'eau économiquement.

La résistance à l'usure et à la corrosion peut être accrue par l'emploi d'un métal bien approprié. Les fontes à graphite noduleux résistent mieux que l'acier doux et l'on a combiné des alliages spéciaux pour les conduites d'eau sableuse.

La pente maximum d'une canalisation doit être beaucoup moindre que l'angle de frottement du solide mouillé; en aucun cas, il ne peut y avoir de tronçon vertical. Si l'on observe ces précautions, il y a peu de risques d'obstructions. Dans le même ordre d'idées, il faut éviter toutes les irrégularités dans la section d'alésage et particulièrement les vannes et autres accessoires.

Il ne paraît pas y avoir de grandes difficultés à démarrer après un temps de repos, bien que naturellement le charbon se tasse dès que le courant cesse. C'est donc une bonne précaution de purger la conduite par une chasse d'eau claire avant chaque arrêt. La gelée dans les hivers rigoureux peut endommager les tuyaux ou causer une interruption du service. Enterrer la canalisation équivaut à doubler ou à tripler le prix de la pose. Dans une grande étendue des Etats-Unis, l'hiver est tellement dur qu'il faut absolument enterrer la conduite; mais en Grande-Bretagne, cela ne paraît pas nécessaire, vu les conditions climatiques et le fait que toutes les résistances passives produisent un réchauffement de l'eau. L'accroissement de température dû à cette cause est de 2 à 5° C et il favorise les canalisations de grand diamètre. On peut se rendre compte que le risque de congélation se limite à quelques jours par an: par routine ou sur l'avis du Service Météorologique, il serait possible d'interrompre à temps les opérations et de purger les conduites pendant les courtes périodes pendant lesquelles on prévoit de la gelée.

Consommation d'énergie.

L'énergie dépensée dans le transport hydraulique du charbon ne peut qu'être estimée puisqu'on ne possède pas de données précises sur ce point. On suppose que le mélange se comporte comme l'eau, à la densité près, et les calculs faits dans cette hypothèse peuvent donner une bonne évaluation de l'énergie requise.

Le travail dépensé pour faire circuler un fluide dans un tube est :

$$P = Q \cdot p \cdot h.$$

Q : volume ou débit; p : poids spécifique; h : hauteur motrice.

Comme :

$$h = h_e \cdot \frac{p_e}{p}$$

h_e : hauteur correspondant à l'eau pure de poids p_e .

$$P = Q h_e p_e.$$

Une vérification expérimentale a été publiée par Turtle; elle est représentée par la figure 2.

Il y a trois groupes de diagrammes et chacun représente le travail correspondant à une perte de charge déterminée. Ces courbes se rapportent au Perplex, au sable, au gravier et à la pyrolusite et elles montrent l'influence du poids spécifique et, à

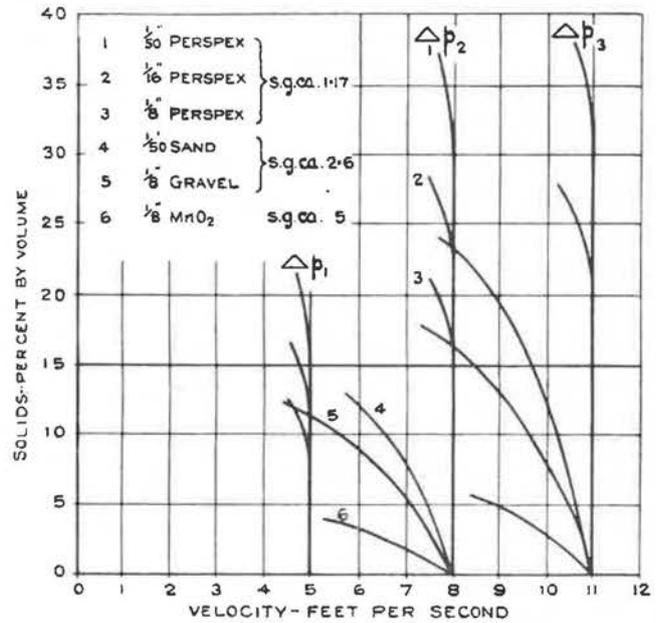


Fig. 2.

poids égal, l'influence de la grosseur des particules. On observe des écarts de la loi lorsque la densité et la grosseur augmentent toutes les deux, mais les résultats montrent qu'en ce qui concerne le menu et les petits grains, l'expression théorique est valable.

TABLEAU II.

Consommation d'énergie pour un transport de 10 milles

Rapport eau : charbon (poids)	1:1	1:1	1,5:1	1,5:1	2:1	2:1
Poids spécifique du charbon ...	1,35	1,40	1,35	1,40	1,35	1,40
Eau consommée m ³ /h	290	290	435	435	580	580
Vitesse m/sec	1,40	1,36	1,80	1,78	2,48	2,16
Charge en mètres d'eau	100	97,50	160	156	240	235
Energie	}	}	}	}	}	}
Prix par t/mille (pence)	0,082	0,080	0,170	0,165	0,304	2,297
Temps du parcours de 10 milles en heures	3,2	3,2	2,5	2,5	2,0	2,0

Le tableau II donne une idée de quelques conditions et de l'énergie calculée par Bell dans son projet d'un transport de 2.500.000 tonnes annuelles et d'une distance de 10 milles, par une canalisation de 35 cm de diamètre. Les chiffres de l'énergie calculée concordent avec ceux de la loi théorique de Turtle. On a compté le kWh à 1,5 d.

Consommation d'eau.

Une règle pratique pour déterminer la consommation d'eau est de compter un gallon par jour et par tonne annuelle. Cela correspond à une dilution de

5:3. Un transport hydraulique doit être assuré d'une provision d'eau constante et suffisante; la quantité dépend évidemment de la capacité du système. Ainsi, le projet de Bell exige 2 1/2 millions de gallons d'eau par jour et une centrale électrique de l'importance de Battersea exigerait un million de gallons par jour. Des sources aussi abondantes ne sont pas absolument nécessaires. La même eau peut circuler en cycle fermé si on la renvoie à son point de départ par une canalisation parallèle et un système de pompes. S'il n'est pas nécessaire de renvoyer l'eau, la source doit se trouver de

préférence aussi près que possible de la station de départ. Si l'on réutilise la même eau, la source peut se trouver en n'importe quel point du trajet.

Manipulation à la recette.

Le charbon arrivé à destination doit être séparé de l'eau qui a servi à le transporter. Ceci ne présente aucune difficulté pour le gros charbon ni même pour les grains calibrés. Mais, si le charbon est constitué de fines ou en contient, la séparation est difficile, demande du temps et un emplacement considérable.

Dans tous les cas, des fosses de décantation des schlamms sont indispensables. Si l'eau est réutilisée, cette décantation n'a pas besoin d'être complète, mais il en va tout autrement si la décharge se fait dans un cours d'eau naturel.

Une ligne de grande capacité ou de grande longueur sera très probablement appelée à transporter différentes sortes de charbon. Si ces différentes qualités sont transportées par une seule et même conduite, on peut croire, en se basant sur la pratique des pipelines de pétrole, que le changement opéré dans l'alimentation se manifesterait assez clairement à l'arrivée pour qu'on n'ait pas besoin d'un dispositif de séparation; un jeu de vannes et de dérivations dirigera les différentes sortes vers leurs compartiments de stockage.

Une ligne de grande capacité ou de grande longueur signifie aussi une grande variété dans les exigences. Si différentes sortes de charbon doivent être transportées à partir de la même source, on peut se demander, surtout en tenant compte de la nécessité de la déshydratation, s'il ne serait pas plus économique de placer l'atelier de préparation mécanique à la station d'arrivée. C'est une solution qui ne pourra être envisagée que dans l'avenir, quand le système sera largement entré dans la pratique. Cependant, cette considération pourrait être déterminante dans l'étude d'une installation.

Frais.

En Grande-Bretagne, le prix du transport du charbon par rail ou route est d'environ 2 1/2 d par tonne/mille; aux petites distances, il est plus élevé et revient à environ 1 sh pour 3 milles.

Pour tout système de transport hydraulique, il existe un débit minimum en dessous duquel l'opération n'a pas d'intérêt. Plusieurs devis ont été faits pour des débits différents en tenant compte du premier établissement et des frais courants, droits de passage, salaires, consommations, entretien et toutes ces estimations montrent que le transport hydraulique serait moins cher que le rail ou la route. Pour de très longues distances, le rapport des prix de revient serait de l'ordre de 1/3 à 1/2; pour des distances moyennes ou courtes, il serait encore moindre. Il est à noter que dans ces estimations n'entre pas le prix de la déshydratation à la station de recette. Le choix du système de transport hydraulique dans un cas donné est uniquement une question de prix de revient. Nous n'avons rien à ajouter aux prévisions hypothétiques. Le prochain pas à faire est d'installer un transport de ce genre dans un cas où il semble prometteur de succès, même

s'il s'agit d'une installation modeste, et de recueillir soigneusement tous les résultats de cette expérience afin de pouvoir en faire l'application à d'autres projets.

Recherches.

Même si l'on réalise une installation de transport hydraulique du charbon et si elle permet de faire des découvertes, il reste nécessaire de procéder à des recherches expérimentales à l'échelle du laboratoire, par exemple sur une ligne de 15 cm de diamètre et de quelque 400 m de longueur. Ces expériences auraient pour but de donner des renseignements concluants sur les points suivants :

- a) le rapport optimum eau/charbon, sa variation avec les circonstances telles que le calibrage du charbon;
- b) la meilleure vitesse du courant dans ses rapports avec le diamètre de la conduite et la grosseur des particules;
- c) la plus grande dimension admissible pour le charbon passant dans une conduite donnée, soit seul, soit en mélange avec des fines;
- d) consommation d'énergie;
- e) moyens de passer des résultats d'une expérience déterminée à l'évaluation des résultats probables dans d'autres conditions, spécialement en ce qui concerne le diamètre de la conduite et la grosseur des particules.

En ce qui concerne ce dernier point, il règne une obscurité inattendue. Le nombre de Reynolds qu'il faut appliquer ne se dégage pas nettement. Mais, il faut chercher à caractériser les conditions du transport par un nombre sans dimension qui comprendrait, non seulement la vitesse, le diamètre, la viscosité et la densité comme dans le Reynolds, mais en plus la grosseur, la concentration et la densité du charbon.

D'autres recherches analogues et assez longues paraissent nécessaires pour déterminer la dégradation du charbon au passage des pompes et le long du trajet, ainsi que l'usure et la corrosion des tuyaux et des pompes. Ces essais serviraient aussi à comparer les types de pompes, dont le nombre paraît d'ailleurs très restreint. On pourrait aussi en tirer quelques indications sur le prix de revient, bien que ce facteur, le plus important de tous, ne puisse être dégagé valablement que d'une installation en service.

Conclusion.

Le transport hydraulique du charbon a été essayé et est en train de se développer. Il n'y a pas de doute qu'il soit techniquement possible, bien qu'il n'y ait que peu d'applications du procédé et encore moins de publications. Les études du prix de revient probable montrent qu'à partir d'un certain débit minimum, fonction de la capacité et des possibilités de l'installation, le transport hydraulique peut être très économique sur de longues distances et nettement avantageux sur courtes distances.

Les opinions sont faites en ce qui concerne le matériel et les opérations et elles répondent avec précision aux exigences de fait. Le plus grand obstacle à l'adoption du procédé pourrait être, dans certains cas, la nécessité de la déshydratation et des manutentions du charbon à la station d'arrivée.

Des informations précises manquent encore au sujet des conditions physiques du transport. C'est pourquoi des expériences devraient être entreprises à bref délai pour déterminer les valeurs optima du rapport eau/charbon, de la vitesse, de l'énergie, la possibilité du transport des gaillettes et les formules d'extrapolation d'une installation à une autre. En attendant, on en connaît assez pour établir une installation pilote en reliant un centre de production à un consommateur bien disposé et distant de quelques milles.

Remerciements : Ce mémoire est publié avec la permission du Directeur du Fuel Research. M. Turtle et l'Institution of Chemical Engineers ont aimablement autorisé la publication de la figure 2 et des commentaires s'y rapportant.

blement autorisé la publication de la figure 2 et des commentaires s'y rapportant.

Les sources suivantes ont été mises à profit :

- 1) Le rapport de feu M. Bell, celui de G.F. Zimmer « The mechanical handling and storing of material », 5^e édition, pp. 256-258; Crosby Lockwood and Son, London, 1922.
- 2) La centrale thermique Emile Huchet, à Carling (Moselle). *Le Génie Civil*, 1951, 128, 305.
- 3) A survey on the hydraulic transportation of coal. R.W. Dougherty, U.S. Bureau of Mines, Report of Investigations n° 4799. Publié par le U.S. Department of the Interior, Juillet 1951.
- 4) R.B. Turtle, Conférence on mixing and agitation, Institution of Chemical Engineers, Londres, Juillet 1951.
- 5) ARMCO special analysis dredge pipe. Report 437 of the American Rolling Mill Company, Middletown, Ohio, 1951.

Nouvelles d'Italie

Dr. Ing. G. COPPA ZUCCARI.

LES RECHERCHES D'HYDROCARBURES EN ITALIE

Les investigations entreprises par le Ministère de l'Industrie et du Commerce indiquent que l'on rencontre des zones favorables pour la recherche des hydrocarbures sur la côte adriatique, des Marches au Molise, entre la région des Apennins et les reliefs du Gargano et des Murgie, et aux confins de la Calabre. De bonnes indications sont également offertes par certains territoires en Sicile, le long de la côte thyrrénienne et dans l'intérieur, au Midi. Les zones où l'on recherche les hydrocarbures enferment actuellement une aire d'un million d'hectares. Les sociétés suivantes ont reçu des permis de recherche : AGIP, Société Internationale Américaine pour le Combustible et le Pétrole, Méridional Méthane, Montecatini, Dalmine, Terni, Hydrocarbures Nationaux, Recherches méridionales du Pétrole. Le Ministère contrôle continuellement les concessionnaires pour assurer l'accomplissement des obligations qui leur sont imposées. Eventuellement, des demandes d'aide indirecte pourront être examinées par le susdit Ministère.

Pendant l'année 1951, l'Administration des Mines a octroyé 31 nouveaux permis de recherches embrassant une étendue de 794.803 hectares, dont les 8/10 dans les provinces de Rome et de Naples. En y ajoutant les permis déjà accordés et encore valables ou susceptibles de prolongation, on arrive à un total de 512 embrassant une aire de 2.665.836 hectares. Les districts miniers sont dans l'ordre d'importance : Rome (427.177 ha); Caltanissetta, Bologne, Padoue, Florence, Naples (120.110) et ensuite une série de districts embrassant de 1000 à 100.000 ha.

On peut admettre approximativement que les recherches de pétrole en 1952 intéressent environ la moitié de l'aire totale couverte par les permis. Les recherches en profondeur par sondages ont été exécutées dans 142 permis d'une aire de 305.000 ha (environ 1/8 de l'aire totale). 124 de ces recherches ont produit du gaz et 8 ont donné de l'huile et du gaz. Le nombre total de mètres forés en 1951 s'élevait à 170.000 pour 162 puits. 159 sociétés ont travaillé dans 35 concessions et 124 permis de recherche; une vingtaine de concessions sont encore inactives.

La production est en progrès comme l'indiquent les chiffres suivants :

	Tonnage		Accroissement %
	1950	1951	
Pétrole	8.176	17.567	114
Gazoline	2.206	3.768	70
Gaz naturel	505.385	960.066	89

D'après la provenance, cette production se répartit comme suit :

	Pétrole	Gazoline	Gaz naturel
Gisements profonds du Val Padana	11.988	3.310	724.348
Gisements peu profonds du Val Padana	—	—	220.064
Apennins et divers	5.579	448	15.648

Dans le domaine de l'utilisation du gaz, on note que 82 % sont absorbés par les industries (contre 77% en 1950), tandis que les usages domestiques n'en prennent que 4,5 % au lieu de 6 % en 1950. La traction des véhicules est une application particulièrement intéressante du méthane : 13 % de la production pour 23.228 véhicules à moteur. Il y a 120 stations de compression avec une capacité de 42.597 m³/h et 1.247 stations de distribution.

L'accroissement de la contribution du gaz naturel à la dépense totale d'énergie est indiqué par le tableau ci-dessous.

	hydrocarbures gazeux	Proportion %
1949	263.000 t	1,02
1950	606.000 t	2,10
1951	1.152.000 t	9,4

UTILISATION DES FORCES ENDOGENES

Le Parlement Italien a approuvé récemment le texte de la loi instituant l'Ente Nazionale Idrocarburi (ENI), un nouvel organisme qui a la tâche de favoriser et d'exécuter les travaux d'intérêt national

dans le secteur des hydrocarbures et des vapeurs naturelles. Conformément à ce programme de recherches, plusieurs initiatives ont été prises dans l'Italie Centrale. La « Terni » a exécuté deux investigations préliminaires près de Viterbe, dans les localités respectivement dénommées Casa Brussetto et Casa Bacuco; la première a révélé la présence d'eaux thermales abondantes à 64° C, à une profondeur de plus de 60 m. Dans la même zone, dans la localité San Salvatore, d'autres investigations sont maintenant exécutées et la Terni commencera prochainement de nouvelles études dans la localité Santo Stefano. On croit généralement que la zone des Monts Cimini, qui présente de nombreuses sources sulfureuses, peut renfermer des vapeurs naturelles souterraines exploitables industriellement. En cas de résultats favorables, on exécutera des sondages à une profondeur de plus de 1000 m. Les investigations actuelles permettront en tout cas la détermination d'importantes données géophysiques et géologiques (perméabilité, résistance électrique, etc;) et d'autres éléments, comme par exemple la rencontre de niveaux aquifères. L'AGIP a demandé un permis pour exécuter des recherches similaires dans les zones de Velletri et de Bracciano, constituées par des terrains volcaniques et par conséquent aptes à présenter des résidus de volcanisme actif, comme il est arrivé pour les Campi Flegrei et les îles de Vulcano et d'Ischia. Dans la zone de Velletri, constituée par des éléments quaternaires relativement récents, on espère que les experts trouveront de la lave qui n'a pas encore eu le temps de se refroidir, du gaz et des vapeurs volcaniques aptes à fournir des hydrocarbures ou des forces endogènes utilisables.

Dans l'Italie méridionale, les milieux compétents confirment que les zones volcaniques offrent de bons indices d'énergie thermique exploitable. Une société anonyme sera prochainement constituée avec la participation de l'E.N.I. et des Chemins de Fer de l'Etat pour l'étude organique de toutes les zones favorables. Le projet du Ministère prévoit que cette Société n'aura pas le monopole des recherches, mais que les Sociétés existantes continueront à travailler dans leur secteur. Le nouvel organisme intensifiera son action en Toscane et dans d'autres zones de l'Italie méridionale.

**AUGMENTATION
DE LA PRODUCTION MINIERE ITALIENNE
EN 1952**

D'après les relevés de la Direction Générale des Mines, la production de l'industrie extractive italienne, abstraction faite de quelques variations saison-

nières, est en train d'augmenter. Dans l'ensemble et pour les cinq premiers mois de l'année, l'index de comparaison par rapport à 100 en 1938 a été de 136 en 1952 contre 110 en 1951. Pour les minerais métalliques, cet index a passé de 83 à 96 (+ 15,7 %), tandis que, pour les substances non métalliques, il a passé de 121 à 154 (+ 27,3 %).

Le tableau ci-dessous concernant les quatre premiers mois de chaque année indique le rapport de la production de 1952 à celle de 1951 supposée = 100.

Minerais métalliques.

Manganèse	208
Bauxite	175
Fer	167
Antimoine	136
Zinc	125
Fer avec Mn	119
Mercure	96,5
Plomb	98,5

Substances non métalliques.

Amiante	103
Bitume	150
Barytin	62
Graphite	92
Calcaire asphaltique pour pavés	81
» » pour distillation	62
Soufre fondu	82

On note en général une augmentation importante en minerais métalliques, sauf en minerais de mercure et de plomb qui sont en légère diminution. Quant aux substances non métalliques, il y a diminution. La production de la pyrite a baissé par suite de la grève des mineurs. Quant au calcaire asphaltique qui était autrefois entièrement exporté, la diminution est le résultat des difficultés de la concurrence.

Les relevés de l'Institut de Statistique nous donnent pour les quatre premiers mois de chaque année, le mouvement des importations :

	en 1951	en 1952
Minerais de fer	89.300 t	249.400 t
Autres minerais métalliques	40.500 t	94.800 t
Substances non métalliques	573.100 t	495.200 t

Bilan énergétique de la Belgique

ANNEE 1950

par G.-H. MARCHAL,

Directeur d'administration

au Ministère des Affaires Economiques et des Classes Moyennes,

Professeur à l'Université Libre de Bruxelles.

1. — INTRODUCTION

Le bilan énergétique de la Belgique pour l'année 1950 fait l'objet de la troisième publication de ce genre venant après les bilans énergétiques de 1948 et 1949 (1). Ces derniers ont joué un rôle expérimental en ce sens qu'ils n'avaient pour but que de rassembler des renseignements statistiques afin de faire apparaître une vue d'ensemble de la production, de la transformation et de la consommation de l'énergie sous toutes ses formes.

Comme nous l'avons déjà dit, un tel travail n'a de réelle valeur qu'à condition d'être mis à jour périodiquement, éventuellement complété et réédité.

Les disponibilités annuelles en énergie d'un pays conditionnent son activité économique; l'usage qu'il en fait décèle son degré de développement; les changements qui surviennent dans les quantités d'énergie consommée et dans les genres de consommations font apparaître une tendance à une meilleure utilisation de cette énergie et un développement du niveau de vie de la nation.

Ainsi que nous l'avons fait à l'occasion de la publication des bilans énergétiques de 1948 et 1949, nous attirons l'attention du lecteur sur le fait que, dans la plupart des cas, l'énergie électrique ne peut être comparée directement à la valeur de l'énergie contenue dans les différents combustibles.

La comparaison entre les différentes formes de l'énergie est cependant rendue possible en faisant intervenir les différents rendements d'utilisation.

(1) Voir la documentation bibliographique à la fin de la présente étude.

11. — Dispositions générales.

Dans l'élaboration de la présente étude, notre préoccupation a été de faciliter au lecteur la comparaison entre les différentes données rassemblées.

Tout en adoptant pour l'établissement du bilan énergétique le plan précédemment établi, nous nous sommes efforcés de condenser dans des tableaux aussi identiques que possible les données concernant les différents combustibles pris en considération.

L'attention doit cependant être attirée sur le fait que le gaz manufacturé est l'objet d'une étude plus complète dans le présent bilan énergétique que dans les bilans des années antérieures.

D'autre part nous avons procédé à certaines estimations de la production de gaz de hauts fourneaux qui conduisent à une présentation de divers tableaux (34.2; 35.1; 35.2) et du graphique quelque peu différente des présentations antérieures.

Nous avons notamment tenu compte du fait que le coke utilisé en sidérurgie donne lieu à une récupération importante de calories sous forme de gaz. Cette notion n'avait pas été complètement développée précédemment.

Les formes primaires d'énergie sont étudiées séparément en rubrique 2, ensuite les transformations successives subies par ces formes d'énergie sont détaillées en rubrique 3 et rassemblées en rubrique 4.

Les disponibilités totales, le bilan énergétique, l'estimation des effets utiles et le rendement global font respectivement l'objet des rubriques 5, 7 et 9.

12. — Pouvoirs calorifiques.

Les pouvoirs calorifiques moyens adoptés figurent dans le tableau 12.1.

Tableau 12.1. — Valeurs moyennes des pouvoirs calorifiques supérieurs.

Combustibles		Valeur	Unité
Combustibles solides	Charbon (moyenne générale)	7.000	kcal/kg
	Charbon, centrales électriques	6.150	»
	Charbon, cokeries, usines à gaz	7.500	»
	Briquettes de lignite	5.000	»
	Agglomérés	7.000	»
	Coke	7.200	»
	Bois (*)	4.545	»
Combustibles liquides	Fuel-oil, essence, etc (moyenne générale)	10.500	»
	Gaz de pétrole liquéfié	12.000	»
Combustibles gazeux	Gaz manufacturé :		
	Gaz pour la distribution publique ...	4.250	kcal/m ³
	Gaz de cokeries et usines à gaz ...	4.500	»
	Gaz à l'eau	2.800	»
	Gaz à l'air	1.100	»
	Gaz de hauts-fourneaux	900	»
Energie électrique	Gaz naturel (grisou)	8.500	»
		860	kcal/kWh

(*) A volume constant et eau condensée.

En ce qui concerne l'énergie électrique nous attirons l'attention du lecteur sur le fait que l'équivalent calorifique du kWh est de 860 kcal alors que la production d'un kWh à la sortie des centrales thermiques belges a nécessité, en 1950, une consommation moyenne d'environ 4.500 kcal.

Il y a donc lieu de se garder de comparer directement l'une à l'autre les quantités d'énergie contenues dans les combustibles et l'énergie électrique exprimée en kcal si ce n'est dans les cas où l'énergie électrique est utilisée au point de vue calorifique. La considération des rendements d'utilisation et des « effets utiles » exprimés en kWh des diverses formes de l'énergie permet d'établir la comparaison désirée.

Le pouvoir calorifique du bois résulte d'une moyenne arithmétique de pouvoirs calorifiques de diverses espèces de bois généralement consommées comme bois de feu. La valeur mentionnée indique l'ordre de grandeur relatif à du bois sec ne contenant que 5 à 7 % d'humidité.

13. — Unités employées.

- Combustibles solides 10³ t
- Combustibles liquides 10³ t
- Combustibles gazeux 10⁶ m³
- Energie électrique 10³ MWh (10⁶ kWh).

En général les valeurs ont été arrondies à moins d'une demi-unité correspondant au dernier chiffre significatif indiqué.

2. — FORMES PRIMAIRES D'ENERGIE

Les formes primaires d'énergie sont les différentes formes sous lesquelles se présentent initialement les ressources énergétiques destinées à être mises en

valeur soit à la consommation directe, soit à la transformation en d'autres formes d'énergie.

21. — Charbon.

Tableau 21.1. — Disponibilités en 10³ t.

Production nationale	27.504
Importation	+ 648
Exportation	- 2.699
Mouvement des stocks (pris aux stocks) +	781
Disponibilités en Belgique	26.054

La répartition du charbon dans les divers secteurs de consommation figure au tableau 21.2 ci-après. Il s'agit de fournitures recensées au départ des mines.

Tableau 21.2. — Utilisation en 10³ t.

1. Fournitures pour transformation en d'autres formes d'énergie :		
Centrales électriques	5.609	
Cokeries	6.082	
Usines à gaz	35	
Fabriques d'agglomérés	937	
		12.663
2. Fournitures pour utilisation directe :		
Mineurs	698	
Utilisations domestiques	6.088	
Administrations publiques ...	140	
Transports	1.494	
Sidérurgie	357	
Mines	1.183	
Autres industries	3.411	
		13.371
		26.054

Dans le bilan énergétique de l'année 1949 figurait le tableau de la production de charbon répartie d'après les qualités de charbon extrait. Un tel tableau n'a pu être établi car aucune investigation de cette nature n'a été entreprise, à notre connaissance, durant l'année 1950.

22. — Combustibles liquides bruts.

L'importation de combustibles liquides bruts destinés à être raffinés en Belgique s'élève à 446 10³ t.

23. — Gaz naturel.

La production de gaz naturel s'est considérablement accrue au cours de 1950. Ramenées à 4.250 kcal/m³ les quantités extraites ont été de 27,8 10⁶ m³ (contre 1,5 10⁶ m³ en 1949).

La consommation de gaz naturel se répartit comme suit :

Tableau 23.1. — Consommation en 10⁶ m³.

Chauffage des fours	12,4
Destiné à d'autres consommations	15,4
Total	27,8

24. — Bois.

Les renseignements statistiques nécessaires ayant pu être rassemblés, cette rubrique, consacrée au bois de chauffage, figure pour la première fois dans le bilan énergétique. (1)

Tableau 24.1. — Disponibilités en 10³ t.

Production nationale	220,5
Importation	+ 20,0
Exportation	- 0,6
Disponibilités	239,9

Il n'est pas possible de répartir ces disponibilités selon les secteurs de consommations mais l'on peut considérer sans trop grande erreur que les utilisations domestiques absorbent la majeure partie de ces disponibilités.

Les valeurs mentionnées ci-dessus doivent être considérées comme des quantités de bois sec ne contenant que 5 à 7 % d'humidité.

25. — Energie électrique hydraulique.

Production : 62,6 10³ MWh.

3. — FORMES TRANSFORMEES D'ENERGIE

31. — Agglomérés.

Les disponibilités et consommations de ces agglomérés figurent au tableau ci-après :

Tableau 31.1. — Disponibilités en 10³ t.

Production	1.014,3
Exportation	- 24,9
Mouvement des stocks (pris aux stocks)	+ 19,3
Total	1.008,7

Tableau 31.2. — Consommation en 10³ t.

Utilisations domestiques	472,2
Administrations publiques	7,2
Transports	296,1
Sidérurgie	49,7
Autres industries	183,5
Total	1.008,7

32. — Briquettes de lignite.

Les disponibilités pour la Belgique proviennent d'une importation de 66,3 10³ t.

La consommation se répartit comme suit :

Tableau 32.1. — Consommation en 10³ t.

Utilisations domestiques et administrations publiques	63,0
Industrie	3,3
Total	66,3

33. — Combustibles liquides.

331. — Combustibles liquides raffinés.

Les disponibilités en combustibles liquides proviennent, en totalité, d'une importation de produits bruts et de produits raffinés. Une partie de la matière est traitée en Belgique, il s'agit du raffinage des combustibles bruts importés.

Les renseignements statistiques recueillis en ce qui concerne les combustibles liquides raffinés font l'objet des tableaux suivants :

Tableau 331.1. — Production en 10³ t.

Combustibles :

Essence auto	73,0
Kérosène	9,5
Gas/Diesel oil	111,0
Fuel oil	135,0
Total	328,5

Autres produits raffinés :

White spirit	8,5
Lubrifiants	6,2
Bitume	81,0
Total	95,7
Total des combustibles et autres produits raffinés	424,2

(2) Voir bibliographie.

Tableau 331.2. — Importation en 10³ t.

Essence aviation	15,6
Essence	697,0
Kérosène	29,5
Gas/Diesel oil	522,3
Fuel oil	423,9
Total	1.688,3

Tableau 331.3. — Disponibilités en 10³ t.

Essence aviation	15,6
Essence auto	770,0
Kérosène	39,0
Gas/Diesel oil	633,3
Fuel oil	558,9
Total	2.016,8

Tableau 331.4. — Consommation et exportation en 10³ t.

Secteur de consommation	Essence aviation	Essence auto	Kérosène	Gas/Diesel et Fuel Oil	Total
Utilisations domestiques et administrations publiques	—	—	20,0	196,0	216,0
Transports	15,6	706,0	8,0	121,3	850,9
Industrie	—	—	8,1	806,2	814,3
					1881,2
Exportations	—	30,0	1,5	10,7	42,2
Total	15,6	736,0	37,6	1134,2	1923,4

332. — Gaz de pétrole liquéfiés.

Nous avons pu rassembler quelques données statistiques au sujet de cette forme d'énergie. Cette dernière prend une importance de plus en plus grande dans la consommation. Cet état de choses résulte de l'utilisation domestique de plus en plus étendue de ces gaz pour le chauffage dans les régions dépourvues d'un réseau de distribution.

Tableau 332.1. — Disponibilités en 10³ t.

Importations	20,6
Production	0,5
Total	21,1

Tableau 332.2. — Utilisations en 10³ t.

Utilisations domestiques	17,0
Industrie	1,3
Total	18,3

34. — Coke.

Tableau 34.1. — Disponibilités en 10³ t.

Production	
— des cokeries	4.597
— des usines à gaz	+ 28
Mouvement des stocks (pris aux stocks)	+ 190
Exportation	— 523
Disponibilités	4.292

Tableau 34.2. — Utilisations en 10³ t.

1. Fournitures pour transformation en d'autres formes d'énergie :	
Centrales électriques	5
Usines à gaz	10
Gazogènes	
— des cokeries	185
— des usines à gaz	8
Hauts-fourneaux (*)	1.650
	1.858
2. Fournitures pour utilisations directes :	
Utilisations domestiques	242
Administrations publiques	46
Transports	17
Sidérurgie (**)	1.457
Autres industries	593
	2.355
3. Usages propres	79
	4.292

35. — Gaz manufacturé.

Le pouvoir calorifique du gaz manufacturé a été ramené à 4.250 kcal par m³, la température et la pression communes sont 0 degré et 760 mm de mercure.

Les productions de gaz manufacturé représentent des productions brutes à la sortie des installations de production, c'est-à-dire des quantités de gaz

(*) Quantité considérée comme étant transformée en gaz de hauts fourneaux en admettant un rendement parfait pour cette transformation.

(**) Quantité considérée comme étant utilisée dans les hauts fourneaux.

Tableau 35.1. — Disponibilités en 10⁶ m³.

	Production	Chauffage des fours à coke	Pertes et usages propres	Pris aux Mis aux		Import	Export	Disponibilités
				gazomètres				
Cokeries	2.030,4	669,8	28,7	—	0,011	—	—	1.331,9
Usines à gaz	30,7	—	0,005	—	—	—	—	30,7
Gazogènes	263,0	170,0	—	—	—	—	—	93,0
Hauts-fourneaux	2.800,0	341,5	840,0	—	—	—	—	1.618,5
	—	—	—	0,058	0,036	1,5	20,2	18,7
Totaux	5.124,1	1.181,3	868,705	0,058	0,047	1,5	20,2	3.055,4

ramenées à 4.250 kcal par m³, à 0° et sous une pression de 760 mm de mercure.

La production totale de gaz de hauts-fourneaux n'est pas mesurée et n'est connue que partiellement. En vue de donner des valeurs aussi complètes que possible nous avons procédé à une estimation de cette production. Cette estimation est basée sur une production moyenne de gaz de environ 4.000 m³ (à 900 kcal par m³) par t de fonte produite, ceci conduit à une production globale des hauts-fourneaux de environ 2.800 × 10⁶ m³ de gaz à 4.250 kcal/m³ soit une valeur calorifique d'environ 11,9 × 10¹² kcal.

Ce total est réparti de la manière suivante :

- 3.28 10¹² — kcal utilisées pour la production d'énergie électrique (valeur estimée);
- 1.45 10¹² — kcal utilisées pour le chauffage des fours à coke (valeur connue);
- 7.16 10¹² — kcal utilisées pour les usages propres de la sidérurgie (valeur estimée) et se répartissant comme suit :
- 3.57 10¹² — kcal consommées pour le chauffage des hauts fourneaux;
- 3.59 10¹² — kcal utilisées à d'autres fins que le chauffage des hauts fourneaux;
- une quantité relativement négligeable, mélangée au gaz, pour une fourniture à la distribution publique.

Tableau 35.2. — Consommation en 10⁶ m³.

1. Fournitures pour transformation en d'autres formes d'énergie :		
Centrales électriques ...	770,8	
2. Fournitures pour utilisations directes :		
Utilisations domestiques ...	458,4	
Administrations publiques	29,9	
Synthèse	283,4	
Sidérurgie	1.235,2	
Autres industries	189,2	
Sous-total	2.196,1	
3. Pertes et usages propres	103,9	
Total	3.070,8(1)	

36. — Energie électrique thermique.

Tableau 36.1. — Production en 10³ MWh.

Nature du combustible :	
Charbon	7.738,8
Gaz	660,5
Mazout	18,1
Coke	0,8
Total	8.418,2

Les quantités produites à partir de gaz, mazout et coke résultent d'estimations.

Tableau 36.2. — Echanges internationaux en 10³ MWh.

Importation	145,1
Exportation	55,8
Solde	+ 89,3

Dans le tableau suivant, donnant la répartition de la consommation d'électricité, est incluse la quantité d'énergie hydraulique mise à la disposition des consommateurs.

Tableau 36.3. — Consommation en 10³ MWh.

Utilisations domestiques	1.119,8
Administrations publiques	98,6
Transports	330,1
Sidérurgie	1.034,1
Autres industries	5.442,3
Total	8.024,9

4. — TRANSFORMATIONS

Certaines formes d'énergie subissent une transformation en d'autres formes d'énergie et les valeurs relatives aux formes d'énergie ainsi traitées figurent au tableau 4.1.

(1) La quantité de gaz naturel destiné à la distribution pour utilisations directes est incluse dans ce total.

Tableau 4.1. — Transformations.

Formes primaires			Formes secondaires									
			Agglomérés		Coke		Gaz manufacturé		Electricité		Combustibles liquides raffinés	
	10 ³ t	10 ¹² kcal	10 ³ t	10 ¹² kcal	10 ³ t	10 ¹² kcal	10 ⁶ m ³	10 ¹² kcal	10 ³ MWh	10 ¹² kcal	10 ³ t	10 ¹² kcal
Charbon :												
1) pour agglomérés	937	6,56	1.014,3	7,10	—	—	—	—	—	—	—	—
2) pour cokeries	6,082	45,62	—	—	4.597	33,10	1.985,8	8,44	—	—	—	—
3) pour usines à gaz	35	0,26	—	—	—	—	27,5	0,12	—	—	—	—
4) pour centrales électriques	5.609	34,50	—	—	—	—	—	—	7.738,8	6,66	—	—
Combustibles liquides bruts ...	446	4,68	—	—	—	—	—	—	—	—	328,5	3,45
Total :		91,62	1.014,3	7,10	4.597	33,10	2.013,3	8,56	7.738,8	6,66	328,5	3,45
Formes secondaires			Formes tertiaires									
			Gaz		Electricité							
	10 ³ t	10 ¹² kcal	10 ³ MWh	10 ¹² kcal	10 ³ MWh	10 ¹² kcal						
Coke :												
1) pour gazogènes	193	1,39	263,0	1,11	—	—						
2) pour hauts-fourneaux ...	1.650 (1)	11,90 (1)	2.800,0	11,90	—	—						
3) pour centrales électr. ...	5	0,03	—	—	0,8	0,001						
Combustibles liquides raffinés :												
1) pour cokeries	29,7	0,31	44,6	0,19	—	—						
2) pour usines à gaz	2,1	0,02	3,2	0,01	—	—						
3) pour centrales électr. ...	8,0	0,08	—	—	18,1	0,016						
Total		13,73	3.113,8	13,21	18,9	0,017						
Forme tertiaire			Forme quaternaire									
			Electricité									
	10 ⁶ m ³	10 ¹² kcal	10 ⁶ m ³	10 ¹² kcal								
Gaz de hauts-fourneaux	770,8 (2)	3,28	660,5	0,57								

(1) Ces chiffres sont relatifs au coke que l'on peut considérer comme transformé en gaz dans les hauts-fourneaux en admettant un rendement parfait pour cette transformation.

Nous nous écartons ainsi de la présentation adoptée pour les bilans énergétiques de 1948 et 1949.

(2) Estimation basée sur l'énergie électrique produite.

5. — DISPONIBILITES EN ENERGIE

Les valeurs qui ont été mentionnées dans les tableaux précédents peuvent être rassemblées dans deux tableaux donnant les disponibilités en énergie : tableau 5.1 (quantités), tableau 5.2 (calories).

Tableau 5.1. — Disponibilités en énergie (Quantités).

Formes d'énergie	Unité	Production nationale	Solde importation (+) exportation (-)	Mouvements des stocks		Disponibilités		
				pris au stocks	mis aux stocks	totales	pour transformations et usages propres	pour utilisation directe
<i>Formes primaires d'énergie</i>								
Charbon	10 ³ t	27.304,0	- 2.051,0	781	—	26.024,0	12.663,0	13.371,0
Bois	10 ³ t	220,5	+ 19,4	—	—	239,9	—	239,9
Combustibles liquides bruts	10 ³ t	—	+ 446,0	—	—	446,0	446,0	—
Gaz naturel	10 ⁶ m ³	27,8	—	—	—	27,8	12,4	15,4
Electricité hydraulique	10 ³ MWh	62,6	—	—	—	62,6	—	62,6
<i>Formes transformées d'énergie</i>								
Agglomérés	10 ³ t	1.014,3	- 24,9	19,3	—	1.008,7	—	1.008,7
Briquettes de lignite	10 ³ t	—	+ 66,3	—	—	66,3	—	66,3
Coke	10 ³ t	4.625,0	- 523,0	190,0	—	4.292,0	1.858,0	2.434,0
Combustibles liquides raffinés	10 ³ t	328,5	+ 1.688,3	—	—	2.016,8	39,8	1.977,0
Gaz de Pétrole liquéfiés	10 ³ t	0,5	+ 20,6	—	—	21,1	—	21,1
Gaz manufacturé :								
1) Cokeries	10 ⁶ m ³	2.030,4	—	—	—	—	—	—
2) Usines à gaz	10 ⁶ m ³	30,7	—	—	—	—	—	—
3) Gazogènes	10 ⁶ m ³	263,0	—	—	—	—	—	—
4) Gaz de hauts-fourneaux	10 ⁶ m ³	2.800,0	—	—	—	—	—	—
5) Total	10 ⁶ m ³	5.124,1	- 18,7	0,058	0,047	5.105,1	2.820,8	2.303,3
Electricité thermique	10 ³ MWh	8.418,2	+ 89,3	—	—	8.507,5	—	8.507,5

Tableau 5.2. — Disponibilités en énergie

10¹² kcal

Formes d'énergie	Production nationale	Solde importation (+) exportation (-)	Mouvements des stocks		Disponibilités		
			pris au stocks	mis aux stocks	totales	pour transformations et usages propres	pour utilisation directe
<i>Formes primaires d'énergie</i>							
Charbon	189,43	— 14,35	5,46	—	180,54	86,94	93,60
Bois	0,96	+ 0,08	—	—	1,04	—	1,04
Combustibles liquides bruts	—	+ 4,7	—	—	4,70	4,70	—
Gaz naturel	0,12	—	—	—	0,12	0,05	0,07
Electricité hydraulique	0,05	—	—	—	0,05	—	0,05
<i>Formes transformées d'énergie</i>							
Agglomérés	7,10	— 0,17	0,13	—	7,06	—	7,06
Briquettés de lignite	—	+ 0,33	—	—	0,33	—	0,33
Coke	33,30	— 3,77	1,37	—	30,90	13,38	17,52
Combustibles liquides raffinés	5,45	+ 17,73	—	—	21,18	0,42	20,76
Gaz de pétrole liquéfiés	0,006	+ 0,248	—	—	0,254	—	0,254
Gaz manufacturé :							
1) Cokeries	8,63	—	—	—	—	—	—
2) Usines à gaz	0,13	—	—	—	—	—	—
3) Gazogènes	1,11	—	—	—	—	—	—
4) Gaz de hauts-fourneaux	11,90	—	—	—	—	—	—
5) Total	21,77	— 0,08	0	0	21,69	11,99	9,70
Electricité thermique	7,24	+ 0,08	—	—	7,32	—	7,32

6. — CONSOMMATION D'ENERGIE

Le tableau 6.1 reprend, selon les formes d'énergie et selon les secteurs de consommation, les quantités d'énergie consommées durant l'année 1950 en Belgique.
Tableau 6.1. — **Consommation d'énergie.**

Secteurs de consommation	Formes d'énergie																
	Charbon		Bois		Agglomérés		Briquettes de lignite		Coke		Combustibles et carburants liquides		Gaz { manufact. naturel pétr. liqu.		Total combust.	Electricité	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	10^3 t	10^{12} kcal	10^3 t	10^{12} kcal	10^3 t	10^{12} kcal	10^3 t	10^{12} kcal	10^3 t	10^{12} kcal	10^3 t	10^{12} kcal	10^6 m ³	10^{12} kcal	10^{12} kcal	10^6 MWh	10^{12} kcal
Utilisat. dom	6.786	47,50	239,9	1,04	472,2	3,31	65,0	0,31	242,0	1,74	216,0	2,27	506,3	2,15	58,32	1.119,8	0,96
Adm. publiq.	140	0,98	—	—	7,2	0,05	—	—	45,0	0,33	—	—	29,9	0,13	1,49	98,6	0,08
Transports	1.494	10,46	—	—	296,1	2,07	—	—	17,0	0,13	850,9	8,93	—	—	21,59	330,1	0,28
Synthèse	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	283,4	1,21	1,21	559,4	0,48
Sidérurgie	357	2,50	—	—	49,7	0,35	—	—	1.457,0	10,49	—	—	1.235,2	5,25	18,59	1.034,1	0,89
Autres indust.	4.594	32,16	—	—	183,5	1,28	3,3	0,02	592,5	4,27	814,3	8,55	192,9	0,82	47,10	4.882,9	4,20
Totaux :	13.371	93,60	239,9	1,04	1.008,7	7,06	66,3	0,33	2.353,5	16,96	1.881,2	19,75	2.247,7	9,56	148,30	8.024,9	6,89

(1) Contrairement au mode de présentation adopté précédemment nous n'avons noté ici que les quantités de coke qui sont à considérer comme réellement utilisées dans les hauts-fourneaux en excluant le coke donnant lieu à une transformation en gaz.

7. — BILAN ENERGETIQUE

Le tableau 7.1 regroupe l'énergie disponible ainsi que la consommation et présente de cette manière le bilan énergétique de l'année 1950.

Tableau 7.1. — Bilan énergétique

10¹² kcal

Formes d'énergie	Energie disponible						Consommation							Pertes de distrib. et quantités non enreg.
	Production	Import	Export	Transformations	Mouvement de stocks de fin 1949 à fin 1950 Pris : +; Mis : —	Solde	Usages domestiques	Administrations publiques	Transports	Synthèse	Sidérurgie	Autres industries	Total	
	1	2	3	4	5	6=1+2 —3—4+5	7	8	9	10	11	12	13	14
Charbon	189,43	4,54	18,89	86,94	+ 5,46	93,60	47,50	0,98	10,46	—	2,50	32,16	93,60	—
Briquettes de lignite	—	0,33	—	—	—	0,33	0,31	—	—	—	—	0,02	0,33	—
Agglomérés	7,10	—	0,17	—	+ 0,13	7,06	3,31	0,05	2,07	—	0,35	1,28	7,06	—
Coké	33,30	—	3,77	13,32	+ 1,37	17,58	1,74	0,33	0,13	—	10,49	4,27	16,96	0,62
Bois	0,96	0,08	—	—	—	1,04	1,04	—	—	—	—	—	1,04	—
Combustibles carbur. liquides	3,45	17,73	0,44	0,42	—	20,32	2,27	—	8,95	—	—	8,55	19,75	0,57
Gaz de Pétrole liquéfiés	0,06	0,20	—	—	—	0,26	0,20	—	—	—	—	0,02	0,22	0,04
Gaz manufacturé et naturel	21,89	0,006	0,08	(1)12,04	0	9,77	1,95	0,13	—	1,21	5,25	0,80	9,34	0,43
Electricité	7,29	0,12	0,05	—	—	7,36	0,96	0,08	0,28	0,48	0,89	4,20	6,89	0,47
Totaux	263,48	23,00	23,40	112,72	+ 6,96	157,32	59,28	1,57	21,87	1,69	19,48	51,30	155,19	2,13

(1) Sont inclus sous cette rubrique les gaz destinés au chauffage des fours de cokeries, aux usages propres des usines de production et à la transformation.

8. — RENDEMENTS D'UTILISATION

Le bilan énergétique de l'année 1949 donnait une répartition de rendements d'utilisation selon les utilisations et dans chaque catégorie selon les combustibles employés. Nous avons repris ici les divers renseignements qui ont été rassemblés précédemment. L'étude de ces derniers avait été assez poussée et nous estimons que des recherches plus fouillées n'auraient comme résultat que de faire apparaître, avec plus d'acuité encore, la complexité du problème. Nous nous éloignerions alors de l'aspect général que doit revêtir le bilan énergétique.

Le rendement d'utilisation est défini comme suit : résultat du *quotient* de l'énergie utile nécessaire pour assurer un service ou fabriquer un produit par l'énergie dépensée.

81. — Utilisations domestiques et administrations publiques.

Tableau 81.1.

	Rendements d'utilisation en %
<i>Charbon, coke, bois :</i>	
Cuisine	10 à 20
Chauffage de locaux	40 à 55
<i>Combustibles liquides :</i>	
Chauffage de locaux	65
<i>Gaz :</i>	
Cuisine	60 à 65
Chauffage de locaux	75
<i>Electricité :</i>	
Cuisine	50 à 65
Chauffage de locaux	env. 100
Eclairage	env. 15 [*]
Petite force motrice	env. 50

821. — Transports par rails.

221. — Transports par rails.

Tableau 82.1.

	Rendement à la jante du tracteur %
Charbon	5 à 6
Combustibles liquides ...	22 à 25
Electricité	80

Il y a lieu de faire remarquer pour l'électricité qu'il s'agit d'un rendement ayant pour base l'énergie électrique disponible à l'entrée de la sous-station de transformation.

822. — Transports aériens.

Le rendement à l'hélice se situe à environ 20 %.

823. — Transports routiers.

Un rendement moyen se situe entre 20 et 28 %, il s'agit du rendement à la roue motrice du véhicule.

83. — Industrie et sidérurgie.

Tableau 83.1.

	Rendement global %
Charbon	45
Gaz	65
Coke	45
Electricité	80
Combustibles liquides	45

Ces diverses données conduisent au tableau général suivant :

Rendements d'utilisation.

Tableau 8.1.

Formes d'énergie	Usages domestiques administrations publiques	Transports	Industries et sidérurgie
	%		
Charbon et agglomérés	40 à 45	5 à 6	45
Bois	40 à 45	—	—
Coke	40 à 45	5 à 6	45
Combustibles et carburants liquides	65	20 à 28	45
Gaz	70 à 75	—	65
Electricité	45	80	80

9. — EFFETS UTILES ET RENDEMENT GLOBAL D'UTILISATION

L'on peut se représenter les « effets utiles » dans les différents secteurs comme étant les valeurs de consommations d'énergie (exprimées en kWh) d'appareils moteurs ou de chauffage de rendement par-

fait qui rendraient les mêmes services que ceux qui sont utilisés en réalité.

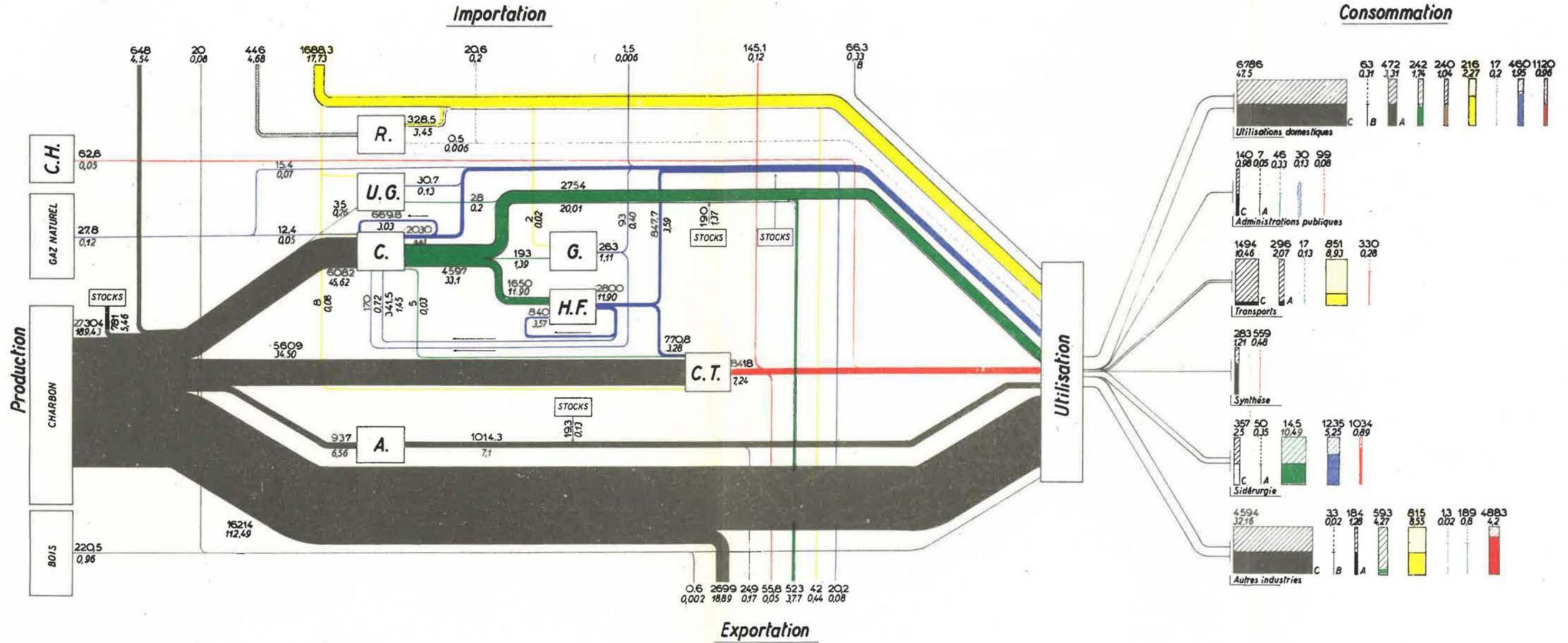
Les effets utiles pour les différentes utilisations des diverses formes d'énergie correspondant aux produits des quantités consommées par la valeur correspondante du rendement d'utilisation.

Lorsque les rendements d'utilisation varient entre certaines limites, la moyenne arithmétique entre ces limites a été adoptée comme base de calcul.

(*) Par rapport à une source idéale de lumière blanche ayant un coefficient d'efficacité de 185 lm/W.

BILAN ENERGETIQUE DE LA BELGIQUE

Année 1950



Légende

FORMES D'ENERGIE	UNITES POUR QUANTITES	POUVOIRS CALORIFIQUES SUPERIEURS	RENDEMENTS D'UTILISATION EN %		
			UT. DOMEST. ADMIN. PUBL.	TRANSPORTS	SYNTH.-SIDERU. AUTRES INDUS.
Charbon (C)	10 ³ t	7000 kcal / kg	40 à 45	5 à 6	45
Briquettes de lignite (B)	10 ³ t	5000 kcal / kg	40 à 45	-	45
Agglomérés (A)	10 ³ t	7000 kcal / kg	40 à 45	5 à 6	45
Coke	10 ³ t	7200 kcal / kg	40 à 45	5 à 6	45
Bois	10 ³ t	4345 kcal / kg	40 à 45	-	-
Combustibles liquides bruts	10 ³ t	10500 kcal / kg	65	20 à 28	45
Combustibles liquides raffinés	10 ³ t	10500 kcal / kg	65	20 à 28	45
Gaz de pétrole liquéfié	10 ³ t	12000 kcal / kg	70 à 75	-	65
Gaz naturel et manufacturé	10 ⁶ m ³	4250 kcal / m ³	70 à 75	-	65
Electricité	10 ³ MWh	860 kcal / kWh	45	80	80

R.	Raffinage
U.G.	Usines à gaz
C.	Cokeries
G.	Gazogènes
H.F.	Hauts fourneaux
C.T.	Centrales thermiques
C.H.	Centrales hydrauliques

1 2 3 ... chiffres penchés expriment des 10³ kcal
 1 2 3 ... Chiffres droits indiquent les quantités

Tableaux 24.1, 332.1, 35.2 :

Etude de M. G. LEBURTON (voir bibliographie).

Tableau 31.1 :

Etude de M. MAELFEYT (voir bibliographie).

Tableaux 36.1 à 36.3 :

Direction « Energie Electrique » du Ministère des Affaires Economiques et des Classes Moyennes.

11. — BIBLIOGRAPHIE.

- 1 Rapport annuel de l'année 1950 de la Fédération Professionnelle des Producteurs et Distributeurs d'Electricité de Belgique.

2. Bilan énergétique - années 1948 et 1949.

3. G. Leburton. — « La situation de l'Industrie du gaz en Belgique en 1950 », (éditée par l'Association des Gaziers Belges dans sa Revue Générale du Gaz - numéro de septembre-octobre 1951.)

4. M. Maelfeyt. — « Etude sur les tendances de la consommation du bois en Belgique (1950) ». (Rapport au secrétariat du Comité du Bois institué dans le cadre de la Commission Economique pour l'Europe à Genève)

Le service « Statistique » de la Direction « Energie Electrique » a été chargé comme précédemment de recueillir et coordonner les renseignements nécessaires à l'établissement du bilan énergétique de l'année 1949.

M. M.L. STALON, Conseiller adjoint, a assuré une part importante de cette tâche.

Tableau 9.1. — Effets utiles des quantités d'énergie exprimés en 10⁶ MWh.

Formes d'énergie	Utilisations domestiques	Administrations publiques	Transports	Synthèse	Sidérurgie	Autres industries	Total	%
Charbon	23,47	0,48	0,67	—	1,31	16,83	42,76	56,2
Agglom. et briq. de lignite	1,79	0,03	0,13	—	0,18	0,68	2,81	3,7
Bois	0,51	—	—	—	—	—	0,51	0,7
Coke	0,86	0,16	0,01	—	5,49	2,23	8,75	11,5
Comb. et carb. liquides ...	1,72	—	2,49	—	—	4,47	8,68	11,4
Gaz	1,81	0,10	—	0,91	3,97	0,60	7,39	9,7
Electricité	0,43	0,04	0,22	0,38	0,71	3,36	5,14	6,8
Total MWh	30,59	0,81	3,52	1,29	11,66	28,17	76,04	100
%	40,2	1,1	4,6	1,7	15,3	37,1	100	

Le tableau suivant fait apparaître le « rendement global » selon la forme d'énergie utilisée. Ce rendement global résulte du rapport entre l'effet utile glo-

bal exprimé en calories et la consommation globale exprimée en calories.

Tableau 9.2. — Rendement global d'utilisation.

Formes d'énergie	Consommation globale 10 ¹² kcal	Effet utile 10 ¹² kcal	Rendement global %
1	2	3	4 = $\frac{3}{2}$
Charbon	93,60	36,77	39
Agglomérés et briq. de lignite ...	7,39	2,40	32
Coke	16,96	7,53	44
Bois	1,04	0,44	42
Combustibles et carburants liq.	19,75	7,46	38
Gaz naturel, manufacturé et de pétrole liquéfié	9,56	6,36	67
Electricité	6,89	5,14	75
Total	155,19	66,10	43

9. — CONCLUSIONS

Nous nous sommes efforcés, dans la mesure du possible, de réduire les imperfections que présentaient les bilans énergétiques établis précédemment pour les années 1948 et 1949.

Les données statistiques que nous avons rassemblées présentent un caractère plus complet. Le bois et les gaz de pétrole liquéfiés font l'objet de deux nouvelles rubriques. Ils complètent la série des formes d'énergie étudiées et nous pouvons ainsi présenter un bilan énergétique donnant une vue d'ensemble de toutes les formes d'énergie utilisées en Belgique.

10. — SOURCES DE DOCUMENTATION

1. Direction « Energie Electrique » du Ministère des Affaires Economiques et des Classes Moyennes — (Administration de l'Industrie).

2. Direction « Industries Chimiques » du même Département.
3. Fédération Professionnelle des Producteurs et Distributeurs d'Electricité de Belgique.
4. Bulletin du Service d'Etudes Economiques de l'Industrie Charbonnière.
5. Sources des données statistiques figurant dans les tableaux mentionnés ci-après :

Tableaux 21., 21.2, 25.1, 31.2, 32.1, 34.1, 34.2 :
Service d'Etudes Economiques de l'Industrie Charbonnière du Ministère des Affaires Economiques et des Classes Moyennes.

Tableaux 331.1 à 332.2 :

Direction « Industries Chimiques » du Ministère des Affaires Economiques et des Classes Moyennes.

BIBLIOGRAPHIE

« Nucléonique industrielle ».

Edition : E.G.E.A., 140, rue de Stalle — Uccle — Bruxelles.

Les isotopes radioactifs dont la production a pu être intensifiée ces dernières années grâce aux piles atomiques, sont maintenant à la disposition, non seulement de la recherche pure et de la médecine, mais également de l'industrie. Ils présentent pour celle-ci un grand intérêt, tant comme outil de recherche en laboratoire que comme auxiliaire de contrôle de fabrication.

La brochure sous rubrique insiste tout d'abord sur le fait que l'utilisation meurtrière de l'énergie atomique n'est qu'un aspect accidentel de la question. Après avoir rappelé les différentes découvertes qui conduisirent à la mise au point de cette nouvelle technique, elle définit les différentes radiations, ainsi que ce que l'on entend par isotopes.

Les applications des isotopes radioactifs dans l'industrie sont expliquées en détail en donnant les principes sur lesquels ces applications sont basées, ainsi que de nombreux exemples d'utilisation dans les domaines de la chimie, la métallurgie, la mécanique, les mines et pétroles, l'agriculture, la biologie et la médecine, les industries diverses.

Enfin, l'ouvrage se termine par une description succincte de certains appareils détecteurs et de contrôle, ainsi que de leurs accessoires qui sont réalisés par l'une des plus importantes firmes américaines spécialisées dans ce genre de matériel.

Gedenkboek bij gelegenheid van het vijftigjarig bestaan der Staatsmijnen in Limburg.

Dit jaar vierden de Nederlandse Staatsmijnen hun vijftigjarig bestaan. Op 24 Juni 1901, enkele weken dus voor de ontdekking van de steenkolen in Belgisch Limburg, verscheen inderdaad in het Nederlands Staatsblad de wet « tot exploitatie van Staatswege » van de nog niet in concessie uitgegeven delen van het Zuid-Limburgs kolenveld. In de loop van het daarop volgend jaar begonnen de voorbereidende bezigheden voor het aanleggen van een eerste mijnzetel : Staatsmijn Wilhelmina.

Alhoewel het vast staat dat sedert het midden van de dertiende eeuw steenkolen in de buurt van Kloosterrade (Rolduc) door kleine ondernemers gedolven werden, bleef de ontwikkeling van de mijnbouw in Nederland tot op het einde van de 19^e eeuw zeer langzaam.

In 1741 nam de abdij van Rolduc de uitbating van de steenkolen in eigen beheer en voerde er een concentratie van de werken en veel technische verbeteringen in. In 1793 bedroeg de jaarproductie meer dan 50.000 t. De abdij werd echter onder de Franse overheersing afgeschafte, en de mijn Staatseigendom verklaard. Deze « Domaniale » mijn werd, met wisselvallig succes, door de verschillende staatsmachten beheerd waaronder Limburg van 1794 tot 1846 ressorteerde (Frans Keizerrijk, Verenigd Koninkrijk der Nederlanden, Belgische Staat, Nederlandse Staat). Vervoer en afzetmoeilijkheden maakten echter de uitbating weinig renderend, en in 1846 werd deze eerste « Staatsmijn » aan een spoorwegmaatschappij afgestaan. Hierdoor komt het dat de huidige « Domaniale Mijn » privaat bezit is.

De industriële ontwikkeling van de 19^e eeuw schiep inmiddels nieuwe behoeften aan steenkolen en andere private maatschappijen begonnen zich voor de Limburgse steenkolen te interesseren.

Tussen 1860 en 1893 werden, onder het stelsel van de Franse mijnwetgeving van 1810, 17 concessies van \pm 500 Ha verleend. De meesten van deze concessies moesten in de loop der volgende jaren vervallen verklaard worden omdat de concessionarissen niet in staat waren tot de ontginning over te gaan. Op de overblijvende ontwikkelden zich, deels met buitenlands kapitaal, de private mijnen : Oranje-Nassau, Willem-Sophia, Laura en Vereniging, die tussen 1899 en 1902 in bedrijf kwamen.

Niettegenstaande de aanhoudende concessieaanvragen drong zich echter gedurende de laatste jaren van de negentiende eeuw meer en meer de gedachte op van een exploitatie van Staatswege voor de overblijvende gedeelten van het steenkolenbekken. Hiervoor werden vooral redenen aangebracht van nationaal belang.

De stijgende behoeften aan steenkolen en de ontwikkeling van de provincie Limburg maakten de ontginning dringend. Nu bewees de ervaring van de laatste jaren dat er gemakkelijk 40 jaar verlieden tussen het verlenen van een concessie en het begin van de eigenlijke uitbating. Het stijve kader van de wet van 1810 gaf geen juridisch middel om private concessiehouders te dwingen de productie snel genoeg op te voeren.

De private mijnen werden grotendeels door buitenlands kapitaal beheerd, terwijl de regering zelfstandig over een nationale bron van brandstoffen

wenste te beschikken, en tevens het sociaal beheer van de nieuwe nijverheid te kunnen bepalen.

Niettegenstaande de ongunstige ervaring van de jaren 1839-1846, en aangemoedigd voor het succes van de in bedrijf gekomen Oranje-Nassau mijn, stelde de regering in 1899 een commissie aan om het probleem van de Staatsexploitatie te bestuderen. Het verslag van deze Commissie heeft aanleiding gegeven tot het wetsontwerp dat op 24 Juni 1901 zonder noemenswaardige oppositie in beide Kamers aangenomen werd. Opmerkenswaardig is dat, gedurende de debatten, de tegenstelling tussen staats- en particulier bedrijf zelfs niet aan de dag kwam.

Een gewezen spoorwegingenieur, de Heer Wenckebach, werd in 1902 als eerste directeur der Staatsmijnen benoemd. Hij werd bijgestaan door J. Bunge, mijnningenieur van het Staatstoezicht. Reeds in 1903 werd begonnen met de aanleg van de mijn Wilhelmina. Sedertdien hebben de Staatsmijnen een vlugge uitbreiding genomen, zoals uit het hier bijgevoegd tabelletje blijkt :

Staatsmijn	Dikte Dekterrein	Begin aanleg	Begin bedrijf
Wilhelmina	95 m	1903	1908
Emma	198 m	1908	1914
Hendrik	222 m	1911	1918
Maurits	302 m	1915	1926

Reeds in 1914-1918 bleek het groot belang van een nationale brandstoffenvoorziening voor Nederland. De invoer van buitenlandse steenkolen werd schaars en duur. Van 1914 tot 1918 steeg de jaarproductie van de Staatsmijnen van 550.000 t. tot 1.400.000 t. en droeg dus in belangrijke mate bij tot het steenkolenevenwicht van het land.

Na de eerste wereldoorlog werd de ontwikkeling voortgezet, alhoewel men te kampen kreeg met een scherpe concurrentie vanwege het buitenland en met een diepe inzinking van de steenkolenprijzen. De Staatsmijnen groeiden echter gestadig.

De jaarproductie bereikte 3 miljoen ton in 1924, 7 miljoen ton in 1928 en 8,3 miljoen ton in 1937; na een diepe inzinking gedurende de tweede wereldoorlog is de productie nu ongeveer op het vooroorlogs peil van 8 miljoen ton per jaar teruggekomen, of de twee derden van de Nederlandse productie.

Al heel vroeg waren aan de steenkolenmijnen cokesovens bijgevoegd geworden (Emma 1919, Maurits 1929) met inrichtingen voor de distillatie van teer en de terugwinning van zwavel, benzol, phenol enz.

Dank zij hun uitstekende hoedanigheid vonden de Limburgse cokes een goede afzet in het buitenland. De gasproductie van de Staatsmijnen steeg dan ook in snel tempo. Geleidelijk werd een distributienet aangelegd dat thans 600 km. lang is en gans het zuidelijk deel van Nederland bestrijkt, tot Bergen-op-Zoom en Nijmegen toe.

Tegenwoordig bedraagt de gaslevering ongeveer 250 miljoen m³ per jaar. De productiecapaciteit daartegenover bereikt ongeveer een milliard m³ per jaar. Voor de verwerking van dit gasoverschot heeft men een machtig scheikundig complex opgericht.

Door gefractioneerde distillatie worden waterstof uit cokesovengas en stikstof uit de lucht gewonnen, om dan in synthesekolommen onder 300 at. en 500° C tot ammoniak verbonden te worden. Dit stikstofbindingsbedrijf ontstond in 1930. Het ammoniak wordt verwerkt tot ammoniumsulfaat en -nitraat. De Staatsmijnen brengen zelf de daartoe nodige zuren voort : zwavelzuur wordt door het loodkamerproces gewonnen, en salpeterzuur door de verbranding van ammoniak op een platina katalysator.

Na de tweede wereldoorlog werd een nieuw fabriek opgericht om de productie-capaciteit van ammoniak sneller te kunnen uitbreiden. Hier wordt waterstof niet meer uit cokesovengas, doch wel uit watergas gewonnen. Dit watergas wordt met stoom geconverteerd, om CO in CO₂ en H₂ om te zetten.

De jaarproductie aan stikstofmeststoffen bereikte in 1939 60.000 ton gebonden stikstof, en in 1951, 115.000 ton. Dit laatste stemt overeen met ongeveer 550.000 ton meststoffen, of de twee derden van Nederland's behoeften.

Naast het stikstofbindingsbedrijf zijn bij de Staatsmijnen andere scheikundige bedrijven ontstaan, onder dewelke een contact - zwavelzuurfabriek, zodat practisch al de reagentia die voor de terugwinning van de bijproducten uit de steenkolen nodig zijn in het eigen bedrijf voortgebracht worden.

Naast aethyleen, aether en alkohol, worden nog diverse organische chloor- en nitroverbindingen geproduceerd, zoals ureum, phtaalzuuranhydride, phenol en caprolactam, een grondstof voor het Nederlands nylon.

Zo is uit de winning en de veredeling van de steenkolen een volledig aaneensluitend scheikundig complex ontstaan, waardoor de Staatsmijnen een steeds groeiende technische en economische betekenis veroverden in West Europa.

Op sociaal gebied eveneens zijn de verwezenlijkingen van de Staatsmijnen toonaangevend geweest. De integratie van 35.000 beambten en arbeiders in de jonge industrie stelde menigvuldig probleem. Meestal zijn de Staatsmijnen vóór de wettelijke voorschriften erbij geweest om de sociale verzekeringen in te stellen (ouderdom, ongevallen, ziekte, overlijden). Een gans bijzondere inspanning werd geleverd wat de werkclassificatie (beroepsselectie) en de opleiding van jeugdige arbeiders betreft : ondergrondse en bovengrondse vakscholen, mijnschool van Heerlen, speciale cursussen voor houwens, hulpopzichters, enz...

De snelle toename van de bevolking van Zuid-Limburg deed een woningsprobleem ontstaan : vóór 1929 hebben de Staatsmijnen rechtstreeks of onrechtstreeks medegewerkt in de oprichting van

6600 woningen, en sedert de laatste wereldoorlog werd dit getal verdubbeld.

De bevolkingsaan groei schiep ook de behoeften aan veel andere instellingen : godsdienstige gemeenschappen, scholen, jeugdbewegingen, arbeidsverschaffing voor vrouwen of invaliden, ontspanningsverenigingen. Zeer wijzelijk hebben de Staatsmijnen besloten op al deze gebieden niet rechtstreeks tussen te komen, doch zoveel mogelijk het initiatief aan private personen en verenigingen over te laten. Het « Fonds voor Sociale Instellingen », dat door de arbeiders medebeheerd wordt, ontvangt een jaarlijks subsidie en keert de nodige toelagen aan de verschillende onafhankelijke organisaties uit.

De verhoudingen tussen personeel en bestuur van het bedrijf zijn bijna steeds uitstekend geweest. Een enkele staking, in 1917, is gedurende het 50 jaar lang bestaan van de Staatsmijnen uitgebroken.

Steeds heeft men ervoor gezorgd de nodige organen in het leven te roepen om het contact tot stand te brengen tussen arbeiders en leiding. Sedert 1946 is dit contact verwezenlijkt door de Ondernemingsraad voor het geheel der Staatsmijnen, door de « Ring » op iedere mijnzetel, en door de « Vertrouwenman » in iedere werkeenheid.

In het speciaal uitgegeven gedenkboek van ruim 400 bladzijden wordt aan de verschillende etappen en aspecten van de ontwikkeling der Staatsmijnen herinnerd. Het boek geeft een mooi gedocumenteerde inleiding over de arbeid in de mijn en vormt tevens een schoon document over de economische en sociale geschiedenis van Nederland, en meer in het bijzonder van Zuid-Limburg. Na een halve eeuw mogen de architecten van deze grootse verwezenlijking hun werk trots overschouwen.

L'accroissement de la productivité.

in 8° — 15 × 24 — 40 pages — Prix : 15 F.

Introduction par Jean Lannoye. — Edité par l'Office Belge pour l'Accroissement de la Productivité, 57, rue d'Arlon, Bruxelles.

Cette étude est précédée d'une introduction de M. Lannoye, Président de l'Office. M. Lannoye expose brièvement la nécessité de faire une étude systématique de la productivité, étude qui implique la collaboration de tous ceux qui ont un rôle efficace à jouer dans l'accroissement de la Productivité.

« Une forte productivité recherchée uniquement à des fins économiques serait plutôt un danger... Ce serait un productivisme néfaste. Il faut considérer la productivité comme un moyen d'arriver à l'épanouissement des valeurs humaines; et y arriver non seulement par l'augmentation du progrès matériel, mais d'abord et surtout par les collaborations sociales qu'elle implique ».

La productivité peut se définir comme le rapport de la production à l'un ou à l'ensemble des facteurs qui contribuent à cette production. La productivité a cependant actuellement une signification plus précise et plus fondamentale. De toutes les

ressources qui contribuent à la production des biens et des services, le travail humain a une signification particulière. Notre époque est, en effet, marquée par un progrès technique très rapide dont une des caractéristiques essentielles réside dans les économies considérables de main-d'œuvre que son application permet de réaliser. L'expansion économique doit absorber dans d'autres secteurs la main-d'œuvre rendue disponible par le Progrès Technique.

La *productivité du travail* a ainsi un caractère transcendant par rapport à la productivité des autres facteurs de production. Cependant, ces facteurs (capital, matières premières...) n'en perdent pas pour autant de leur importance. Ils sont, par rapport au travail, plus ou moins abondants et donc plus ou moins coûteux, de sorte qu'il y a lieu à tout moment de rechercher les combinaisons les plus économiques. Accroître la productivité du travail ne signifie pas « accroître l'effort du travailleur » en vue d'accroître la production par heure de travail. Cela signifie plutôt « accroître l'efficacité finale de cet effort ».

Les *influences* de la productivité sont multiples et particulièrement si l'on considère le niveau de vie de la population et l'équilibre de l'économie mondiale.

On admet actuellement qu'il existe une liaison entre la production par heure de travail et le salaire réel, entre le niveau de productivité et le niveau moyen d'existence. L'accroissement de la productivité est, au point de vue du progrès social, l'unique moyen dont on dispose actuellement pour élever considérablement le niveau de vie de la population. De même le déséquilibre de l'économie européenne, qui se traduit par un déficit de la balance des paiements extérieurs, ne s'atténuera que par un accroissement de cette même productivité.

Mais la question fondamentale est sans doute de connaître les *conditions* d'une productivité accrue.

Certaines sont fondamentales et constituent le terrain sur lequel tout effort ultérieur sera bâti. A cet égard, on peut citer les richesses naturelles — richesses naturelles proprement dites — richesses humaines, sources d'énergie, climat — et les facteurs démographiques. La qualité de la population et sa croissance, ou décroissance, importent particulièrement. Le vieillissement d'une population, notamment, provoque un climat psychologique où le désir du confort prime le goût du risque et où la stagnation économique est préférée à l'expansion.

Une politique d'accroissement de la productivité ne peut se concevoir que dans une économie en expansion et implique l'orientation de la population active vers la production de biens et de services qui correspondent aux besoins les plus évolués.

D'autres conditions relèvent de la politique économique et de l'organisation générale de l'Etat.

Certaines mesures d'ordre général exercent une influence notable sur la productivité : les législa-

tions relatives à l'instruction, la santé et l'hygiène publiques, la sécurité militaire....

Mais l'Etat a d'autres devoirs et particulièrement de développer les ressources existantes : ressources humaines par une politique de formation technique, ressources matérielles par l'approvisionnement en matières premières et en équipements, et par l'accumulation du capital.

Il ne suffit cependant pas d'accumuler les ressources, il faut encore les mettre en œuvre. Leur pleine utilisation ne se conçoit que dans le cadre d'une politique économique dynamique où le calcul économique correct soit possible, et d'un effort de recherche scientifique et technique.

Enfin l'accroissement de la productivité suppose l'acceptation par tous de changements souvent radicaux. L'augmentation des niveaux de vie, qui en est directement tributaire, ne se fera donc que dans la mesure où les hommes accepteront les aléas et l'insécurité que comporte tout changement. Ceci montre bien que le rythme du progrès matériel dépend à l'heure présente, non seulement de la technique, mais surtout d'une volonté de progrès capable de transformations effectives.

Toutes ces conditions sont, on s'en rend compte, extérieures à l'entreprise. Au sein de l'entreprise, on les retrouvera avec quelques variantes qui procèdent de la situation particulière de chacune d'entre elles. L'accroissement de la productivité implique, au niveau des entreprises, la recherche scientifique, la gestion scientifique, l'utilisation d'un outillage perfectionné, l'organisation scientifique du travail, la production en série, l'accroissement des vitesses de production.

Mais tout cela serait vain si l'on ne portait un intérêt constant au facteur humain et si l'on n'était convaincu que la productivité s'exerce pour les hommes et par les hommes. L'utilité sociale ultime des efforts à entreprendre est d'augmenter le pouvoir d'achat réel de toute la population. C'est cet ensemble de problèmes que l'Office Belge pour l'Accroissement de la Productivité livre à la réflexion des lecteurs dans une brochure intitulée « *L'Accroissement de la Productivité* ».

On y trouve le plan d'action de l'Office qui s'inspire du souci de répondre aux différents problèmes que pose la productivité.

L'Office organise des *Comités d'Action et des Groupes de Travail* constitués par branches d'activités, qui examinent la possibilité d'accroître la productivité dans leur secteur.

Il organise des missions, individuelles ou collectives, à l'étranger, et veille à la diffusion des informations recueillies. 81 personnes ont déjà été envoyées aux Etats-Unis dans le cadre de cette partie du programme.

Il procède à des *démonstrations* dans des entreprises.

Il met une *documentation technique* à la disposition des entreprises. Dans le but de créer un climat psychologique favorable, il tient un service de *documentation et d'information* à la disposition de

tous ceux qui sont responsables des problèmes de productivité dans les entreprises.

Il précise enfin que son rôle est de coordonner, d'orienter et d'aider la solution des problèmes dont la responsabilité incombe principalement aux chefs d'entreprises eux-mêmes.

L'activité de l'Office s'insère dans un plan général, de même que les institutions similaires des pays de l'Europe Occidentale avec lesquels des contrats étroits sont établis.

Ces contacts sont organisés par deux voies distinctes. L'Administration Américaine de Sécurité Mutuelle (M.S.A.) intervient dans la coordination des divers programmes nationaux. Une seconde coordination est réalisée au sein de l'Organisation Européenne de Coopération Economique (O.E.C.E.)

De Opvoering van de Productiviteit.

Inleiding door Jean Lannoye. — Uitgegeven door de Belgische Opvoering Productiviteit, Aarlenstraat, 57, te Brussel.

Deze studie wordt voorafgegaan door een inleiding van dhr Jean Lannoye, Voorzitter van de Dienst. Dhr Lannoye geeft een korte uiteenzetting over de noodzakelijkheid een systematische studie te maken van de productiviteit, studie die de medewerking behelst van al dezen die in de opvoering van de productiviteit een actieve rol te spelen hebben.

« Een hoge productiviteit, alleen wegens economische doeleinden nagestreefd, zou eerder een gevaar betekenen... Het zou een noodlottig productivisme zijn. Men moet de Productiviteit beschouwen als een middel tot de ontluiking van de menselijke waarden; en deze ontluiking is niet alleen te bereiken door het bevorderen van de materiële vooruitgang, maar eerst en vooral door de sociale samenwerking welke zij insluit ».

De productiviteit kan bepaald worden als zijnde de verhouding van de productie tot één of tot het geheel der factoren welke bijdragen tot deze productie. De productiviteit heeft heden nochtans een meer precieze en meer fundamentele betekenis. Onder al de hulpbronnen, die bijdragen tot de productie van goederen en van diensten, heeft de menselijke arbeid een bijzondere betekenis. Ons tijdperk wordt inderdaad gekenmerkt door een zeer snelle vooruitgang van de techniek, waarvan één der essentiële kenmerken gelegen is in de aanzienlijke besparingen aan arbeidskracht, welke de toepassing ervan mogelijk maken. De economische expansie moet de door de Technische Vooruitgang werkloos geworden arbeiders, in andere sectoren tewerkstellen.

De productiviteit van de arbeid heeft aldus een transcendent karakter ten overstaan van de productiviteit der andere productiefactoren (voor zover men ze kan meten). Nochtans verliezen deze factoren (kapitaal, grondstoffen...) daarom hun belang niet. Zij zijn, met betrekking tot de arbeid, in meerdere of mindere mate voorhanden, dus meer of minder duur, zodat men voortdurend de meest

economische combinaties moet zoeken. De productiviteit van de arbeid verhogen, wil niet zeggen « de inspanning van de arbeider verhogen » met het oog op de verhoging van de productie per arbeidsuur. Het betekent eerder « de uiteindelijke doelmatigheid van deze inspanning verhogen ».

De invloed van de productiviteit is veelvuldig en vooral wanneer men het levenspeil van de bevolking en het evenwicht van de wereldeconomie beschouwt.

Men neemt tegenwoordig aan dat er een verband bestaat tussen de productie per arbeidsuur en het reël loon, tussen het productiviteitspeil en het gemiddeld levenspeil. De opvoering van de productiviteit is, bekeken uit het standpunt van de sociale vooruitgang, het enige middel waarover men thans beschikt om het levenspeil van de bevolking aanzienlijk te verhogen. Evenzo zal het gebrek aan evenwicht van de Europese Economie, hetwelk zich uit door een deficit van de balans der buitenlandse betalingen, enkel verminderen door een verhoging van de productiviteit.

Het voornaamste punt is ongetwijfeld de kennis der voorwaarden van een verhoogde productiviteit.

Bepaalde voorwaarden zijn fundamenteel en vormen de basis waarop elke latere inspanning zal steunen. In dit verband kunnen wij vermelden : de natuurlijke rijkdommen en de demographische factoren. Van bijzonder belang is de hoedanigheid van de bevolking en haar aangroei of vermindering. Het verouderen van een bevolking schept namelijk een psychologisch klimaat, waarin men meer houdt van comfort dan van risico's en waar economische stagnatie verkozen wordt boven expansie.

Een politiek van productiviteitsopvoering kan men zich alleen voorstellen in een zich uitbreidende economie en zij behelst de oriëntering van de actieve bevolking naar de productie van goederen en diensten, die aan de meest geëvolueerde behoeften voldoen.

Andere voorwaarden behoren tot de economische politiek en tot de algemene organisatie van de Staat.

Sommige maatregelen van algemene orde oefenen een aanzienlijke invloed uit op de productiviteit : de wetgeving op het onderwijs en de hygiëne, de militaire veiligheid,...

De Staat heeft echter nog andere plichten en vooral de verplichting de bestaande hulpbronnen uit te breiden : de menselijke hulpbronnen door een politiek van technische vorming, de materiële hulpbronnen door het aanschaffen van grondstoffen en uitrusting en door de accumulatie van het kapitaal.

Het volstaat echter niet deze hulpbronnen te verzamelen; zij moeten in werking gebracht worden. De volledige aanwending ervan kan alleen gebeuren in het kader van een dynamische economische politiek, waarin een juiste economische berekening mogelijk is en waar een inspanning geleverd wordt op gebied van technische en wetenschappelijke navorsing.

De opvoering van de productiviteit veronderstelt tevens dat iedereen soms radicale veranderingen aanvaardt. De verhoging van het levenspeil, die er rechtstreeks van afhangt, kan slechts verwezenlijkt worden in de mate dat de mensen het risico en de

onzekerheid aanvaarden, die elke verandering met zich brengt. Dit toont duidelijk aan dat het rythme van de materiële vooruitgang heden ten dage niet alleen door de techniek bepaald wordt maar vooral door een wil tot vooruitgang, die tot effectieve transformaties in staat is.

Al deze voorwaarden zijn, zoals men ziet, buiten de onderneming gelegen. In de schoot van de onderneming zal men ze terugvinden met enkele varianten, voortspruitend uit de bijzondere toestand, die bij ieder van hen bestaat. Op het plan der onderneming, behelst de bevordering van de productiviteit de wetenschappelijke navorsing, het wetenschappelijk beheer, het gebruik van een geperfectioneerde uitrusting, de wetenschappelijke organisatie van de arbeid, de serieproductie, de opvoering van de productiesnelheid.

Maar dat alles zou ijdel zijn, indien men geen voortdurende belangstelling moest besteden aan de menselijke factor en er niet moest van overtuigd zijn dat de productiviteit door de mensen en voor de mensen verwezenlijkt wordt. Het uiteindelijk sociaal nut van de inspanningen ligt in het verhogen van de werkelijke koopkracht der ganse bevolking.

De Belgische Dienst Opvoering Productiviteit heeft al deze vraagstukken willen voorleggen aan de lezers van een brochure getiteld « De Opvoering van de Productiviteit ».

Men vindt er het actieplan van de Dienst in, dat werd ingegeven door bezorgdheid om tegemoet te komen aan de diverse problemen welke de productiviteit stelt.

De Dienst richt, per bedrijfstak, *actiecomité's* en *werkgroepen* in die de mogelijkheid onderzoeken om de productiviteit in hun sector op te voeren.

Hij organiseert individuele en collectieve missies naar het buitenland en waakt over de verspreiding van de verzamelde inlichtingen. In het kader van dit programmadeel werden reeds 81 personen naar de Verenigde Staten gezonden.

Hij geeft *demonstraties* in de ondernemingen.

Hij stelt een *technische documentatie* ter beschikking van de ondernemingen. Teneinde een gunstig psychologisch klimaat te scheppen, houdt hij een documentatie- en informatiedienst ter beschikking van allen die verantwoordelijk zijn voor de productiviteitsaangelegenheden in de ondernemingen.

Hij toont tenslotte aan dat zijn rol bestaat in het rangschikken, het oriënteren en het helpen oplossen der problemen waarvan de verantwoordelijkheid vooral bij de ondernemingshoofden zelf berust.

De activiteit van de Dienst is opgenomen in een algemeen plan, samen met gelijkaardige instellingen van de West-Europese landen, waarmede nauwe betrekkingen worden onderhouden.

Deze contacten worden op twee verschillende manieren verwezenlijkt. De Amerikaanse Administratie voor Onderlinge Veiligheid (M.S.A.) komt tussen bij het coördonneren van de verschillende nationale programma's. Een tweede coördinatie wordt verwezenlijkt in de schoot van de Europese Organisatie voor Economische Samenwerking (O.E.C.E.).

COMMUNIQUES

INSTITUT BELGE DE NORMALISATION

L'Institut Belge de Normalisation soumet à l'enquête publique jusqu'au 15 décembre 1952 les projets de normes belges :

NBN 300 — Verrerie de laboratoire et appareils connexes — Détermination de la résistance au choc thermique (Résistance à la rupture).

Ce projet de norme décrit les méthodes d'essai de la résistance aux variations brusques de température des récipients en verre, utilisés dans les laboratoires. Les méthodes permettent de contrôler si tous les récipients à essayer résistent à une variation de température, d'un ordre de grandeur donné.

Deux méthodes sont décrites, suivant que les récipients en verre sont soumis à un choc thermique jusqu'à 80°C ou supérieur à 80°C.

Le projet NBN 300 au format A4 (210 × 297) est bilingue et comprend dans chacune des versions cinq pages. Ce projet peut être obtenu au prix de 10 francs, franco de port, contre paiement préalable au crédit du compte postal n° 633.10 de l'Institut Belge de Normalisation. Il suffit d'indiquer sur le talon du bulletin de virement ou de versement la mention « Projet NBN 300 ».

Les observations et suggestions seront reçues avec intérêt jusqu'à la date de clôture de l'enquête fixée au 15 décembre 1952. On est prié de les adresser en double exemplaire, si possible, à l'Institut Belge de Normalisation, Service des Enquêtes, avenue de la Brabançonne, 29, Bruxelles 4.

L'Institut Belge de Normalisation soumet à l'enquête publique jusqu'au 15 décembre 1952 les projets de normes belges :

NBN 287 — Documentation. Signes de correction des épreuves d'imprimerie;

NBN 288 — Documentation. Signes de correction des textes manuscrits ou dactylographiés.

Le rapport qui a servi de base à la rédaction des projets a été rédigé par l'Association Belge de Documentation qui, en accord avec l'Institut Belge de Normalisation, étudie à la décharge de ce dernier, des textes relatifs au domaine de la documentation.

En vue d'uniformiser et de simplifier les travaux de correction, le projet NBN 287 fixe l'usage des signes (en marge et dans le texte) et, par des exemples appropriés, indique la manière de procéder.

Pour simplifier les travaux de correction, les signes recommandés dans le projet NBN 288, ont

été choisis parmi ceux en usage dans l'imprimerie. Des règles ont été fixées pour l'emploi des soulignements en vue d'éviter toute confusion lorsqu'un texte dactylographié sert de copie pour l'impression. Des exemples illustrent l'emploi des différents signes.

Ces projets, au format A4 (210 × 297), sont bilingues. NBN 287 comprend dans chacune des versions, sept pages et NBN 288 six pages. Ils peuvent être obtenus au prix de 10 francs chacun, franco de port, contre paiement préalable au crédit du compte postal n° 633.10 de l'Institut Belge de Normalisation. Il suffit d'indiquer sur le talon du bulletin de virement ou de versement la mention : « Projet NBN 287 » ou « Projet NBN 288 ».

Les observations et suggestions seront reçues avec intérêt jusqu'à la date de clôture de l'enquête fixée au 15 décembre 1952. On est prié de les adresser en double exemplaire, si possible, à l'Institut Belge de Normalisation, Service des Enquêtes, avenue de la Brabançonne, 29, Bruxelles 4.

L'Institut Belge de Normalisation a publié en septembre 1952 les normes belges suivantes :

NBN 273 — Documentation — Table des matières;

NBN 274 — Documentation — Index;

NBN 275 — Documentation — Sommaire.

Les rapports qui ont servi de base à la rédaction de ces normes ont été rédigés par l'Association Belge de Documentation, qui, en accord avec l'Institut Belge de Normalisation, étudie à la décharge de ce dernier, des problèmes relatifs au domaine de la documentation.

NBN 273 traite de l'énumération des divisions et des subdivisions d'un ouvrage, d'un volume de périodiques ou des articles d'un périodique dans l'ordre des matières imprimées.

Les recommandations prévues dans NBN 274 visent les listes détaillées de sujets traités, de noms de personnes, de lieux, de bibliographie, etc.

NBN 275 a traité à l'énumération succincte dans l'ordre du texte, des articles les plus saillants d'un fascicule de périodique ou des divisions principales d'un mémoire ou d'autres documents.

Ces normes, au format A4 (210 × 297), sont bilingues. NBN 273, NBN 274 et NBN 275 comprennent, respectivement, dans chacune des versions quatre, cinq et trois pages. Elles peuvent être obtenues au prix de 10 francs chacune, franco de port, contre paiement préalable au crédit du compte

postal n° 633.10 de l'Institut Belge de Normalisation. Il suffit d'indiquer sur le talon du bulletin de virement ou de versement la mention : « NBN 273 », « NBN 274 » ou « NBN 275 ».

L'Institut Belge de Normalisation a publié en septembre 1952 la norme belge suivante :

NBN 255 — Code de bonne pratique d'éclairage électrique dans l'industrie.

Lors de l'étude de cette norme préparée par le Comité National Belge de l'Éclairage, la Commission d'Étude a essayé de présenter un guide pratique, qui sera très utile aux industriels et à leurs collaborateurs pour la réalisation d'un bon éclairage électrique de leurs locaux et ateliers.

Afin de faciliter la lecture du Code, un chapitre « Terminologie » groupe les grandeurs et unités photométriques ainsi que diverses définitions. L'établissement du budget lumière et les spécifications des qualités de l'éclairage sont suivis de tableaux synoptiques donnant les caractéristiques des sources lumineuses les plus utilisées et les valeurs d'éclairage à appliquer.

L'attention est attirée sur des considérations importantes lors du choix de la source lumineuse et des appareils d'éclairage, tandis qu'ensuite le calcul de la puissance électrique nécessaire et la bonne pratique d'installation et d'exécution sont développés.

Dans les annexes — qui n'appartiennent pas à la norme même — on trouvera la réglementation des considérations sur les caractéristiques des appareils d'éclairage, sur les mesures des éclairages et sur la luminance.

La norme NBN 255 au format A4 (210 × 297) est bilingue et comprend dans chacune des versions vingt-huit pages, deux figures et quatre tableaux.

Cette norme peut être obtenue au prix de 85 F, franco de port, contre paiement préalable au crédit du compte postal n° 633.10 de l'Institut Belge de Normalisation. Il suffit d'indiquer sur le talon du bulletin de virement ou de versement la mention : « NBN 255 ».

L'Institut Belge de Normalisation soumet à l'enquête publique jusqu'au 19 janvier 1953 le projet de norme belge :

NBN 301 — Appareils domestiques de chauffage — Poêles métalliques à combustible minéral solide.

Ce projet de norme a pour objet de définir les conditions auxquelles doivent satisfaire les poêles métalliques consommant du charbon maigre et/ou du coke.

Le but visé est double : d'une part, permettre aux usagers d'orienter leur choix vers des appareils donnant toutes garanties au point de vue de rendement et au point de vue conservation; d'autre part, orienter les efforts des constructeurs vers des appareils pouvant utiliser le coke dans des conditions aussi favorables que celles réalisées avec le charbon maigre.

Un chapitre est consacré à la définition des principaux éléments envisagés dans le projet. Le projet donne de plus les conditions auxquelles doivent

satisfaire les appareils et il décrit les différents essais de contrôle.

Le projet NBN 301 au format A4 (210 × 297) est bilingue et comprend dans chacune des versions vingt-sept pages, cinq figures et deux tableaux. Ce projet peut être obtenu au prix de 40 francs, franco de port, contre paiement préalable au crédit du compte postal n° 633.10 de l'Institut Belge de Normalisation. Il suffit d'indiquer sur le talon du bulletin de virement ou de versement la mention : « Projet NBN 301 ».

Les observations et suggestions seront reçues avec intérêt jusqu'à la date de clôture de l'enquête fixée au 19 janvier 1953. On est prié de les adresser en double exemplaire, si possible, à l'Institut Belge de Normalisation, Service des Enquêtes, avenue de la Brabançonne, 29, Bruxelles 4.

L'Institut Belge de Normalisation a publié en septembre 1952 la norme belge suivante :

NBN 276 — Produits sidérurgiques — Détermination de la teneur en soufre des aciers non alliés et des fontes — Méthode par évolution

La méthode par évolution ne convient que pour les aciers et les fontes ne laissant aucun résidu sulfuré insoluble dans l'acide chlorhydrique concentré. Un chapitre spécial est consacré à la fixation de la précision de la méthode en ce qui concerne les aciers.

NBN 276 au format A4 (210 × 297) est bilingue et comprend, dans chacune des versions, 10 pages, 1 figure, 4 tables et 1 graphique. Cette norme peut être obtenue au prix de 30 F, franco de port, contre paiement préalable au crédit du compte postal n° 633.10 de l'Institut Belge de Normalisation. Il suffit d'indiquer sur le talon du Bulletin de virement ou de versement la mention : « NBN 276 ».

L'Institut Belge de Normalisation a publié en septembre 1952 la norme belge suivante :

NBN 292 — Documentation. Présentation des articles de périodiques.

Le rapport qui a servi de base à la rédaction de la norme a été rédigé par l'Association Belge de Documentation qui, en accord avec l'Institut Belge de Normalisation, étudie à la décharge de ce dernier, des textes relatifs au domaine de la documentation.

NBN 292 traite des recommandations qui ont pour but de permettre non seulement aux auteurs, mais également aux rédacteurs en chef des revues et aux éditeurs de donner aux articles de périodiques une forme qui en facilite l'usage pour les lecteurs et les bibliothécaires.

NBN 292 au format A4 (210 × 297) est bilingue et comprend, dans chacune des versions, 4 pages. Cette norme peut être obtenue au prix de 15 F, franco de port, contre paiement préalable au crédit du compte postal N° 633.10 de l'Institut Belge de Normalisation. Il suffit d'indiquer sur le talon du bulletin de virement ou de versement la mention : « NBN 292 ».

BELGISCH INSTITUUT VOOR NORMALISATIE

Het Belgisch Instituut voor Normalisatie publiceert ter critiek tot 15 December 1952, de volgende ontwerpen van Bergische norm :

NBN 300 — Laboratoriumglaswerk en aanverwante apparatuur — Bepaling van de thermische schokvastheid (Sprongsterkte).

In dit ontwerp van norm worden de beproevingsmethoden beschreven die ten doel hebben het toetsen van de bestandheid tegen snelle temperatuurswisselingen van glazen vaten die in laboratoria worden gebruikt. Door deze methoden kan worden vastgesteld of alle te beproeven voorwerpen bestand zijn tegen een temperatuurswisseling van een van te voren vastgestelde grootte.

Er worden twee methoden beschreven, naargelang de glazen vaten onderworpen worden aan een thermische schok tot 80°C of groter dan 80°C.

Het ontwerp NBN 300, formaat A4 (210 × 297) is tweetalig. Elke versie bestaat uit vijf bladzijden. Dit ontwerp is verkrijgbaar aan de prijs van 10 F, portvrij, tegen voorafgaande betaling op het credit n° 633.10 van het Belgisch Instituut voor Normalisatie. Op het strookje van het stortings- of overschrijvingsbulletin moet enkel vermeld worden : « Ontwerp NBN 300 ».

De opmerkingen en suggesties zullen ontvangen worden tot op de datum van de sluiting van het onderzoek, vastgesteld op 15 December 1952. Men wordt verzocht ze, zo mogelijk, in dubbel exemplaar, te adresseren aan het Belgisch Instituut voor Normalisatie, Brabançonnellaan, 29, Brussel 4.

Het Belgisch Instituut voor Normalisatie publiceert ter critiek tot 15 December 1952, de volgende ontwerpen van Belgische norm :

NBN 287 — Documentatie — Correctietekens voor drukproeven;

NBN 288 — Documentatie — Correctietekens voor met de hand geschreven of getypte teksten.

Het verslag dat tot grondslag heeft gediend voor de redactie van het ontwerp, is opgesteld door de Belgische Vereniging voor Documentatie die, samen met het Belgisch Instituut voor Normalisatie, ter ontlasting van het Instituut, teksten betreffende het gebied van de documentatie bestudeert.

Ten einde eenheid te brengen in de correctiewerkzaamheden en ze te vereenvoudigen, wordt in het ontwerp NBN 287 het gebruik van de tekens (in de marge en in de tekst) vastgesteld en wordt de werkwijze met aangepaste voorbeelden toegevoegd.

Om de correctiewerkzaamheden te vereenvoudigen zijn de in het ontwerp NBN 288 aanbevolen correctietekens gekozen onder de in de drukkerij gebruikte tekens. Er zijn regels vastgesteld voor het gebruik van de onderstrepingen, ten einde alle verwarring te vermijden wanneer een getypte tekst als copij voor de drukker is bestemd. Het gebruik van de verschillende tekens is met voorbeelden geïllustreerd.

Deze ontwerpen, formaat A4 (210 × 297), zijn tweetalig. Elke versie van NBN 287 bestaat uit zeven bladzijden, en elke versie van NBN 288 uit

zes bladzijden. Zij zijn verkrijgbaar aan de prijs van 10 frank elk, portvrij, tegen voorafgaande betaling op het credit van postrekening n° 633.10 van het Belgisch Instituut voor Normalisatie. Op het strookje van het stortings- of overschrijvingsbulletin moet enkel vermeld worden : « Ontwerp NBN 287 » of « Ontwerp NBN 288 ».

De opmerkingen en suggesties zullen ontvangen worden tot op de datum van de sluiting van het onderzoek, vastgesteld op 15 December 1952. Men wordt verzocht ze, zo mogelijk in dubbel exemplaar, te adresseren aan het Belgisch Instituut voor Normalisatie, Brabançonnellaan, 29, Brussel 4.

Het Belgisch Instituut voor Normalisatie heeft in September 1952 volgende Belgische Normen gepubliceerd :

NBN 273 — Documentatie — Inhoudstafel;

NBN 274 — Documentatie — Register;

NBN 275 — Documentatie — Beknopte inhoud.

De verslagen die tot grondslag hebben gediend voor de redactie van de normen werden opgesteld door de Belgische Vereniging voor Documentatie, die, in akkoord met het Belgisch Instituut voor Normalisatie, ter ontlasting van dit laatste, problemen betreffende de documentatie bestudeert.

NBN 273 handelt over de opsomming van de afdelingen en onderverdelingen van een werk, van een tijdschriftenband of van de artikels van een tijdschrift, in de volgorde van de gedrukte stof.

De in NBN 274 voorziene aanbevelingen beogen de gedetailleerde lijsten van behandelde onderwerpen, persoonsnamen, plaatsen, bibliografieën, enz.

NBN 275 heeft betrekking op de beknopte opsomming, in de volgorde van de tekst, van de meest treffende artikels van een aflevering van een tijdschrift, of van de hoofdafdelingen van verhandelingen of van andere documenten.

Deze normen, formaat A4 (210 × 297), zijn tweetalig. Elke versie van NBN 273, NBN 274 en NBN 275 bestaat respectievelijk uit vier, vijf en drie bladzijden. Zij zijn verkrijgbaar aan de prijs van 10 frank elk, portvrij, tegen voorafgaande betaling op het credit van postrekening n° 633.10 van het Belgisch Instituut voor Normalisatie. Op het strookje van het stortings- of overschrijvingsbulletin moet enkel vermeld worden : « NBN 273 », « NBN 274 » of « NBN 275 ».

Het Belgisch Instituut voor Normalisatie publiceerde in September 1952 de volgende Belgische norm :

NBN 255 — Leidraad voor de elektrische verlichting in de industrie.

Bij het bestuderen van deze norm, voorbereid door het Belgisch Nationaal Comité voor Verlichtingskunde, heeft de studiec commissie getracht een praktische leidraad te bezorgen die voor de nijveraars en hun medewerkers van nut zal zijn bij het verwezenlijken van een goede elektrische verlichting in hun lokalen en werkplaatsen.

Het lezen van de « Leidraad » wordt grotendeels gemakkelijk door het feit dat de fotometrische

grootheden en eenheden alsmede verschillende bepalingen in het hoofdstuk « Terminologie » worden behandeld. Het opstellen van de lichtbegroting en de kenmerken van de kwaliteiten van de verlichtingen worden gevolgd door overzichtelijke tabellen die de kenmerken van de meest gebruikte lichtbronnen en de waarden van de toe te passen verlichtingssterkte aangeven.

De aandacht wordt gevestigd op belangrijke beschouwingen bij de keuze van de lichtbron en van de verlichtingstoestellen, terwijl daarna de berekening van het elektrisch vermogen en de goede praktijk van installatie en uitvoering worden uiteengezet.

In de bijlagen, die niet tot de eigenlijke norm behoren, komen wetvoorschriften voor en beschouwingen over de kenmerken van de verlichtingstoestellen, het meten van verlichtingssterkten en over de luminantie.

Norm NBN 255, formaat A4 (210 × 297), is tweetalig en bevat in elke versie acht-en-twintig bladzijden, twee figuren en vier tabellen.

Deze norm is portvrij verkrijgbaar tegen voorafgaande betaling op het credit van postrekening n° 633.10 van het Belgisch Instituut voor Normalisatie. Op het strookje van het stortings- of overschrijvingsbulletin moet enkel vermeld worden : « NBN 255 ».

Het Belgisch Instituut voor Normalisatie publiceert ter critiek tot 19 Januari 1953, het ontwerp van Belgische norm :

NBN 301 — Verwarmingstoestellen voor huishoudelijk gebruik — Metalen kachels voor vaste minerale brandstoffen.

Dit normontwerp heeft tot doel de eisen te bepalen waaraan de metalen kachels ingericht tot het verstoppen van magerkolen en/of cokes moeten voldoen.

Er worden twee punten beoogd : enerzijds de gebruikers in staat stellen toestellen te kiezen welke alle waarborgen bieden onder oogpunt van nuttig effect en duurzaamheid; anderzijds de constructeurs toestellen laten construeren, ingericht tot het verstoppen van cokes in even gunstige voorwaarden als deze bekomen met magerkolen.

Een hoofdstuk is gewijd aan de bepaling van de voornaamste elementen die in het ontwerp worden behandeld. In het ontwerp worden tevens de eisen gegeven waaraan de toestellen moeten voldoen en worden de verschillende controleproeven beschreven.

Het ontwerp NBN 301, formaat A4 (210 × 297), is tweetalig. Elke versie bestaat uit zeven-en-twintig bladzijden, vijf figuren en twee tabellen. Dit ontwerp is verkrijgbaar aan de prijs van 40 frank, portvrij, tegen voorafgaande betaling op het credit van postrekening n° 633.10 van het Belgisch Instituut voor Normalisatie. Op het strookje van het stortings- of overschrijvingsbulletin moet enkel vermeld worden : « Ontwerp NBN 301 ».

De opmerkingen en suggesties zullen ontvangen worden tot op de datum van de sluiting van het onderzoek, vastgesteld op 19 Januari 1953. Men wordt verzocht ze, zo mogelijk in dubbel exemplaar,

te adresseren aan het Belgisch Instituut voor Normalisatie, Brabançonnellaan, 29, Brussel 4.

Het Belgisch Instituut voor Normalisatie publiceerde in September 1952 de volgende Belgische norm :

NBN 276 — IJzer — en Staalproducten — Bepaling van het gehalte aan zwavel in niet gelegerde staalsoorten en in gietijzer — Methode door ontwikkeling.

De methode door ontwikkeling past uitsluitend voor staalsoorten en gietijzer welke geen enkel onoplosbaar residu in geconcentreerd zoutzuur nalaten. Een speciaal hoofdstuk is gewijd aan de nauwkeurigheid van de methode voor wat de staalsoorten betreft.

NBN 276, formaat A4 (210 × 297), is tweetalig. Elke versie bevat 10 bladzijden, 1 figuur, 4 tabellen en een grafiek. Deze norm is verkrijgbaar tegen de prijs van 30 F, portvrij, tegen voorafgaande betaling op het credit van postrekening n° 633.10 van het Belgisch Instituut voor Normalisatie. Op het strookje van het stortings- of overschrijvingsbulletin moet enkel worden vermeld : « NBN 276 ».

Het Belgisch Instituut voor Normalisatie publiceerde in September 1952 de volgende Belgische norm :

NBN 292 — Documentatie — Voorstelling van tijdschriftartikels.

Het verslag dat tot grondslag heeft gediend voor de redactie van het ontwerp werd opgesteld door de Belgische Vereniging voor Documentatie die, in overeenstemming met het Belgisch Instituut voor Normalisatie, ter ontlasting van dit laatste, teksten betreffende het documentatiegebied bestudeert.

NBN 292 behandelt aanbevelingen die tot doel hebben niet alleen de auteurs, maar eveneens de hoofdredacteurs van tijdschriften en de uitgevers toe te laten aan de tijdschriftartikels een vorm te geven die het gebruik ervan vergemakkelijkt (lezers en bibliothecarissen).

NBN 292, formaat A4 (210 × 297), is tweetalig. Elke versie bevat 4 bladzijden. Deze norm is verkrijgbaar aan de prijs van 10 F, portvrij, tegen voorafgaande betaling op het credit van postrekening n° 633.10 van het Belgisch Instituut voor de Normalisatie. Op het strookje van het stortings- of overschrijvingsbulletin moet enkel vermeld worden « NBN 292 ».

A. I. B.

Connais-toi toi-même - Almanach de sécurité 1953.

L'Association des Industriels de Belgique (A.I.B.), 29, avenue André Drouart à Bruxelles (Auderghem) publiera incessamment un almanach de sécurité intitulé « Connais-toi toi-même » qui paraîtra en temps utile pour être distribué au personnel des

usines et des entreprises commerciales au début du mois de décembre.

Cet opuscule sera publié en français et en flamand. Il sera comme de coutume abondamment et artistiquement illustré de façon à inciter à sa lecture et à sa conservation.

L'almanach « *Connais-toi toi-même* », attire particulièrement l'attention sur le résultat que le personnel peut atteindre du point de vue Sécurité-Hygiène par sa volonté propre : il débute par un exposé l'incitant à vaincre les déficiences de la nature humaine que l'on désigne habituellement sous le vocable « Facteur Humain ».

A cet effet, il expose d'abord les éléments de psychologie humaine accessibles à tous grâce à une illustration suggestive. Les notions de sécurité proprement dites, mises en relief par une illustration typique, concernent cette année la protection individuelle, l'usage des échelles, des échafaudages des câbles et des chaînes, celui des appareils de levage mécaniques (crics, vérins et treuils) des chariots automoteurs, grues et ponts roulants. Il se termine par un chapitre important concernant les dangers de la route.

Les almanachs des années suivantes poursuivront le rappel des règles de sécurité applicables aux opérations industrielles diverses.

Comme de coutume, à la seconde page couverture, est réservé une place pour l'impression éventuelle du nom des firmes distributrices.

Les prix de vente sont fixés de la façon suivante :

1 à 499 exemplaires	8,— fr pièce
500 exemplaires et plus	7,50 fr pièce

Impression du nom de la firme :

de 1 à 50 exemplaires	100 fr
de 1 à 100 exemplaires	125 fr
15 fr par cent exemplaires supplémentaires.	

A.I.B. — 29, avenue André Drouart — Bruxelles-Oudergem. C.C.P. 576. — Tél. : 48.81.80.

A. I. B.

Ken U zelf - Veiligheidsalmanak 1953.

De Vereniging der Belgische Nijveraars (A.I.B.) 29, André Drouartlaan, Brussel (Oudergem) zal

binnenkort een veiligheidsalmanak uitgeven, getiteld « Ken U zelf », welke tijdig genoeg zal verschijnen om vóór Nieuwjaar aan het personeel der fabrieken en handelsondernemingen uitgedeeld te worden.

Dit boekje zal in 't Nederlands en in 't Frans uitgegeven worden. Zoals naar gewoonte zal het overvloedig en met kunstzin geïllustreerd worden, zodat het gaarne zal gelezen en bewaard worden.

De almanak « Ken U zelf » vestigt bijzonder de aandacht op het resultaat dat het personeel op gebied van Veiligheid-Hygiène door zijn eigen wilskracht kan bereiken : hij vangt aan met een uiteenzetting welke het personeel aanzet om de zwakheden van de menselijke natuur, die men gewoonlijk onder de naam van « Menselijke Factor » aanduidt, te boven te komen.

Te dien einde zet hij vooreerst de elementen der menselijke psychologie uiteen welke voor allen bereikbaar zijn dank zij een suggestieve illustratie. De eigenlijke veiligheidsnoties, die goed uitkomen door een typische illustratie, betreffen dit jaar de individuele beveiliging, het gebruik der ladders, stellingen, kabels en kettingen, mechanische heftoestellen (dommekrachten, vijsels, lieren), trucks, kranen en loopkranen. De almanak eindigt met een belangrijk hoofdstuk aangaande de verkeersrisico's.

De almanakken van de volgende jaren zullen voortgaan met de toepassing van de veiligheidsregelen op de verschillende nijverheidsverrichtingen.

Zoals naar gewoonte, werd op de tweede bladzijde van de omslag een plaats voorbehouden voor het gebeurlijk drukken van de naam der uitdelende firma's.

De verkoopprijzen werden als volgt vastgesteld :	
van 1 tot 499 exemplaren	8,— fr 't stuk
500 exemplaren en meer	7,50 fr 't stuk

Druk van firmanaam :

op 50 exemplaren	100,— fr
op 100 exemplaren	125 fr
per extra honderdtal	15,— fr

A.I.B. — 29, André Drouartlaan — Brussel-Oudergem. — P.C.R. 576. — Tél. 48.81.80.

ANNALES DES MINES DE BELGIQUE — ANNALEN DER MIJNEN VAN BELGIE

Tome LI. - Année 1952 — Boekdeel LI. - Jaar 1952

TABLE ALPHABETIQUE DES AUTEURS
ALPHABETISCHE TAFEL DER AUTEURS

	Livraison	Pages
ACTON TAYLOR, R.A.		
<i>Transport hydraulique du charbon</i>	VI	828
Traduit par L. Denoël.		
ADMINISTRATION DES MINES.		
<i>Tableau des mines de houille en activité en Belgique au 1^{er} janvier 1952</i> ...	III	403
<i>Répartition du personnel et du service des mines. — Noms et adresses des fonctionnaires au 1^{er} janvier 1952</i>	III	424
<i>Situation du personnel du Corps des Mines au 1^{er} janvier 1952</i>	III	443
A.I.M.		
<i>Journées d'Etudes Internationales. — Compte rendu</i>	IV	603
CALLUT, H.		
<i>Lutte contre les poussières (Bassin de Liège)</i>	VI	758
(En collaboration avec J. FRIPIAT et J. STASSEN.)		
de CAUX, J.		
<i>La Centrale des Awirs</i>	III	389
CHARBONNAGES DE FRANCE.		
<i>Rapport de gestion pour l'exercice 1950</i>	II	250
Résumé par J. de Caux.		
<i>Le remblayage par raclage (Groupe Tarn des Houillères du Bassin d'Aquitaine)</i>	IV	582
<i>Quelques données statistiques sur l'exploitation des mines françaises en 1950</i>	V	706
COAL AGE.		
<i>Résultats d'essais d'abatage du charbon par tarière</i>	V	664
Traduit par J. Lecomte.		
COLLIERY GUARDIAN.		
<i>Le « B.J.D. Junior Packmaster »</i>	I	58
Traduit par G.A. Moulaert.		
<i>Le « Hayden-Nilos Belt Guardian »</i>	I	60
Traduit par G.A. Moulaert.		
COPPA ZUCCARI, G.		
<i>Nouvelles d'Italie</i>	VI	833
COREY, R.C.		
<i>Utilisation des charbons de faible valeur pour la production de l'énergie aux Etats-Unis d'Amérique</i>	VI	780
(En collaboration avec J.W. MYERS.)		
Traduit par L. Denoël.		
DE SMAELE, A.		
<i>Contribution à la gazéification souterraine du charbon avec oxygène et vapeur d'eau</i>	IV	544

FALLY, G.			
	<i>Le domaine d'inflammation du méthane aux basses pressions</i>	II	173
	(En collaboration avec M. VANPEE.)		
FERRERO, P.			
	<i>Etude pétrographique d'une veine de charbon</i>	II	196
	(En collaboration avec E. GRAND'RY.)		
FRESON, H.			
	<i>La réglementation minière aux Pays-Bas</i>	II	236
	(Suite et fin)	V	717
FRIPIAT, H.			
	<i>Rapport sur les travaux de l'Institut National des Mines en 1951</i>	IV	417
	<i>Lutte contre les poussières (Bassin de Liège)</i>	VI	758
	(En collaboration avec H. CALLUT et J. STASSEN.)		
de GRAAF, J.E.			
	<i>Etude du rayonnement des flammes</i>	IV	591
	(En collaboration avec RIBAUD, SAUNDERS et THRING.)		
	Traduit par J. Campus.		
GRAND'RY, E.			
	<i>Etude pétrographique d'une veine de charbon</i>	II	196
	(En collaboration avec P. FERRERO.)		
HOFMEISTER, B.			
	<i>L'influence de la teneur en humidité des fines à coke sur la capacité de production des cokeries</i>	V	626
	Traduction adaptée par Inichar.		
HOPPE, R.			
	<i>Extrait du rapport sur les travaux du 2^e semestre 1951 (Borinage et Centre)</i> .	V	698
HOUBERECHTS, A.			
	<i>L'activité de l'Institut d'Hygiène des Mines au cours de l'année 1951</i>	III	285
HUEBNER, R.			
	<i>Recherches sur la perforation thermique des roches</i>	III	350
	Traduction résumée par L. Denoël.		
INSTITUT NATIONAL DE L'INDUSTRIE CHARBONNIERE.			
	<i>La gazéification souterraine dans les divers pays (Suite)</i>	I	9
	<i>La gazéification souterraine (Fin). — V. Essais belges de Bois-la-Dame (Liège) (Essai II)</i>	II	149
	<i>Le matériel minier à la Foire Internationale de Liège 1952. — Compte rendu .</i>	IV	506
	<i>Le soutènement métallique en taille</i>	IV	526
	<i>Journée de l'Electricité dans la Mine organisée par l'A.I.M. — Compte rendu</i>	IV	540
	<i>Compte rendu de la Conférence « Emploi et valorisation de la houille »</i>		
	(D.K.B.L., Essen, novembre 1951)	V	615
	(Suite)	VI	747
JANSSENS, G.			
	<i>Etude sur les transports souterrains en voies dans les charbonnages du Bassin de Charleroi-Namur</i>	V	676
JONES, L.			
	<i>Le deuxième nivellement général</i>	II	215
KLUGE, W.			
	<i>Cribles modernes pour la préparation mécanique</i>	IV	574
	Traduit par G. Burton (Inichar).		
LANGÉ, F.			
	<i>L'extraction par quatre câbles</i>	I	28
	Traduit par L. Denoël.		
LAURENT, J.			
	<i>La réglementation et la sécurité dans les mines de charbon des Etats-Unis (Fin)</i>	I	62
LOEFFLER, W.			
	<i>Mouvements dans les puits consécutifs à l'exploitation.</i>	III	339
	Traduction par L. Denoël.		

LOGELAIN, G.			
<i>L'actualité économique et sociale dans l'industrie houillère</i>	V	642	
LOISON, R.			
<i>Essai de gazéification souterraine à Djerada (Maroc)</i>	I	9	
MARCHAL, G.H.			
<i>Bilan énergétique de la Belgique. — Année 1949</i>	I	140	
<i>Bilan énergétique de la Belgique. — Année 1950</i>	VI	836	
MATERIEL MINIER (Notes rassemblées par INICHAR).			
<i>La dynamique du marteau-piqueur (Engel et Gloeckner). — Détection du grisou dans les mines (Iron and Coal Trades Review). — Transmission hydraulique pour locomotives de mines (Colliery Engineering). — Le nettoyage mécanique des culots de berlines. — Mécanisation du chargement des terres dans une avaleresse (Vandevelde). — Nouveau procédé pour la détermination de l'obliquité des puits (Jungwirth et Lindner). — Le Périgraphe (Revue de l'Industrie Minérale)</i>	II	221	
<i>Torsion du brin de retour des bandes de transport (Snavely). — La goulotte de déversement articulée « Crossland » (National Coal Board). — Retrait du soutènement en taille (Iron and Coal Trades Review). — Remblayage mécanique des pierres de bossement en couches minces (Naylor et Thompson). — Assemblage de tuyauterie sans joint d'étanchéité suivant le système Dilo (Schlägel und Eisen)</i>	III	359	
<i>Résultats d'essais d'abatage du charbon par tarière (Coal Age). — Le chariot foreur « Mönninghoff ». — Le convoyeur Aumund. — Convoyeurs à courroie. — Un ventube en matière plastique (Schlägel und Eisen). — Creusement de puits par le procédé Benoto. — Scraper à main. — Un tamis giratoire (Colliery Guardian). — Protection contre la rouille et récupération des produits rouillés</i>	V	664	
<i>Soutènement marchant (Iron and Coal Trades Review). — Appareil enregistreur de convergence J. Davis & Fils (Iron and Coal Trades Review). — Nouveautés concernant les rouleaux pour convoyeurs à courroie (Équipement mécanique). — Nouveautés concernant le nettoyage des berlines (G. Alberts). — Marteaux-piqueurs à pulvérisation d'eau. — Amélioration des marteaux-piqueurs du type sans emmanchement. — Masque de protection contre l'oxyde de carbone (R. Freitag). — Transport des blessés en lieux difficiles (Pact). — Béton Ocrat résistant à l'acide (Ocriet)</i>	VI	799	
MEYERS, A.			
<i>Statistique des industries extractives et métallurgiques et des appareils à vapeur. — Année 1950</i>	I	75	
<i>L'industrie charbonnière pendant l'année 1951. — Statistique sommaire et vue d'ensemble sur l'exploitation</i>	III	392	
MIJNWEZENBESTUUR.			
<i>Verdeling van het personeel en van de dienst van het Mijnwezen. — Namen en adressen der Ambtenaren op 1 Januari 1952</i>	III	424	
<i>Stand van het personeel van het Mijnkorps op 1 Januari 1952</i>	III	451	
MINISTRY OF FUEL AND POWER.			
<i>Rapport du Fuel Research Board de 1946 à 1949</i>	III	372	
Traduction résumée par Inichar.			
<i>Rapport du Fuel Research Board de 1949 à 1950</i>	VI	817	
Traduction résumée par Inichar.			
MUESCHENBORN, W.			
<i>Nouvelles recherches sur la préparation des charbons fins et plus spécialement des schlamms</i>	V	617	
Traduction adaptée par Inichar.			
MYERS, J.W.			
<i>Utilisation des charbons de faible valeur pour la production de l'énergie aux Etats-Unis d'Amérique</i>	VI	780	
(En collaboration avec R.C. COREY.)			
Traduit par L. Denoël.			

NATIONAL BUILDING STUDIES.			
	<i>Affaissements du sol. — Effets sur les maisons modestes</i>	I	55
	Traduction résumée par L. Denoël.		
NATIONAL COAL BOARD.			
	<i>Quelques notes sur l'industrie charbonnière britannique</i>	IV	598
	Traduction par G.A. Moulaert.		
NISTLER, F.			
	<i>Voies nouvelles de la production de gaz pauvre à partir des houilles</i>	VI	755
	Traduction adaptée par Inchar.		
PUFF, W.			
	<i>Obtention de gaz pauvre par gazéification des déchets de préparation des charbons</i>	VI	747
	Traduction adaptée par Inchar.		
RAUSCH, E.			
	<i>Fondations sur pilotis en terrains soumis à des affaissements miniers</i>	V	703
	Traduit par L.D.		
RIBAUD, G.M.			
	<i>Étude du rayonnement des flammes</i>	IV	591
	(En collaboration avec DE GRAAF, SAUNDERS et THRING.)		
	Traduit par J. Campus.		
RUSCHMANN, W.			
	<i>Le cracking des hydrocarbures dans les fours à coke</i>	V	620
	Traduction adaptée par Inchar.		
SAMAIN, J.			
	<i>Contribution à l'étude de la combustion du méthane</i>	V	630
	(En collaboration avec M. VANPEE.)		
SAUNDERS, O.A.			
	<i>Étude du rayonnement des flammes</i>	IV	591
	(En collaboration avec DE GRAAF, RIBAUD et THRING.)		
	Traduction par J. Campus.		
SERVICE GEOLOGIQUE.			
	<i>Coupes et sondages du Bassin houiller du Nord de la Belgique :</i>		
	<i>Sondages n^{os} 104 et 105</i>	III	315
	<i>Sondage n^o 107</i>	V	649
SIK, S.L.			
	<i>Nouveautés dans le fonçage des puits par congélation</i>	VI	809
	Traduit par L. Denoël.		
STASSEN, J.			
	<i>Lutte contre les poussières (Bassin de Liège)</i>	VI	758
	(En collaboration avec J. FRIPIAT et H. CALLUT.)		
STENUIT, R.			
	<i>La sécurité dans les carrières</i>	I	40
	<i>Les accidents survenus dans les carrières et leurs dépendances de 1932 à 1949</i>	III	381
	(Suite et fin)	V	709
THRING, M.W.			
	<i>Étude du rayonnement des flammes</i>	IV	591
	(En collaboration avec DE GRAAF, RIBAUD et SAUNDERS.)		
	Traduit par J. Campus.		
VAES, A.			
	<i>Gouvernement général du Congo belge. — Service des Mines. — Rapport annuel. — L'industrie minière du Congo belge et du Ruanda-Urundi en 1950</i>	II	254
VANPEE, M.			
	<i>Le domaine d'inflammation du méthane aux basses pressions</i>	II	173
	(En collaboration avec G. FALLY.)		
	<i>Contribution à l'étude de la combustion du méthane</i>	V	630
	(En collaboration avec J. SAMAIN.)		
WARZEE, J.			
	<i>Le recarrage d'un puits de mine pendant le poste d'extraction</i>	V	691



