

SERVICE DES ACCIDENTS MINIERS ET DU GRISOU

EMPLOI DES EXPLOSIFS

DANS LES MINES DE HOUILLE DE BELGIQUE

pendant l'année 1897.

Statistique comparative dressée d'après les documents officiels

SUIVIE D'UNE NOTE SUR

LES EXPLOSIFS DE SURETÉ

PAR

VICTOR WATTEYNE

Ingénieur principal Directeur des Mines, à Bruxelles

ET

LUCIEN DENOËL

Ingénieur au Corps des Mines, à Bruxelles.

[313 : 62223(493)]

Le travail que nous présentons aujourd'hui, et qui est relatif à l'emploi des explosifs dans les mines de houille de Belgique pendant l'année 1897, fait suite à ceux publiés précédemment par l'un de nous ⁽¹⁾ sur le même sujet pour les années 1888, 93, 94 et 95.

Le règlement du 13 décembre 1895, se rapportant précisément à l'emploi des explosifs, a une grande importance pour le sujet

⁽¹⁾ Voir *Annales des Mines de Belgique*, t. I, 1896, pages 552 et suivantes et 585 et suivantes.

qui nous occupe. Comme il comportait notamment un nouveau classement pour les mines à grisou, il a nécessairement exigé un certain temps avant d'être mis en pleine application.

Il en résulte que l'année 1896 a été tout entière une année de transition pendant laquelle les effets du nouveau règlement ne pouvaient se faire sentir que çà et là et partiellement.

La statistique pour cette année, en supposant qu'elle ait pu être dressée d'une façon exacte, ce qui est douteux dans l'état provisoire où se trouvaient les mines sous le rapport du classement, n'aurait ainsi eu aucune signification.

Nous passerons donc, dans notre comparaison, de l'année 1895 qui précédait l'apparition du nouveau règlement à l'année 1897 où son application est entrée en vigueur dans toutes les mines.

EMPLOI DES EXPLOSIFS
DANS LES MINES DE HOUILLE DE BELGIQUE
pendant l'année 1897

TABLEAUX DE RÉCAPITULATION
ET
TABLEAUX COMPARATIFS

EMPLOI DES EXPLOSIFS DANS LES MINES

TABLEAU

GROUPE DE MINES OU BASSINS HOUILLERS. 1	NOMBRE DE SIÈGES d'extraction en activité. 2	CHARBON extrait T ^x 3	PROPORTION EN K ^{ES} D'EXPLOSIFS			
			COUPAGE ET RECARRAGE DES VOIES			
			Poudre noire et autres explosifs à action lente. 4	Dynamites et autres explosifs brisants, à l'exception de ceux dits de sûreté. 5	Explosifs dits de sûreté. 6	Explosifs de toute espèce 7

MINES NOIRES

Couchant de Mons	5	438,630	13,704 ⁽²⁾	31	»	»	13,704
Centre	18	1,523,300	49,262	32	2,819	816	52,897
Charleroi	15	1,274,480	46,287	36	4,773		51,060
Namur	8	48,960	1,041	21	2,261		3,302
Liège	5	83,410	3,421	41	1,663		5,084
Le Royaume	51	3,368,780	113,715	34	11,516	816	126,047

MINES A GRISOU DE

Couchant de Mons	8	822,880	9,505	11	2,587	4,819	16,911
Centre	17	1,572,370	32,774	21	4,970	4,530	42,274
Charleroi	23	2,096,720	13,972	7	29,285	8,391	51,648
Namur	5	379,420	6,668	18	10,052	60	16,780
Liège	19	1,288,610	51,372	40	9,038	1,298	61,708
Le Royaume	72	6,160,000	114,291	19	55,932	19,098	189,321

(1) Les chiffres de cette colonne sont obtenus en multipliant les nombres représentant les quantités d'explosifs extraits (colonne 7) par ceux représentant en mètres les ouvertures moyennes des couches exploitées.

(2) Les nombres en petits chiffres placés dans les diverses colonnes, au dessus et à gauche des nombres principaux, sont des coefficients de correction.

HOUILLE PENDANT L'ANNÉE 1897.

CAPITULATION.

CONSOMMÉS PAR 1000 T^x DE CHARBON EXTRAIT

TRAVAUX paratoires de 1 ^{er} classe ^t .	ABATAGE DE LA HOUILLE — Explosifs de toute espèce.	TOUS LES TRAVAUX				COUCHES EXPLOITÉES		DENSITÉ DU MINAGE AU COUPAGE DES VOIES.
		Poudre noire et autres explosifs à action lente.	Dynamites et autres explosifs brisants, à l'exception de ceux dits de sûreté.	Explosifs dits de sûreté.	Explosifs de toute espèce.	NOMBRE.	OUVERTURE totale en mètres.	
8	9	10	11	12	13	14	15	16

GRISOUTEUSES

74	3,637	21,863	152	22,015					
11	9	50	»	50	21	0,72	22		
19	12,631	79,792	3,775	84,947	1,380				
13	8	53	2	56	82	0,84	29		
40	102,254	163,613	5,938	169,554	3				
13	81	129	5	134	51	0,84	34		
57	3,559	4,655	2,263	6,918					
1	73	95	46	141	9	0,90	60		
02	1,517	8,542	2,061	10,603					
48	18	102	24	126	8	0,53	32		
92	123,598	278,465	14,189	294,037	1,383				
13	37	83	4	87	171	0,81	30		

CATEGORIE (peu grisouteuses)

63	3,329	15,897	5,599	6,807	28,303				
10	4	19	7	8	34	55	0,91	15	
27	650	46,729	7,196	5,626	59,551				
11	»	30	5	3	38	95	0,80	22	
09	11,407	40,752	38,734	14,878	94,364				
15	5	20	18	7	45	89	0,93	23	
62	1,050	9,727	17,665	100	27,492				
25	3	26	46	»	72	14	0,91	40	
69	15,432	89,272	15,639	1,298	106,209				
22	12	69	12	1	82	86	0,71	34	
30	31,868	202,377	84,833	28,709	315,919				
15	5	33	14	4	51	339	0,81	25	

* d'explosifs de toute espèce consommés pour le coupage des voies par 1000 tonnes de charbon (colonne 15).

Les chiffres principaux représentent les quantités totales d'explosifs consommés.

EMPLOI DES EXPLOSIFS DANS LES MINES

TABLEAU

GROUPES DE MINES OU BASSINS HOUILLERS.	NOMBRE DE SIÈGES d'extraction en activité.	CHARBON extrait Tx	PROPORTION EN K ^g D'EXPLOSIFS			
			COUPAGE ET RECARRAGE DES VOIES			
			Poudre noire et autres explosifs à action lente.	Dynamites et autres explosifs brisants, à l'exception de ceux dits de sûreté.	Explosifs dits de sûreté.	Explosifs de toute espèce
1	2	3	4	5	6	7

MINES A GRISOU DE LA 2^e CAT

Couchant de Mons	20 (11 en partie)	1,166,870	3,595	3	1,460	1	16,391	14	21,446
Centre	3	281,420	712	»	1,859	7	441	1	2,300
Charleroi	39 (26 en partie)	2,379,990	406	»	31,674	13	13,528	6	45,914
Namur	1 (en partie)	65,200	24,183	6	768	12	90	1	1,264
Liège	29 (5 en partie)	2,370,100	442	10	22,265	10	13,801	6	60,249
Le Royaume	92 (43 en partie)	6,265,580	28,896	5	58,026	9	44,251	7	131,173

MINES A GRISOU DE LA 2^e CAT

Couchant de Mons	16 (11 en partie)	906,960	»	»	30	»	10,618	12	10,648
Centre	»	»	»	»	639	»	647	»	1,286
Charleroi	30 (26 en partie)	1,220,080	442	»	43	1/2	16	1/2	59
Namur	1	40,000	442	»	2,601	1	2,191	»	5,234
Liège	20 (5 en partie)	1,793,950	442	»	2,601	2	2,191	1	5,234
Le Royaume	67	3,960,990	442	»	3,313	1	13,472	3	17,227

MINES A GRISOU DE LA 3^e CAT

Couchant de Mons	19	1,009,850	»	»	503	1/2	2,090	2	2,593
Charleroi	7	727,880	»	»	»	»	»	»	»
Le Royaume	26	1,737,730	»	»	503	»	2,090	1	2,593

LE HOUILLE PENDANT L'ANNÉE 1897.

RÉCAPITULATION.

CONSOMMÉS PAR 1000 T ^x DE CHARBON EXTRAIT						COUCHES EXPLOITÉES		DENSITÉ DU MINAGE AU COUPAGE DES VOIES.
TRAVAUX préparatoires et de 1 ^{er} établissement.	ABATAGE DE LA HOUILLE	TOUS LES TRAVAUX.				NOMBRE.	OUVERTURE totale en mètres.	
Explosifs de toute espèce.	Explosifs de toute espèce.	Poudre noire et autres explosifs à action lente.	Dynamites et autres explosifs brisants, à l'exception de ceux dits de sûreté.	Explosifs dits de sûreté.	Explosifs de toute espèce.			
8	9	10	11	12	13	14	15	16

PROVENCE Couches de la classe A (moyennement grisouteuses).

9,574	188	6,004	5,265	19,939	31,208				
8	»	5	4	17	26	92	0,60	11	
4,843	»	»	6,040	1,103	7,143	25	11	0,93	8
17	»	»	52,399	16,799	79,191	33	135	0,80	15
3,277	»	9,993	4	22	7	36	2	0,67	13
14	»	591	1,621	140	2,352	36	2	0,67	13
1,088	»	9	25	2	36	2	0,67	13	
17	»	51,348	36,532	20,659	108,539	46	108	0,80	20
8,290	»	22	15	9	46	108	0,80	20	
20									
7,072	188	67,936	101,857	58,640	228,433	37	348	0,75	16
16	»	11	16	10					

PROVENCE Couches de la classe B (fort grisouteuses).

8,340	»	»	4,725	14,263	18,988				
9	»	»	5	16	21	37	0,79	9	
»	»	»	»	»	»	»	»	»	
13,337	»	742	9,691	4,190	14,623	12	34	1,20	1
11	»	1	8	3	12	34	1,20	1	
672	»	113	571	47	731	18	2	1,09	1
17	»	3	14	1	18	2	1,09	1	
18,701	»	6,354	8,028	9,553	23,935	13	68	1,07	3
10	»	4	4	5	13	68	1,07	3	
11,050	»	7,209	23,015	28,053	58,277	15	141	1,00	4
11	»	2	6	7	15	141	1,00	4	

PROVENCE (à dégagements instantanés de grisou).

12,846	»	»	4,704	10,735	15,439				
13	»	»	5	10	15	57	0,82	2	
5,468	»	1,913	2,205	1,350	5,468	8	29	1,10	0
8	»	3	3	2	8	29	1,10	0	
18,314	»	1,913	6,909	12,085	20,907	12	86	0,93	1
11	»	1	4	7	12	86	0,93	1	

EMPLOI DES EXPLOSIFS D

Tableau comparatif entre

GROUPES DE MINES OU BASSINS HOUILLERS. — ANNÉES. 1	NOMBRE DE SIÈGES d'extraction en activité. 2	CHARBON extrait Tx 3	PROPORTION EN Kg ^s D'EXPLOSIFS PC			
			COUPAGE ET RECARRAGE DES VOIES			
			Poudre noire et autres explosifs à action lente 4	Dynamites et autres explosifs brisants, à l'exception de ceux dits de sûreté. 5	Explosifs dits de sûreté. 6	Explosifs de toute espèce 7

MINES NON

Couchant de Mons ou Borinage.	1895	6	564.140	24	2	»	26
	1897	5	438.630	31	»	»	31
	Diff. en 1897 en + ou en -			+ 7	- 2		+ 5
Centre	1895	22	2.200.400	30	»	»	30
	1897	18	1.523.300	32	2	1	35
	Diff. en 1897 en + ou en -			+ 2	+ 2	»	+ 5
Charleroi.	1895	18	1.400.080	36	1	»	37
	1897	15	1.274.480	36	4	»	40
	Diff. en 1897 en + ou en -			0	+ 3	»	+ 3
Namur.	1895	8	70.890	14	16	»	30
	1897	8	48.960	21	46	»	67
	Diff. en 1897 en + ou en -			+ 7	+ 30		+ 37
Liège.	1895	5	80.660	43	15	»	58
	1897	5	83.410	41	19	»	60
	Diff. en 1897 en + ou en -			- 2	+ 4	»	+ 2
Le Royaume.	1895	59	4.316.170	31	1	»	32
	1897	51	3.368.780	34	3	»	37
	Diff. en 1897 en + ou en -			+ 3	+ 2	»	+ 5

LES MINES DE HOUILLE

années 1895 et 1897.

CONSOMMÉS PAR 1000 T ^x DE CHARBON EXTRAIT						COUCHES EXPLOIÉES		DENSITÉ DU MINAGE AU COUPAGE DES VOIES.
TRAVAUX Comparatifs de 1 ^{er} blissement.	ABATAGE DE LA HOUILLE.	TOUS LES TRAVAUX.				NOMBRE.	Ouverture totale en mètres.	
Explosifs de toute espèce.	Explosifs de toute espèce.	Poudre noire et autres explosifs à action lente.	Dynamites et autres explosifs brisants, à l'exception de ceux dits de sûreté.	Explosifs dits de sûreté.	Explosifs de toute espèce.			14
8	9	10	11	12	14	14	15	16

RISQUEUSES

12	5	37	6	»	43	33	0,70	18
11	9	50	»	»	50	21	0,72	22
- 1	+ 4	+ 13	- 6	»	+ 7			+ 3
8	7	44	1	»	45	99	0,84	25
13	8	53	2	1	56	82	0,84	29
+ 5	+ 1	+ 9	+ 1	+ 1	+ 11			+ 4
13	67	115	2	»	117	59	0,88	33
13	81	129	5	»	134	51	0,84	34
0	+ 14	+ 14	+ 3	»	+ 17			+ 1
11	43	38	46	»	84	9	1,08	32
1	73	95	46	»	141	9	0,90	60
- 10	+ 30	+ 57	0	»	+ 57			+ 28
16	23	82	15	»	97	7	0,55	32
48	18	102	24	»	126	8	0,53	32
- 32	- 5	+ 20	+ 9		+ 29	»	»	0
10	27	66	3	»	69	207	0,83	27
13	37	83	4	»	87	171	0,81	30
+ 3	+ 10	+ 17	+ 1		+ 18			+ 3

EMPLOI DES EXLOSIFS D

Tableau comparatif entr

GROUPES DE MINES OU BASSINS HOUILLERS — ANNÉES.	NOMBRE DE SIÈGES d'extraction en activité.	CHARBON extrait Tx	PROPORTION EN Kg ^s D'EXPLOSIF			
			COUPAGE ET RECARRAGE DES VOIES			
			Poudre noire et autres explosifs à action lente.	Dynamites et autres explosifs brisants, à l'exception de ceux dits de sûreté.	Explosifs dits de sûreté.	Explosifs de toute espèc
1	2	3	4	5	6	7

MINES A GRISOU D

Couchant de Mons ou Borinage.	1895	11	882.930	19	4	2	25
	1897	8	822.880	11	3	6	20
	Diff. en 1897 en + ou en -			- 8	- 1	+ 4	- 5
Centre.	1895	10	837.880	21	4	2	27
	1897	17	1.572.370	21	3	3	27
	Diff. en 1897 en + ou en -			0	- 1	+ 1	0
Charleroi.	1895	24	2.214.820	16	12	3	31
	1897	23	2.096.720	7	14	4	25
	Diff. en 1897 en + ou en -			- 9	+ 2	+ 1	- 6
Namur.	1895	3	240.300	15	12	1	28
	1897	5	379.420	18	26	»	44
	Diff. en 1897 en + ou en -			+ 3	+ 14	- 1	+ 16
Liège.	1895	21	1.041.614	45	7	»	52
	1897	19	1.288.610	40	7	1	48
	Diff. en 1897 en + ou en -			- 5	0	+ 1	- 4
Le Royaume.	1895	69	5.217.044	23	8	2	33
	1897	70	6.160 000	19	9	3	31
	Diff. en 1897 en + ou en -			- 4	+ 1	+ 1	- 2

LES MINES DE HOUILLE

les années 1895 et 1897.

CONSOMMÉS PAR 1000 T^x DE CHARBON EXTRAIT UR

TRAVAUX préparatoires et de 1 ^{er} établissement. — Explosifs de toute espèce.	ABATAGE DE LA HOUILLE — Explosifs de toute espèce.	TOUS LES TRAVAUX.				COUCHES EXPLOITÉES.		DENSITÉ DU MINAGE AU COUPAGE DES VOIES.
		Poudre noire et autres explosifs à action lente.	Dynamites et autres explosifs brisants, à l'exception de ceux dits de sûreté.	Explosifs dits de sûreté.	Explosifs de toute espèce.	NOMBRE.	Ouverture totale en mètres.	
8	9	10	11	12	13	14	15	16

LA 1^{re} CATEGORIE

10	2	27	8	2	37	61	0,71	18
10	4	19	7	8	34	55	0,91	15
»	+ 2	— 8	— 1	+ 6	— 3			— 3
20	»	34	9	4	47	55	0,87	24
11	»	30	5	3	38	95	0,80	22
— 9	»	— 4	— 4	— 1	— 9			— 2
12	5	27	16	5	48	103	0,95	29
15	5	20	18	7	45	89	0,93	25
+ 3	0	— 7	+ 2	+ 2	— 3			— 6
28	12	40	25	3	68	11	0,96	27
25	3	26	46	»	72	14	0,91	40
— 3	— 9	— 14	+ 21	— 3	+ 4			+ 13
19	25	87	9	»	96	73	0,71	37
22	12	69	12	1	82	86	0,71	34
+ 3	— 13	— 18	+ 3	+ 1	— 14			— 3
15	8	41	12	3	56	303	0,83	27
15	5	33	14	4	51	339	0,81	25
0	— 3	— 8	+ 2	+ 1	— 5			— 2

EMPLOI DES EXPLOSIFS DA

Tableau comparatif entre

GROUPE DE MINES ou BASSINS HOUILLERS. — ANNÉES 1	NOMBRE DE SIÈGES d'extraction en activité. 2	CHARBON extrait. T ^r 3	Proportion en k ^{es} d'explo			
			PO			
			Coupage et recarrage des voies			
			4	5	6	7
			Poudres noires et autres explosifs à action lente.	Dynamites et autres explosifs brisants, à l'exception de ceux dits de sûreté.	Explosifs dits de sûreté.	Explosifs de toute espèce.

MINES A GRISOU DE

Couchant de Mons ou Borinage.	1895	25	1.987.990	1	4	9	14
	1897 { A B	20 } 25 16 } 25	1.166.870 } 906.960 } 2.073.830	3 } 0 } 2	1 } " } 1	14 } 12 } 13	18 } 12 } 16
	Diff. en 1897 en + ou en -			+ 1	- 3	+ 4	+ 2
Centre.	1895	3	200.550	4	7	18	18
	1897 (A)	3	281.420	"	"	1	8
	Diff. en 1897 en + ou en -			"	+ 7	- 17	- 10
Charleroi.	1895	41	3.220.600	8	6	1	15
	1897 { A B	39 } 43 30 } 43	2.379.990 } 1.220.080 } 3.600.070	" } " } 0	13 } 1/2 } 9	6 } 1/2 } 4	19 } 1 } 13
	Diff. en 1897 en + ou en -			- 8	+ 3	+ 3	- 2
Namur.	1895	4	205.700	8	8	1	17
	1897 { A B	1 } 1 1 } 1	65.200 } 40.000 } 105.200	6 } 0 } 4	12 } 1 } 7	1 } " } 1	19 } 1 } 12
	Diff. en 1897 en + ou en -			- 4	- 1	0	- 5
Liège.	1895	44	3.926.010	17	2	0	19
	1897 { A B	29 } 44 20 } 44	2.370.100 } 1.793.950 } 4.164.050	10 } " } 6	10 } 2 } 6	6 } 1 } 4	26 } 3 } 16
	Diff. en 1897 en + ou en -			- 11	+ 4	+ 4	- 3
Le Royaume.	1895	117	9.540.850	10	3	3	16
	1897 { A B	92 } 116 67 } 116	6.263.580 } 3.960.990 } 10.224.570	5 } " } 3	9 } 1 } 6	7 } 3 } 5	21 } 4 } 14
	Diff. en 1897 en + ou en -			- 7	+ 3	+ 2	- 2

LES MINES DE HOUILLE

les années 1895 et 1897.

sifs consommés par 1000 Tx de charbon extrait

UR

Travaux préparatoires et de 1 ^{er} établissement. 8	Explosifs de toute espèce. 9	TOUS LES TRAVAUX					COUCHES EXPLOITÉES		DENSITÉ DU MINAGE AU COUPAGE DES VOIES 16
		Abatage de la houille. Explosifs de toute espèce. 9	Poudre noire et autres explosifs à action lente. 10	Dynamites et autres explosifs brisants, à l'exception de ceux dits de sûreté. 11	Explosifs dits de sûreté. 12	Explosifs de toute espèce. 13	NOMBRE. 14	OUVERTURE totale en mètres. 15	

LA 2^e CATÉGORIE

8	8	"	1	7	14	22	126	0,73	10
9	9	"	3	5	17	26	92	0,60	11
		"	0	5	16	21	37	0,79	9
+ 1	"	"	+ 2	- 2	+ 3	+ 3			0
41	"	"	"	6	53	59	8	1,26	23
17	"	"	"	21	4	25	11	0,93	8
- 24	"	"	"	+ 15	- 49	- 34			- 15
14	12	"	16	9	2	27	152	0,91	14
11	13	"	3	22	7	33	135	0,80	15
		"	1	8	3	12	34	1,20	1
+ 1	"	"	- 13	+ 8	+ 4	- 1			- 2
17	19	23	40	18	1	59	8	0,91	15
17	17	0	7	25	2	36	2	0,67	13
			3	14	1	18	2	1,09	1
- 2	- 23	- 33	- 33	+ 3	0	- 30			- 4
20	16	"	30	4	1	35	169	0,94	18
10	16	"	14	15	9	46	108	0,80	20
		"	4	4	5	13	68	1,07	3
0	"	"	- 16	+ 7	+ 6	- 3			- 4
16	14	"	19	6	5	30	463	0,88	14
11	14	"	7	16	10	37	348	0,75	16
		"	2	6	7	15	141	1,00	4
0	"	"	- 12	+ 6	+ 4	- 2			- 2

EMPLOI DES EXPLOSIFS DA

Tableau comparatif entre

GROUPES DE MINES OU BASSINS HOUILLERS. — ANNÉES.	NOMBRE DE SIÈGES d'extraction en activité.	CHARBON extrait Tx	PROPORTION EN K ^g s D'EXPLOSIFS			
			COUPAGE ET RECARRAGE DES VOIES			
			Poudre noire et autres explosifs à action lente.	Dynamites et autres explosifs brisants, à l'exception de ceux dits de sûreté.	Explosifs dits de sûreté.	Explosifs de toute espèce.
1	2	3	4	5	6	7

MINES A GRISOU DE

Couchant de Mons ou Borinage.	1895	16	849.390	»	»	5	5
	1897	19	1.009.850	»	1/2	2	2
	Diff. en 1897 en + ou en —			»	+ 1/2	— 3	— 3
Charleroi.	1895	6	534.100	»	»	»	»
	1897	7	727.880	»	»	»	»
	Diff. en 1897 en + ou en —			»	»	»	»
Le Royaume.	1895	22	1.383.490	»	»	3	3
	1897	26	1.737.730	»	»	1	1
	Diff. en 1897 en + ou en —			»	»	— 2	— 2

LES MINES DE HOUILLE

les années 1895 et 1897.

CONSOMMÉS PAR 1000 T^x DE CHARBON EXTRAIT

TRAVAUX préparatoires et de 1 ^{er} établissement. — Explosifs de toute espèce.	ABATAGE DE LA HOUILLE — Explosifs de toute espèce.	TOUS LES TRAVAUX				COUCHES EXPLOITÉES		DENSITÉ DU MINAGE AU COUPAGE DES VOIES
		Poudre noire et autres explosifs à action lente.	Dynamites et autres explosifs risants, à l'exception de ceux dits de sûreté.	Explosifs dits de sûreté.	Explosifs de toute espèce.	NOMBRE.	Ouverture totale en mètres.	
8	9	10	11	12	13	14	15	16

A 3^e CATÉGORIE

16	»	»	7	14	21	48	0,91	5
13	»	»	5	10	15	57	0,82	2
— 3	»	»	— 2	— 4	— 6			— 3
11	»	4	3	4	11	21	0,93	0
8	»	3	3	2	8	29	1,10	0
— 3	»	— 1	0	— 2	— 3			»
15	»	2	6	10	18	69	0,92	3
11	»	1	4	7	12	86	0,93	1
— 4	»	— 1	— 2	— 3	— 6			— 2

Il va de soi que les conséquences de l'application du règlement du 13 décembre 1895 devaient se traduire, dans la statistique, par une réduction des chiffres concernant la consommation en explosifs dans les mines grisouteuses et surtout dans les mines de 3^e catégorie et dans les couches B des mines de la 2^e catégorie.

Cette réduction devait se porter principalement sur les chiffres indiquant la consommation en poudre noire.

Un coup d'œil jeté sur les tableaux comparatifs, et notamment sur les tableaux 3 et 4 relatifs aux mines de 2^e et de 3^e catégorie, permet de constater qu'il en a bien été ainsi.

A la vérité, dans le tableau récapitulatif qui concerne les mines de la 2^e catégorie, on constate que, dans le Couchant de Mons, la quantité d'explosifs consommés pour le coupage des voies par 1000 tonnes extraites s'est, pour l'ensemble des mines de la 2^e catégorie, élevée de 14 kilogr. en 1895 à 16 kilogr. en 1897. Mais il y a lieu de remarquer que des mines jadis classées en 1^{re} catégorie, l'ont été cette fois dans la 2^e catégorie A avec diverses dispenses pour ce qui concerne l'emploi des explosifs. Il y a eu aussi quelques couches de moindre ouverture exploitées, ce qui fait que la *densité du minage* est restée sensiblement la même.

Dans tous les autres bassins où, dans nos statistiques précédentes, nous n'avions pas à constater des réductions sensibles dans l'emploi des explosifs, la diminution a été, cette fois, générale.

Même dans les mines à grisou de la 1^{re} catégorie il y a eu diminution, bien que d'assez nombreuses mines fort peu grisouteuses, classées précédemment comme sans grisou, aient été récemment introduites dans cette catégorie, moyennant plusieurs tolérances pour l'emploi des explosifs.

Dans les mines de 3^e catégorie, bien que le nombre de sièges d'extraction qui s'y trouvent ait été augmenté, la diminution a été générale et importante et la consommation en explosifs pour le coupage des voies y est tombée, pour l'ensemble du pays, à un kilogramme par 1000 tonnes extraites.

Nous donnons ci-dessous un tableau récapitulatif où l'on trouvera, pour les années 1893, 1894, 1895 et 1897, les chiffres indiquant la *densité du minage* (1).

(1) Nous rappelons que ce terme est le produit du nombre représentant en mètres l'ouverture totale des couches, par celui représentant le nombre de kilogrammes d'explosifs de toute espèce employés pour le coupage des voies par 1000 tonnes extraites.

Ce terme donnant, sinon exactement du moins approximativement, la mesure de l'intensité plus ou moins grande de l'emploi du minage par rapport au cube de roches à abattre pour le coupage des voies, on pourra ainsi se rendre compte, par un seul coup d'œil, des progrès accomplis dans ces derniers temps et de l'influence décisive exercée par le règlement de 1895.

Densité du minage au coupage des voies

		Années	1893	1894	1895	1897
Mines non grisouteuses	Couchant de Mons	—	17	18	18	22
	Centre	—	20	27	25	29
	Charleroi	—	44	43	33	34
	Namur	—	26	33	32	60
	Liège	—	35	32	32	32
	Le Royaume	—	27	30	27	30
Mines à grisou de la 1 ^{re} catégorie	Couchant de Mons	—	19	16	18	15
	Centre	—	24	14	24	22
	Charleroi	—	33	31	29	23
	Namur	—	29	26	27	40
	Liège	—	35	36	37	34
	Le Royaume	—	29	26	27	25
Mines à grisou de la 2 ^e catégorie	Couchant de Mons	—	14	11	10	10
	Centre	—	11	13	23	8
	Charleroi	—	17	17	14	12
	Namur	—	22	12	15	11
	Liège	—	17	17	18	14
	Le Royaume	—	17	15	14	12
Mines à grisou de la 3 ^e catégorie	Couchant de Mons	—	8	6	5	2
	Charleroi	—	1	0	0	0
	Le Royaume	—	5	4	3	1

L'influence du règlement du 13 décembre 1895 a aussi été très marquée sous le rapport de la qualité des explosifs employés. Les poudres lentes ont, bien plus qu'elles ne l'avaient fait précédemment, cédé la place aux explosifs brisants et à ceux dits de sûreté.

On sait que le règlement de 1895 n'a fait aucune mention explicite de cette dernière catégorie d'explosifs.

Cependant, comme l'un de nous l'a fait remarquer dans l'analyse du dit règlement, faite à propos de la dernière statistique des explosifs, la préférence à accorder aux explosifs de sûreté y est implicitement contenue et le fait prévu en ces termes (1) : " Ce sont les explosifs de cette dernière catégorie et non les explosifs brisants ordinaires que les directeurs prudents emploieront dans les chantiers grisouteux où ils n'auront pu supprimer entièrement l'emploi des explosifs... „ s'est réalisé dans une assez large mesure.

Le tableau suivant, qui fait suite à celui donné dans la statistique précédente indique les quantités totales d'explosifs des diverses catégories employées depuis 1893 pour tous les travaux.

(1) Voir *Annales des Mines de Belgique*, t. I, p. 593.

Quantités (en kilos) d'explosifs consommés pour tous les travaux dans les mines de houille de Belgique pendant les années 1893, 1894, 1895 et 1897.

	POUDRES LENTES				EXPLOSIFS BRISANTS				EXPLOSIFS DITS DE SURETÉ				EXPLOSIFS DE TOUTE ESPÈCE			
	1893	1894	1895	1897	1893	1894	1895	1897	1893	1894	1895	1897	1893	1894	1895	1897
Mines sans grisou. . .	319,919	288,953	287,980	278,465	11,425	18,686	12,473	14,189	5,275	37	"	1,383	336,619	307,676	300,453	294
Mines à grisou de la 1 ^{re} catég.	242,307	220,695	213,359	202,377	47,923	62,302	64,811	84,833	21,457	13,410	18,255	28,709	311,687	296,407	296,425	315
Mines à grisou de la 2 ^e catég. {	196,035	185,681	180,111	67,936	56,446	76,422	65,854	101,857	59,127	46,692	48,734	58,640	311,608	308,225	295,269	228
Mines à grisou de la 2 ^e catég. {				7,209				23,015				28,053				58
Mines à grisou de la 3 ^e catég.	4,202	3,825	2,324	1,913	11,168	8,305	8,163	6,909	12,493	14,864	13,797	12,085	27,863	26,994	24,284	20
Toutes les mines . . .	762,463	698,584	684,344	557,900	126,962	165,715	151,301	230,803	98,352	75,003	80,786	128,870	987,777	939,302	916,431	917
Production tonnes . . .	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	19,411,000	20,535,000	20,458,000	21,492
Quantités (en kilos) d'explosifs consommés par 1000 tonnes extraites	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	51	48	45	43

Si nous réunissons, comme il a été fait précédemment (1), sous une même rubrique, les explosifs dits de sûreté avec ceux dénommés simplement explosifs brisants, nous obtenons dans le tableau ci-dessous, pour les diverses années considérées depuis 1893, la proportion de ces explosifs employée pour tous travaux, par rapport à la consommation totale.

(1) *Annales des Mines de Belgique*, t. I, p. 589.

		Quantité en kg. d'explosifs brisants et de sûreté consommés pour tous travaux.	Proportion % de la consommation totale d'explosifs.
1893	Mines non grisouteuses.	16.700	5
	Mines à grisou de la 1 ^{re} catég.	69.380	22
	" 2 ^e "	115.573	37
	" 3 ^e "	28.661	85
	Toutes les mines.	225.314	23
1894	Mines non grisouteuses.	18.723	6
	Mines à grisou de la 1 ^{re} catég.	75.712	25
	" 2 ^e "	123.114	40
	" 3 ^e "	23.169	85
	Toutes les mines.	240.718	26
1895	Mines non grisouteuses.	12.473	4
	Mines à grisou de la 1 ^{re} catég.	83.066	28
	" 2 ^e "	114.588	39
	" 3 ^e "	21.960	90
	Toutes les mines.	232.087	25
1897	Mines non grisouteuses.	15.572	5
	Mines à grisou de la 1 ^{re} catég.	113.542	36
	" 2 ^e " } A.	160.497	70
	" 2 ^e " } B.	51.068	88
	" 3 ^e "	18.994	91
	Toutes les mines.	359.673	39

La diminution relative de l'emploi de la poudre noire pour les travaux les plus dangereux des mines grisouteuses se révèle mieux encore par le relevé ci-dessous, où la comparaison est faite entre l'année 1895 et l'année 1897 sous le rapport de la proportion relative de poudre noire consommée *pour le coupage des voies seulement*, par rapport à la consommation totale, pour cet usage, d'explosifs de toute espèce.

	Proportion de poudre noire consommée, par rapport à la consommation totale en explosifs.	
	en 1895	en 1897
Mines non grisouteuses	95 %	90 %
Mines grisouteuses 1 ^{re} catégorie.	68 %	61 %
" " 2 ^e " { A	62 %	22 %
" " " { B		2 1/2 %
" " 3 ^e "	0	0

Il résulte de ce tableau qu'alors qu'en 1895 la proportion d'explosifs lents utilisés pour le coupage des voies était, pour les mines à grisou de 2^e catégorie, dans l'ensemble du pays, de 62 %, elle n'a plus été en 1897 que de 20 % ; et, si l'on considère séparément les couches de la classe B, elle n'y a plus été que de 2 1/2 %. Il y a donc eu, sous ce rapport, un progrès très considérable.

Voici, énumérés par ordre d'importance de leur emploi, quels sont les explosifs classés sous les diverses rubriques.

1. — Explosifs lents.

La poudre noire, la pudrolite, la néoclastite et la lithotrite.

2. — Explosifs brisants.

a) *La dynamite, la dynamite gomme, la gélatine explosible, la forcite, la gélinite, la colinite et la mélanite.*

b) *Les explosifs Favier I et III, la nitroferrite n° 2, la tritorite, la veltérine n° I, la bellite et la sécurite.*

Les explosifs brisants classés sous la catégorie b, sont ceux qui contenant une proportion plus ou moins forte de nitrate d'ammo-

niaque, présentent une sécurité relative déjà plus grande que ceux de la rubrique *a* ; quelques-uns d'entre eux sont même reconnus officiellement en Angleterre, comme explosifs de sûreté.

Ils entrent pour une proportion plus ou moins forte suivant les régions, dans la consommation en explosifs brisants : pour 1 % dans le Couchant de Mons (où prédomine d'ailleurs l'emploi des explosifs dont le caractère de sûreté est mieux établi), pour 26 % dans le Centre, pour 24 % à Charleroi, pour 21 % à Namur et pour 30 % à Liège.

3. — *Explosifs dits de sûreté.*

L'*antigrisou Favier n° 2*, la *grisoutite*, les *grisoutines* (*dynamites de sûreté, forcites antigrisouteuses* ou *gélamines à l'ammoniaque*) contenant au moins 70 % de nitrate d'ammoniaque (parmi lesquels la *fractorite*, la *gélignite à l'ammoniaque*, et le *Flammivore*), la *nitroferrite n° 1* et la *Dahménite A* ou *Victorite*.

Nous reviendrons plus loin sur la question si importante et si discutée des explosifs de sûreté.

Ainsi qu'il a été fait dans les statistiques antérieures, nous ne donnons dans cet ouvrage que les tableaux d'ensemble par région minière, les tableaux de détail par charbonnage n'étant pas livrés à la publicité (1).

Nous extrairons cependant de ces derniers quelques chiffres se rapportant aux consommations minimum d'explosifs dans les diverses régions minières.

COUCHANT DE MONS.

Nous avons de nouveau à signaler la Société des charbonnages unis de l'Ouest de Mons, qui a, tant pour ses puits de *Bois de Boussu* (2^e catégorie A et B) que pour ceux de *Belle Vue* (3^e catégorie), supprimé radicalement l'emploi des explosifs pour l'opération du coupage des voies.

(1) Nous rappellerons que les données au moyen desquelles nous avons pu dresser tous ces tableaux ont été recueillies et groupées avec le plus grand soin par MM. les Ingénieurs en chef Directeurs des divers arrondissements miniers.

La Compagnie des Charbonnages belges pour ses mines de l'*Agrappe* (3^e catégorie) et de l'*Escouffiaux* (3^e catégorie) et le charbonnage du *Bois de Saint Ghislain* (3^e catégorie) ont des consommations très faibles.

Voici d'ailleurs les charbonnages de cette région minière où la densité du minage est restée moyennement en dessous de 10 en 1897.

MINES	DENSITÉ DU MINAGE.
Belle Vue (3 ^e catégorie)	0
Bois de Boussu (2 ^e catégorie A et B)	0
Bois de Saint-Ghislain (3 ^e catégorie)	1
Agrappe (3 ^e catégorie)	1
Escouffiaux (3 ^e catégorie)	3
Grand Bouillon (3 ^e catégorie)	5
Grande Chevalière de Dour (3 ^e catégorie)	8
Grande Machine à feu de Dour (2 ^e catégorie A et B)	9
Rieu du Cœur (2 ^e catégorie A et B)	9

CHARLEROI.

Dans la région de Charleroi, 4 charbonnages ont supprimé ou réduit à une proportion insignifiante l'emploi des explosifs pour le coupage des voies ; ce sont : *Marcinelle-Nord* (2^e et 3^e catégories), *Beaulieusart* (3^e catégorie), *Bois de La Haye* (2^e et 3^e catégories), déjà signalés précédemment, puis plus récemment *Sacré-Madame* (2^e catégorie A et B).

Les charbonnages suivants ont aussi des chiffres inférieurs à 10 pour la densité du minage.

	Densité.
<i>Marchienne</i> (2 ^e catégorie A et B)	7
<i>Bayemont</i> (2 ^e catégorie A et B)	8
<i>Petit Try</i> (1 ^{re} catégorie)	8
<i>Charleroi</i> (2 ^e catégorie A et B)	9

LIÈGE.

Les charbonnages de *Marihaye* (2^e catégorie B) et des *Six Bonniers* (2^e catégorie B) continuent à ne plus faire usage d'explosifs pour le coupage des voies et dans une proportion très faible pour les autres travaux.

Les charbonnages suivants ont aussi des chiffres en dessous de 10 pour la densité de minage.

	Densité.
<i>Bois d'Avroy</i> (2 ^e catégorie B)	2
<i>Cockerill</i> (2 ^e catégorie B)	4
<i>Sarts Berleur</i> (2 ^e catégorie A)	5
<i>Ougrée</i> (2 ^e catégorie B)	6
<i>Bonier</i> (1 ^{re} catégorie)	7
<i>La Haye</i> (2 ^e catégorie A et B)	7
<i>Prés de Fléron</i> (2 ^e catégorie A)	8
<i>Crahay</i> (2 ^e catégorie A)	9

LES EXPLOSIFS DE SÛRETÉ

Bien que les règlements belges ne fassent, comme nous l'avons déjà rappelé, aucune mention explicite de la catégorie d'explosifs dits " Explosifs de sûreté ", des colonnes spéciales ont été chaque fois réservées à ces explosifs dans les diverses statistiques que nous avons dressées à ce sujet.

Une question fort controversée est ce qu'il faut entendre par explosifs de sûreté. Et, il faut bien le dire, aucune réponse absolument définitive et indiscutable n'a encore été donnée à cette question.

La raison en est simple : Il n'existe pas d'explosifs de sûreté qui méritent ce nom d'une façon absolue. Si cet explosif existait, il serait aisé de le définir comme suit :

Un explosif qui puisse impunément déflagrer ou détoner, en n'importe quelle quantité, quels que soient le bourrage employé et les conditions de l'explosion, au sein d'une atmosphère grisouteuse ou poussiéreuse à n'importe quel degré d'inflammabilité.

Comme aucun produit satisfaisant à toutes ces conditions n'a encore été découvert, et que certaines considérations théoriques portent même à croire que c'est là un idéal irréalisable, la sécurité du minage en présence du grisou ou des poussières de charbon ne peut être que relative, et par là même, difficile à préciser.

Il semble cependant que l'on doive exiger d'un explosif qui prétend au titre d'explosif de sûreté, qu'il se montre pratiquement

sans danger dans les circonstances habituelles de son emploi et dans celles qui peuvent se produire accidentellement dans les travaux des mines.

Mais si l'on est assez bien d'accord pour restreindre la question dans ces limites, on ne l'est plus du tout quand il s'agit d'apprécier si un explosif donné réalise effectivement la sécurité ainsi entendue.

Voyons comment on a cherché à résoudre la difficulté aussi bien dans les pays voisins que chez nous.

Les Français s'en tiennent à la formule, d'ailleurs remarquable, qu'ils ont déterminée une fois pour toutes après de savantes études aidées de nombreuses expériences. Ils ont été suivis dans cette voie par les Russes ⁽¹⁾.

En Angleterre, en Allemagne et en Autriche, on s'appuie principalement sur les résultats d'expériences répétées, effectuées par des commissions officielles permanentes.

Dans notre pays, d'assez nombreuses expériences ont aussi été faites ; mais elles ont été entreprises par des fabricants d'explosifs et n'ont eu aucun caractère officiel ; bien qu'elles aient donné lieu à des publications remarquables, elles ne peuvent donc servir de base à une classification indiscutable. Elles présentent un grand intérêt au point de vue des produits spéciaux qui ont été expérimentés, mais le caractère de généralité et de comparaison leur fait défaut.

A côté des explosifs dont la sécurité a pu ainsi, dans une certaine mesure tout au moins, être contrôlée, il en est d'autres dont l'emploi tend à se répandre dans nos mines grisouteuses et qui n'ont fait l'objet d'aucune expérience dont les résultats aient été livrés à la publicité.

Il en résulte que l'on ne peut se baser, pour apprécier le degré de confiance qu'il convient de leur accorder, que sur des principes théoriques et des analogies.

Cette méthode, dans une matière aussi complexe et aussi délicate, ne peut jamais donner la certitude et l'on est facilement conduit à des résultats erronés pour peu que l'on néglige l'un ou l'autre élément de la question ou que l'on s'abuse sur la valeur de ces éléments.

⁽¹⁾ Voir *Annales des Mines de Belgique*, t. III, p. 564.

Il y a plus qu'un intérêt spéculatif à établir exactement les caractères distinctifs des divers explosifs. Nous voyons en effet que certains exploitants de mines grisouteuses font usage d'explosifs qu'ils considèrent comme de sûreté, sans autre garantie que l'affirmation du fabricant (parfois, il est vrai, s'y ajoute l'épreuve sommaire de l'aspect des lueurs données par l'explosion dans l'obscurité), tandis que d'autres, plus défiants, continuent à préférer aux nouveaux produits qu'on leur présente des explosifs, souvent moins économiques, mais dont la sécurité leur paraît mieux démontrée.

On voit par là l'utilité incontestable que présenteraient des expériences suivies, effectuées dans toutes les conditions désirables au point de vue de leur indépendance et de leur valeur probante.

N'ayant pas jusqu'ici à notre disposition les installations nécessaires pour procéder à des essais qui seuls auraient permis d'établir un classement exact et la valeur comparative des différents explosifs en usage dans nos mines, nous avons tenu du moins à donner à la classification adoptée la plus grande vraisemblance possible en nous entourant de toutes les lumières que peuvent fournir la théorie et l'expérience. En présence de l'intérêt qui s'attache à la question et des difficultés sérieuses qu'elle soulève, notamment des divergences que l'on constate dans les méthodes d'investigation et des résultats en apparence contradictoires auxquels elles conduisent parfois, nous avons cru utile de grouper les faits les plus intéressants acquis jusqu'à ce jour, d'en tirer les conclusions, sur lesquelles on puisse établir des enseignements pratiques et une théorie aussi exacte que possible des explosifs de sûreté, et finalement, d'en montrer l'application. Telle est le but de la présente note.

I. État de la question dans les pays voisins.

Dans ce premier chapitre, nous exposerons l'état de la question d'après les travaux effectués dans les différents pays.

Plusieurs articles parus dans ces mêmes " Annales „ ont déjà rendu compte de quelques-uns d'entre eux; nous nous bornerons à les remémorer, en les complétant par les résultats des recherches les plus récentes.

FRANCE

Les remarquables travaux de la Commission française du grisou sont trop connus pour qu'il soit nécessaire de les rappeler ici. Ils ont été le point de départ d'une théorie qui est encore généralement admise et qui repose sur ces deux notions importantes du *retard à l'inflammation du grisou* et de *l'abaissement de la température des gaz* par la détente. Cette théorie conduit à attribuer une influence prépondérante à la *température de détonation*. Pour qu'un explosif puisse être de sûreté, il faut que sa température de détonation soit inférieure à 2200°. Cette condition n'est pas suffisante, et la sécurité sera d'autant plus grande que la température de détonation sera plus basse.

C'est sur ces principes que repose la réglementation officielle qui prescrit de n'employer dans les mines grisouteuses que des explosifs dont la température de détonation soit inférieure à 1900° pour l'abatage de la roche et 1500° pour les travaux en couche. En outre les produits de la détonation ne doivent contenir aucun élément combustible.

Si la Commission française a ainsi jeté les bases scientifiques de l'étude du problème, et montré la voie dans laquelle nous avons vu depuis lors tant de progrès accomplis, il s'en faut de beaucoup cependant qu'elle ait donné la solution complète de la question. Bien qu'elle n'ait nullement méconnu l'importance des diverses circonstances extérieures dont dépend la sécurité du minage, elle n'a pu tenir compte, dans la formule à laquelle elle s'est arrêtée, que des phénomènes chimiques et calorifiques internes qui caractérisent la détonation. C'est pourquoi cette formule est insuffisante à elle seule pour définir un explosif de sûreté. Ce reproche a été maintes fois exprimé à la suite des faits constatés au cours de nombreuses expériences.

Un autre, non moins grave, c'est la difficulté, l'impossibilité même où l'on est, dans certains cas, de déterminer la température de détonation avec quelque certitude, soit parce que la loi suivant laquelle s'opère la réaction chimique est mal définie, soit parce que les renseignements nécessaires sur la chaleur de formation ou sur d'autres éléments du calcul font défaut pour certains corps. De plus, les données les mieux connues résultant de mesures expérimentales peuvent être entachées d'erreur. C'est pour tenir compte de ces erreurs et de l'imprévu qu'on reste prudemment en dessous de la température limite de détonation.

Nous verrons plus loin si ce procédé est sûr et avantageux.

ANGLETERRE

On connaît par les notes publiées dans le t. III, 2^e liv. des *Annales des Mines de Belgique*, les essais pratiqués à Woolwich en vue d'établir la sûreté des explosifs et la liste définitive des produits qui, ayant satisfait aux épreuves, sont autorisés dans les exploitations houillères dangereuses. Cette liste, renseignant la composition et les conditions d'usage d'un très grand nombre d'explosifs, peut être utilement consultée et permet plus d'un rapprochement intéressant.

Nous croyons cependant qu'une réserve prudente s'impose quand on veut procéder à des assimilations au point de vue de la sécurité et à des comparaisons entre les différents explosifs autorisés. On voit en effet avec étonnement figurer sur la liste des "permitted", des explosifs dont les expériences pratiquées en d'autres pays, notamment en Allemagne et en Autriche, ont manifestement montré le caractère dangereux.

C'est que les essais qui servent de base à la classification officielle anglaise s'écartent fortement des conditions que l'on rencontre dans la pratique des mines ; c'est que surtout ils ont été effectués sur des quantités d'explosifs uniformes et d'ailleurs très faibles comparativement aux charges usuelles des trous de mine.

On a déjà fait observer que certains ingénieurs anglais des plus autorisés trouvent ces épreuves trop peu sévères.

Le Comité d'essais tient d'ailleurs à faire remarquer, dans son rapport, que l'emploi d'un explosif autorisé est loin d'être exempt de tout danger, et que c'est dans l'observation stricte de toutes les mesures de précautions imposées par le règlement qu'on trouvera la première garantie de la sécurité.

Ces principes diffèrent donc absolument de ceux admis dans les autres pays où règne une tendance générale à faire dépendre la sécurité de la nature même de l'explosif, quelles que soient les conditions d'emploi.

AUTRICHE

La Commission autrichienne du grisou qui a fonctionné de 1885 à 1891 ne s'était pas prononcée d'une façon catégorique et définitive sur la question de l'emploi des explosifs et des lampes électriques dans les mines à grisou. En vue de compléter les recherches sur ces points comme sur tous ceux qui se rattachent à l'étude des

mesures préventives contre le danger du grisou, deux nouveaux comités ont été institués en 1894 et prorogés d'une manière permanente en 1895. Ils ont leur siège l'un à Mährisch-Ostrau, l'autre à Segengottes, et sont composés de fonctionnaires de l'administration et de directeurs des travaux des mines de chacun de ces districts.

Les rapports sur les travaux effectués de 1894 à 1896 viennent d'être publiés ; ils contiennent de très intéressantes recherches sur les lampes de sûreté, notamment les lampes électriques, les explosifs et les modes de mise à feu.

En ce qui concerne la question des explosifs de sûreté, la seule qui nous occupe pour le moment, le principe des expériences à déjà été signalé dans une précédente publication de l'un de nous ⁽¹⁾. Pour juger du plus ou moins de danger que présentent les explosifs, on les soumet à des épreuves où l'on cherche à réunir les conditions les plus défavorables qui se rencontrent en pratique dans les travaux miniers.

On admet ainsi qu'un explosif est de sûreté quand il peut détoner impunément, en quantité assez importante, au sein d'un mélange de grisou et de poussières.

Après quelques essais préliminaires, on a trouvé que le mélange le plus dangereux consistait en 10 % de grisou et poussières impalpables de charbon.

Les cartouches détonaient à air libre, suspendues au toit de la galerie ou placées sur le sol, à nu ou recouvertes de poussières de charbon. On augmente progressivement les charges jusqu'à ce qu'on arrive à provoquer l'inflammation du mélange grisouteux ou que l'on atteigne les limites des charges en usage dans les mines.

Le Comité de Mährisch-Ostrau a procédé aussi à des essais sur l'influence du mode de bourrage, notamment avec l'eau et la mousse humide, à des essais de force par la méthode de Trauzl, à des épreuves photographiques des flammes données par les explosions, ainsi qu'à des analyses chimiques pour contrôler les compositions indiquées par les inventeurs.

Signalons ici les principales conclusions de ces travaux encore incomplets :

⁽¹⁾ *Quelques expériences récentes sur les explosifs de sécurité* (ANNALES DES MINES DE BELGIQUE, t. I^{er}, p. 43).

A. Dans les endroits où la poussière de charbon se trouve accumulée ou mise en suspension dans l'air, l'emploi d'explosifs susceptibles de mettre le feu aux poussières seules devrait être absolument interdit. La dynamite est particulièrement dangereuse à cet égard ainsi que les gélatines-dynamites. (La poudre noire et les autres produits analogues ont été exclus des essais par principe.)

B. Le bourrage à l'eau n'a montré au point de vue de la sécurité aucune supériorité sur le bourrage d'argile ou de mousse humide, et c'est ce dernier que l'on recommande.

C. Les qualités que doit réunir un explosif de sûreté sont les suivantes : 1° sa composition chimique doit être telle qu'il ne donne lieu, contrairement à ce qui se produit fatalement avec la dynamite, à aucune apparition de flammes lors de la détonation ; 2° l'enveloppe des cartouches ne doit pas être enduite de matières facilement inflammables comme la paraffine ou la cérésine ; 3° tout en possédant une force suffisante, l'explosif ne doit pas, aux charges les plus élevées et par sa détonation à air libre, allumer le mélange de 7 à 10 % de grisou et de poussières de charbon ; 4° il doit permettre l'emploi d'un bourrage humide, et 5° être sans danger au point de vue de la manipulation et du transport.

Parmi les explosifs essayés, c'est la *Progressite*, en charges de 600 grammes, qui répond le mieux à ces desiderata, notamment au 3° (cet explosif est composé de 95 de nitrate ammonique et de 5 de chlorure d'aniline).

Les rapports ne font non plus aucune objection à l'emploi, même pour l'abatage du charbon, de la *Wetterdynamite* à la soude, et de l'*antigrisou Favier n° O* (80,57 % nitrate ammonique, 6,36 % binitronaphtaline et 13,07 % chlorure ammonique) ⁽¹⁾. L'*antigrisou n° II*, qui est le plus répandu chez nous, s'est montré moins satisfaisant et assez irrégulier ; sur seize essais, il a donné deux explosions, avec des charges, l'une de 150 grammes, l'autre de 300 grammes ; tandis que le type O a résisté à tous les essais

(1) Cet explosif ne diffère que très peu de celui désigné sous le nom d'*Anti-grisou Favier n° III*, dans la note publiée par l'un de nous sur *Quelques expériences récentes relatives aux explosifs de sûreté* et dans l'étude de M. J. Henrotte (ANNALES DES MINES DE BELGIQUE, t. I, p. 1 et 29).

Il n'a été fabriqué qu'à titre d'essai et on n'en a pas consommé couramment dans nos mines. Il ne doit pas être confondu avec l'*explosif Favier n° III* qui n'est pas de sûreté.

aux charges de 500 grammes, même amorcées avec 4 grammes de fulminate, et l'on n'a constaté que dans un seul cas l'apparition d'une lueur d'ailleurs très faible.

La charge limite de sûreté, en présence de poussières et de 7 % de grisou a été trouvée de 100 grammes pour l'explosif formé d'un mélange de 95 % de nitrate ammonique avec 5 % de résine, et de 50 grammes seulement pour l'explosif composé de 90 nitrate ammonique et 10 de binitrobenzol.

ALLEMAGNE

Un intérêt tout particulier s'attache aux expériences effectuées dans ce pays, dans la galerie d'essais de Neunkirchen, et dans celle de la "Berggewerkschaftskasse", de la Westphalie. Cette dernière, installée à la mine la Consolidation près de Gelsenkirchen, a été dirigée par M. Winkhaus d'abord, et l'est actuellement par M. Heise. Il a déjà été rendu compte dans cette revue des travaux entrepris de 1895 à 1897, qui ont contribué à jeter la lumière sur les éléments multiples de la question des explosifs de sûreté, et notamment sur l'influence des fortes charges, de la nature des enveloppes des cartouches, du plus ou moins d'homogénéité du mélange qui constitue l'explosif, etc.

En combinant des mélanges de poussières et de grisou en proportion variable, de manière à réaliser des conditions de plus en plus dangereuses, et en soumettant à une série d'épreuves des quantités graduellement croissantes de chaque explosif M. Winkhaus a démontré indiscutablement ce fait important que la sécurité ne peut jamais être absolue et que tout explosif au delà d'une certaine limite de charge est susceptible de mettre le feu au grisou. Cette limite de charge varie d'un explosif à un autre et suivant les conditions des expériences; mais, du moment que les explosifs sont soumis à des épreuves identiques, elle peut servir de mesure du degré de sécurité.

Nous avons vu que la même base de comparaison a été adoptée en Autriche.

M. Winkhaus a aussi entrepris de vérifier jusqu'à quel point les résultats acquis par sa méthode expérimentale concordent avec la théorie française. Ces expériences, en nombre trop restreint pour être concluantes, ont été opérées avec des mélanges en proportion variable de nitrate ammonique et de binitrobenzol. Elles

ont montré que pour obtenir la sécurité, avec des charges comparables à celles de la pratique (soit 400 à 500 grammes), même en présence de poussières seules, il faut abaisser la température de détonation jusqu'à la limite inférieure de 1500°.

On sait qu'à cette limite se manifeste également une diminution notable de la force et de l'aptitude à la détonation. C'est là un obstacle sérieux à la généralisation de l'emploi de ces explosifs dont la sécurité n'est ainsi acquise qu'aux dépens de l'efficacité.

M. le Bergassessor Heise vient d'entreprendre une série d'expériences dans le même ordre d'idées, mais dans un but encore plus général.

Suppléer à l'insuffisance de la théorie française, en analysant toutes les composantes dont doit résulter la sécurité et l'influence de chacune d'elles, tel est le programme qu'il s'est tracé.

Ces derniers travaux ont été publiés dans le "*Glückauf*", d'Essen et ont fait l'objet d'une communication au VII^e Congrès des mineurs allemands tenu récemment à Munich. Vu l'importance et l'intérêt que présente cette étude, nous avons cru utile d'en donner (annexe n° I) un compte rendu assez complet auquel nous renvoyons pour les détails des expériences. La troisième partie dans laquelle M. Heise développe ses conclusions ainsi que ses vues théoriques au sujet des explosifs de sûreté, mérite principalement d'attirer l'attention.

Bornons-nous ici à signaler très succinctement les principaux points intéressants en y joignant les quelques observations qu'ils nous suggèrent.

Expériences relatives à la sécurité. — Le danger croissant des fortes charges a été démontré une fois de plus. Les charges limites de sécurité dépendent des conditions des expériences; elles sont, en général, d'autant plus faibles que le mélange de grisou et de poussières est plus inflammable.

L'influence des circonstances locales sur les effets des coups de mine a été nettement mise en évidence, ainsi que les divergences entre les résultats obtenus par différents procédés d'expérimentation.

La comparaison entre le tir au mortier et la détonation à air libre aboutit à la réfutation de l'opinion répandue que la seconde méthode constitue l'épreuve la plus rigoureuse. Cette opinion n'est fondée que pour les explosifs possédant une grande aptitude à la

détonation. Il y a par suite lieu de tenir compte de cette qualité pour juger de la valeur des essais à air libre qui peuvent dans certains cas ne pas réaliser les conditions dangereuses des coups débouffants.

On peut rapprocher de ce fait les résultats observés par le comité de Mährisch-Ostrau dans des séries d'essais effectués sur un même explosif avec des détonateurs contenant des quantités croissantes de fulminate. L'inflammation du mélange grisouteux se produit d'autant plus facilement que la capsule est plus forte, bien que l'on reste dans les limites où celle-ci ne puisse devenir elle-même une cause de danger. Le phénomène ne peut être attribué, surtout pour les explosifs détonant difficilement, qu'à une décomposition plus complète sous l'action d'un choc initial plus violent.

Expériences sur le pouvoir brisant. — Comme ces expériences sont intéressantes au plus haut point par leur nouveauté et leurs résultats, nous croyons devoir nous étendre un peu à leur sujet.

Il convient en premier lieu de fixer le sens de l'expression adoptée. On sait que le caractère brisant est plus ou moins prononcé pour divers explosifs et qu'il dépend de la vitesse avec laquelle s'accomplit la réaction chimique. Suivant l'ordre de grandeur de cette vitesse, on distingue la *déflagration* de la *détonation*, et les explosifs qui présentent ce dernier mode de décomposition sont seuls dits "brisants". En pratique, la rapidité de l'onde explosive se manifeste par la violence des effets destructeurs de l'explosion. On peut s'en faire une idée assez exacte par les essais pratiqués avec les blocs de plomb selon la méthode de Trauzl, convenablement appropriée au but à atteindre.

Si, comme on le fait souvent, et comme c'est le cas entr'autres dans les expériences de force de M. Winkhaus, la cavité du bloc de plomb est, après l'introduction de l'explosif, complètement bourrée et fermée par une rondelle d'acier énergiquement serrée par un étrier, on réalise en quelque sorte la détonation en vase clos et la déformation du bloc de plomb enregistre l'énergie totale emmagasinée dans l'explosif, moins la quantité de chaleur absorbée par le métal et l'atmosphère extérieure.

Si au contraire, comme dans les expériences de M. Heise, l'explosif est simplement bourré assez légèrement, le déchet de travail comprend en outre la force vive communiquée au bourrage et celle emportée par les gaz qui se détendent dans l'atmosphère.

La dilatation de la cavité du bloc d'essai témoigne dans ces conditions du *pouvoir brisant* de l'explosif, car l'inertie du bourrage est d'autant plus difficile à vaincre que la rapidité de l'explosion est plus grande.

En opérant pour chaque explosif dans les mêmes conditions et sur des quantités représentant la même puissance totale de travail, on arrivera à déterminer des nombres qui n'ont évidemment qu'une valeur toute relative, mais qui pourront cependant servir à apprécier le *pouvoir brisant*.

Voyons maintenant les faits qui se dégagent des expériences.

Le pouvoir brisant dépend à la fois de la nature chimique et de l'état physique de l'explosif, notamment de la densité et du degré de division de la matière. Ce fait connu depuis longtemps pour la poudre noire dont les propriétés diffèrent notablement suivant le mode de préparation, est vrai aussi pour les explosifs brisants, ainsi que le montrent les exemples de la dahménite A et de la roburite. Il est donc permis de rattacher au pouvoir brisant l'influence des variations des propriétés physiques de l'explosif, qu'elles soient accidentelles (comme il s'en produit à la suite d'un emmagasinage prolongé ou d'une compression plus ou moins énergique de la charge dans le fourneau de mine), ou intentionnelles (résultant par exemple du grenage).

Bien des faits constatés seraient donc expliqués si l'on parvenait à démontrer qu'il existe une loi de corrélation entre la sécurité et le pouvoir brisant.

Si l'on rapproche les *charges limites de sûreté* et les nombres qui expriment le *pouvoir brisant*, on constate que les explosifs les plus sûrs, ceux que M. Heise appelle de 1^{re} classe et qui ne donnent aucune inflammation du mélange à 8 % de grisou avec des charges de 700 grammes et plus, ont des pouvoirs brisants bien inférieurs à ceux des explosifs de la 2^e classe qui au delà de 400 grammes ne sont plus de sûreté. Dans chaque classe, les explosifs les plus sûrs sont en même temps les moins brisants.

La dahménite A passe même d'une classe dans l'autre quand on diminue son pouvoir brisant par un grenage, sans modifier en rien sa composition.

On ne peut donc nier que, dans les limites des expériences de M. Heise, un accroissement de la sécurité correspond à une diminution du pouvoir brisant.

Nous reviendrons plus loin sur l'importance qu'il faut attribuer à cette conclusion.

Influence de la température de détonation. Le calcul de cette température montre que, pour aucun des explosifs expérimentés, la limite de 2200° n'est atteinte.

Mais si l'on rapproche les températures des charges limites de sécurité, on n'observe aucune concordance entre les deux séries de chiffres dont chacune a la prétention d'exprimer le degré de sûreté des explosifs. Un exemple typique à cet égard est celui de la Dahménite A qui, tout en étant caractérisée par une température de détonation très élevée et très voisine de la limite d'inflammabilité apparente du grisou, est cependant le plus sûr de tous les explosifs au nitrate ammonique employés en Westphalie (1). C'est là un fait grave à l'appui des objections que l'on peut adresser à la formule française et que nous avons rappelées plus haut.

La température de détonation ne constitue donc pas à elle seule, sauf dans des cas particuliers, l'étalon de mesure du degré de sécurité ; elle ne permet pas, d'une façon générale, de comparer entre eux des explosifs différant notablement par leur composition chimique ou leurs propriétés physiques.

Le principe contraire admis jusqu'ici sans restriction n'est que la généralisation abusive des conclusions tirées d'expériences effectuées dans des conditions spéciales, et demande à être complété.

Poursuivant son analyse des éléments de la question, M. Heise montre ensuite que la *quantité de chaleur* dégagée dans l'explosion ne peut pas non plus servir d'indice comparatif de la sécurité. Il en arrive ainsi à attacher une importance capitale à ce point de vue au pouvoir brisant et à fonder sur cette base une théorie des explosifs de sûreté, certainement très remarquable par ses aperçus nouveaux et ses résultats, mais qui ne paraît cependant pas à l'abri de toute critique.

L'examen de cette théorie se liant intimement à la recherche des enseignements qui découlent des différents points acquis jusqu'à ce jour (tant par les expériences récentes que nous venons de rapporter que par celles qui sont connues depuis plus longtemps), nous en ferons l'objet d'un second chapitre.

(1) Les appréciations que nous émettons sur tel ou tel explosif se rapportent évidemment à l'explosif exactement constitué comme celui soumis aux expériences. Des variations de composition ou de préparation peuvent en effet entraîner des différences notables au point de vue de la sécurité.

II. Considérations théoriques sur l'état actuel de la question des explosifs.

Quelle valeur convient-il d'attribuer au *pouvoir brisant* des explosifs, tel que M. Heise l'a défini ? C'est là un premier point à examiner.

En ce qui concerne la méthode expérimentale, l'auteur lui-même prend soin de nous avertir qu'elle ne peut conduire qu'à des *valeurs relatives* ; nous admettons avec lui que si le principe en est rigoureusement appliqué, les résultats seront assez exactement comparables (1).

Mais la méthode suppose essentiellement que les quantités d'explosifs essayées correspondent à une même puissance de travail (2500 kilogrammètres). Or l'énergie potentielle des divers explosifs a été calculée en partant des données thermo-chimiques ; l'erreur dont cette quantité peut être entachée se répercute évidemment sur les nombres qui mesurent le pouvoir brisant. La probabilité d'exactitude du pouvoir brisant est donc du même ordre que celle de la température de détonation.

Cette remarque faite, examinons si les différences que l'on constate entre les *pouvoirs brisants* sont suffisamment tranchées pour permettre de conclure de ce caractère à la sécurité.

L'exemple de la dahménite A dont les propriétés diffèrent suivant qu'elle est grenée ou pulvérulente, se présente naturellement ici. Mais n'est-il pas abusif d'attribuer la même température de détonation et la même énergie potentielle à l'explosif pris sous ces deux états ? On sait que le nitrate ammonique est susceptible de plusieurs modes de décomposition et que son aptitude à la détonation diminue quand sa densité augmente. Il est donc permis de supposer que la combustion est moins complète dans le cas de la dahménite grenée que dans celui du même produit pulvérulent.

(1) En effet, si d'une part la dilatation des blocs de plomb n'est pas proportionnelle au travail dépensé, mais croît plus rapidement, d'autre part l'échauffement du métal par suite du travail moléculaire, représente une énergie à mettre à l'actif du pouvoir brisant, et échappe à l'observation. Cet échauffement n'est pas constant ; il est évidemment d'autant plus grand que la déformation totale est plus considérable. Il y a là deux causes d'erreur qui se compensent dans une certaine mesure.

Par suite, la température de détonation de la première serait plus basse, et son pouvoir brisant, plus fort que les chiffres donnés par M. Heise. Est-il bien rigoureux dès lors d'attribuer à l'influence exclusive du caractère brisant l'accroissement de sécurité que procure le grenage?

Pour être véritablement concluantes, les expériences sur le pouvoir brisant ne devraient pas se limiter aux explosifs de sûreté, mais s'étendre jusqu'aux explosifs déflagrants dans un sens, aux explosifs extrêmement brisants dans l'autre sens. On verrait ainsi que la loi apparente d'après laquelle la sécurité diminue quand le pouvoir brisant augmente ne tarde pas à être en défaut, et qu'au delà de certaines limites le pouvoir brisant n'a plus de signification (1).

Si l'on remarque en outre que les différences entre deux termes successifs de la série de chiffres exprimant les pouvoirs brisants sont de l'ordre des erreurs d'observation, il devient difficile d'attacher à ces nombres une importance *pratique* au point de vue de la différentiation du degré de sécurité des explosifs. Néanmoins le pouvoir brisant acquiert une valeur réelle si les termes que l'on compare sont suffisamment écartés.

Le fait principal qui se dégage des expériences de M. Heise, c'est, en effet, le classement net des explosifs en deux catégories caractérisées, l'une par un haut degré de sécurité et un pouvoir

(1) A défaut de résultats directement observés, nous pouvons déterminer les limites supérieures du pouvoir brisant de deux explosifs, nettement distincts à ce point de vue, et tous deux très dangereux en présence du grisou : la poudre noire et la gélatine-dynamite. La première a été soumise à des essais de force par M. Winkhaus, qui opérait sur des blocs de plomb identiques à ceux de M. Heise, mais entièrement et solidement fermés. En nous basant sur les résultats observés dans ces conditions pour en déduire les chiffres de dilatation correspondant à un travail de 2500 kilogrammètres, nous obtiendrons le chiffre 30 pour valeur exagérée du *pouvoir brisant* de la poudre noire. D'après ce qu'on sait de l'influence du bourrage sur les explosifs lents, cette limite ne peut être que grossièrement approximative. On déduit de même des chiffres donnés par M. Heise pour l'énergie potentielle et l'élargissement maximum du bloc de plomb pour 10 grammes de gélatine-dynamite, que le pouvoir brisant de cet explosif est exprimé par 291 au plus.

Ainsi il y a un écart énorme entre les poudres lentes, même détonant en vase clos, et le moins brisant des explosifs de sûreté connus, tandis que la différence est beaucoup moindre entre les explosifs de sûreté et les explosifs considérés comme très brisants.

brisant modéré, l'autre par un degré de sécurité beaucoup moindre et un pouvoir brisant plus fort. Ce fait a une importance incontestable au point de vue théorique ; il suffit pour faire admettre qu'il y a une relation entre la sécurité et la rapidité de décomposition de l'explosif, et qu'au phénomène calorifique mis en lumière par la Commission française du grisou, il faut ajouter la considération du phénomène mécanique de l'explosion pour se rendre compte des effets produits par celle-ci sur un mélange gazeux inflammable.

Nous arrivons ainsi à l'examen de la théorie des explosifs de sûreté proposée par M. Heise.

Le point fondamental de cette théorie, c'est la compression exercée sur l'atmosphère par suite de la détonation, compression qui peut être poussée à un degré très élevé et tel que l'élévation de température qui en résulte soit suffisante pour provoquer l'inflammation du grisou ou des poussières de charbon. Cette compression dépend au premier lieu du caractère brisant de l'explosif ; elle peut être plus ou moins favorisée par les circonstances accidentelles et locales, ce qui explique l'influence de celles-ci sur la sécurité du minage. Le danger sera d'autant plus grand qu'à la chaleur de compression s'ajoutera l'influence de la haute température des produits de l'explosion. Aussi cette température doit-elle rester en dessous d'une certaine limite.

On peut dire de cette théorie comme de celle qui attribue l'influence prépondérante à la température de détonation, qu'elle ne répond pas tout à fait à sa mission en ce qu'elle ne fournit pas d'explication rationnelle satisfaisante de *tous* les faits observés.

Il en est ainsi notamment pour le danger des fortes charges et celui des poudres lentes.

Quant au premier, l'explosif détonant à volume constant, la tension maxima des gaz produits ne dépend que de la *densité du chargement* et nullement de la *grandeur absolue* de la charge. La plus grande quantité de gaz produits ne peut donc avoir l'influence que lui attribue M. Heise au point de vue de la compression de l'atmosphère, que dans le cas où l'explosion a lieu dans un espace clos et très limité. Mais, pour un même explosif détonant dans un espace indéfini, la pression initiale qui s'exerce autour de sa masse sur l'atmosphère ambiante, et par suite aussi, le degré de compression et l'élévation de température du mélange inflammable qui en résultent, sont indépendants de la charge.

En second lieu, en poussant jusqu'aux dernières conséquences les principes posés, on en arriverait à dire que les poudres lentes sont préférables aux explosifs brisants. L'exemple tiré des expériences où la poudre noire se montre d'autant plus dangereuse en présence des poussières de charbon qu'elle est plus brisante, conduit aussi à cette conclusion. Cependant le danger des explosifs déflagrants est tellement manifeste que leur emploi est prohibé partout dans les mines à grisou et qu'aucun comité d'études ne songe plus à s'occuper de cette question.

Mais il est un élément essentiel que la théorie de M. Heise néglige de mentionner, c'est celui du *retard à l'inflammation* et si on le fait intervenir, il ne subsiste plus aucune contradiction entre les différents faits observés. Cette importante notion, qui constitue la base de la théorie de la Commission française (1), permet d'expliquer parfaitement la manière dont se comportent les diverses catégories d'explosifs en présence du grisou ou des poussières de charbon et pourquoi la sécurité ne peut jamais être que relative.

Rappelons à ce propos, en l'étendant aux résultats des récentes expériences, l'interprétation rationnelle des divers phénomènes.

La durée du retard à l'inflammation est une fonction de la température; elle atteint 10 secondes à 650° et au plus une seconde à 1000° degrés.

L'inflammation se produirait donc à coup sûr si le degré de la compression initiale et par suite de l'échauffement du mélange d'air et de grisou était tel que le retard à l'inflammation ne soit plus appréciable, et cela quelle que soit la température propre des gaz produits par l'explosion.

La compression subie par l'atmosphère au voisinage immédiat de l'explosif étant due uniquement à l'inertie, dépend à la fois de la tension initiale des gaz et, surtout, de la rapidité avec laquelle cette tension est acquise. On conçoit donc qu'un explosif brisant à l'excès puisse être dangereux, en toutes circonstances.

C'est là un cas extrême purement théorique.

Les explosifs usuels joignent à un pouvoir brisant plus ou moins caractérisé une température de détonation bien supérieure au point d'inflammation du grisou. Dans ce cas, le phénomène à considérer est double : 1° la compression du mélange d'air et de grisou

(1) Voir ANNALES DES MINES, 1888, et Le Chatelier, *Le Grisou*.

qui élève la température et diminue le retard à l'inflammation : 2° la détente des gaz de l'explosion qui abaisse leur température. La quantité de chaleur transmise à l'air dans le premier phénomène n'est que l'équivalent de l'énergie perdue par les gaz dans le second. Cet échange réciproque s'arrête au moment où la pression acquise par l'air atmosphérique fait équilibre à celle des gaz qui se détendent. Mais la compression ne se limite pas au voisinage immédiat de l'explosif, elle se propage indéfiniment en donnant naissance à des ondulations qui vont en s'amortissant progressivement par le fait de la production de chaleur résultant des remous ou des frottements de l'air. La détente des gaz et par suite la chute de température ne se manifestent donc pas d'une façon continue, mais par saccades à mesure que dans l'atmosphère une onde dilatée succède à une onde comprimée. " Pour que l'inflammation ne se produise pas, il faut que la durée de la compression en chaque point de l'air soit assez faible pour ne pas donner le temps à la combustion du gaz de commencer (1). „ Il faut évidemment aussi que la température finale des gaz détendus jusqu'à la pression atmosphérique soit inférieure à 650° et que la détente soit complètement achevée avant l'expiration du retard à l'inflammation.

Ces deux conditions impliquent pour la température de détonation une limite en rapport avec la pression initiale et avec la rapidité de la détente, c'est-à-dire avec le caractère brisant de l'explosif. Elles excluent en premier lieu les explosifs dont le pouvoir brisant est très faible; car avec ceux-ci, la pression maximale n'est atteinte par les gaz que progressivement, et l'air ambiant aura la faculté de se déplacer et ne se comprimera que relativement peu. Par suite la quantité de chaleur transformée en travail mécanique ne représentant qu'une petite partie de l'énergie totale (elle est même insignifiante dans le cas d'une déflagration à l'air libre), l'abaissement de la température, au lieu de résulter d'une détente brusque sera principalement dû à la diffusion des gaz chauds dans l'atmosphère et exigera donc un temps considérable. Dans ces conditions l'inflammation du grisou ne pourrait être évitée que si la température de détonation était très basse.

D'autre part, plus le caractère brisant est prononcé, plus le degré de la compression initiale de l'air sera élevé, plus courte sera la

Le Chatelier, *loc. cit.*

durée de cette compression, mais, plus courte aussi celle du retard à l'inflammation. Le travail total sera fractionné en un plus grand nombre de périodes, mais la quantité de chaleur cédée à l'air dans chacune d'elles sera évidemment d'autant plus faible que la détente est moins prolongée. Il pourra donc se faire que l'abaissement de la température des gaz soit, au moment propice à l'inflammation du grisou, moindre qu'il n'aurait été si la détente s'était opérée par une série de chutes plus importantes quoique moins rapides. Ainsi un excès de pouvoir brisant pourra dans certaines conditions être une cause de danger. Le cas inverse peut aussi se présenter.

Les quelques exemples ci-dessous montrent que les diverses hypothèses sont réalisées en pratique.

La gélatine-dynamite a sensiblement le même pouvoir brisant que la dahménite A pulvérulente. Le processus de la détente et la durée du retard à l'inflammation seront les mêmes pour les deux explosifs; le premier seul est dangereux à cause de sa haute température d'inflammation.

Le fulminate de mercure est moins dangereux quand on augmente sa densité par compression. C'est que la température et le potentiel restant constants, l'accroissement de pouvoir brisant a pour effet de réduire la durée de la détente plus que celle du retard à l'inflammation; la résultante est favorable à la sécurité.

La dahménite A grenée est certainement moins brisante que la roburite et sa température de détonation est plus élevée. Néanmoins la première est beaucoup plus sûre, parce que l'écart entre la durée du retard à l'inflammation et celle de la détente complète des gaz est plus grand que dans le cas de la seconde.

On résoudrait de même les autres difficultés que la seule considération de la température de détonation ne suffit pas à expliquer, et en particulier celle tirée de l'influence des fortes charges.

Il est évident en effet que la durée de détente des gaz produits par l'explosion est d'autant plus grande que le poids de l'explosif est plus considérable. Quand ce temps est égal au retard à l'inflammation, la limite de sûreté est atteinte. Les charges correspondant à ce point critique sont plus ou moins élevées pour les divers explosifs, suivant leur température de détonation et leur pouvoir brisant, mais aucun ne peut présenter une sécurité absolue.

La sécurité relative sera d'autant plus grande que la différence entre la charge limite et le poids d'explosif qui détone sera plus grande.

La manière dont se comportent les différents explosifs *en présence des poussières seules* nous paraît susceptible d'une interprétation analogue. Ici aussi, il faut faire intervenir le retard à l'inflammation dont la durée se compose : 1° du temps nécessaire pour que des particules de charbon se dégagent des gaz combustibles qui seuls, à proprement parler, donnent lieu à l'explosion; 2° du retard à l'inflammation du mélange d'air et de ces gaz. La durée de ces deux retards élémentaires est loin d'être constante et varie notablement suivant les circonstances. Le premier, qu'on pourrait appeler "retard à la distillation", dépend évidemment de la nature spécifique des poussières, c'est-à-dire de la quantité des hydrocarbures volatils auxquels elles peuvent donner naissance et notamment des gaz occlus susceptibles de se dégager à basse température; quant au second, qui est à proprement parler le "retard à l'inflammation", il dépend de la nature des gaz dégagés et de la température. Tous les deux seront d'autant plus courts que l'action de la chaleur sera plus intense, et cet effet sera surtout sensible pour le second, puisque les gaz qui distillent de la houille à partir de 300° ne présentent plus guère de retard appréciable à l'inflammation (1).

Ceci posé, il est facile de se rendre compte des différents phénomènes qu'on observe avec les poussières charbonneuses suivant le mode d'application de la chaleur. S'il s'agit d'une flamme isolée, même très intense (l'arc voltaïque), à moins d'un concours de circonstances tout à fait exceptionnel, il n'y aura pas d'explosion ou d'inflammation en masse; chaque particule de charbon viendra brûler au contact immédiat du foyer, mais la durée de la combustion étant moindre que celle du "retard à la distillation", l'inflammation ne pourra gagner la particule voisine et de proche en proche toute la masse.

Il en est tout autrement quand la source de chaleur se fait sentir simultanément dans une zone assez étendue, de façon à amener au même moment la distillation d'une quantité de gaz combustibles suffisante pour former avec l'air un mélange explosible; alors l'inflammation commencée en un point se propage avec une vitesse très grande, favorisée d'ailleurs par l'agitation du milieu.

(1) Voir *Les gaz occlus dans les poussières de charbon*, par M. A. Halleux. ANNALES DES MINES DE BELGIQUE, t. I^{er}, p. 90.

Ce sont bien les conditions réalisées par la détonation d'un explosif, puisque l'effet initial est de provoquer une compression énergique du nuage de poussières et de porter par là toute la masse à une température bien supérieure à celle où les gaz combustibles commencent à se dégager.

Ajoutons que par suite du brassage résultant inévitablement de compressions et de détentes successives du mélange de gaz et d'air, il y a une grande probabilité pour que les conditions du maximum d'inflammabilité soient réunies.

Le reste s'explique par l'influence du *retard à l'inflammation proprement dit*. Il suffit de se rapporter à ce que nous avons exposé plus haut à propos du grisou seul pour apprécier suivant les circonstances le degré de danger du minage en présence des poussières et notamment l'influence des fortes charges.

Ici cependant l'effet d'un excès de pouvoir brisant est plus pernicieux que dans le cas du grisou. Ainsi la poudre noire déflagrant à air libre ne provoquera que difficilement, malgré sa haute température, l'explosion de poussières seules, parce que son action est dans ce cas comparable à celle d'une simple flamme. Mais elle se montre excessivement dangereuse, quand la tension des gaz de l'explosion est suffisante pour comprimer l'atmosphère au point que les gaz combustibles passent de l'état latent à l'état apparent et forment avec l'air un mélange inflammable. C'est ce que montrent bien les effets produits par une mine débourrante ou amorcée au moyen d'une capsule de fulminate. Dans ce cas, malgré la détente plus brusque des gaz et la projection du bourrage, l'abaissement de la température n'est ni assez important ni assez rapide pour que l'inflammation puisse être évitée. Les nombreuses recherches auxquelles les poudres noires ont donné lieu établissent d'ailleurs que la décomposition sous forte pression répond à une oxydation plus complète et, par suite, à un plus grand développement de chaleur et à une température de détonation plus élevée.

Dans le cas des dynamites, ou d'autres explosifs extrêmement brisants, ou si l'atmosphère poussiéreuse gênée par des obstacles dans son expansion subit une compression très forte, la distillation se faisant à très haute température, donnera principalement des hydrocarbures lourds rapidement inflammables; les explosions se produiront avec des charges même plus faibles qu'en présence du grisou.

On voit par là que la sécurité résulte essentiellement d'une combinaison convenable de la température de détonation et de la rapidité de l'explosion. On conçoit qu'il existe une limite supérieure à la température de détonation et, en ce qui concerne le pouvoir brisant dont les effets sont en partie opposés, en partie favorables à la sécurité, qu'il existe une limite inférieure et une limite supérieure. Mais, à raison de la dépendance mutuelle de ces deux éléments, ces limites ne peuvent jamais être que relatives et par là même difficiles à préciser.

La relation entre la température de détonation, le pouvoir brisant et la sécurité est en outre trop complexe pour qu'on puisse, sans sacrifier l'exactitude à la simplicité, en donner une traduction mathématique.

Tout ce que l'on peut dire dans l'état actuel de nos connaissances c'est que : 1° pour des explosifs très peu brisants la température de détonation doit être d'autant plus voisine de 650° que le pouvoir brisant est plus faible. Ainsi comme on ne connaît aucun explosif *déflagrant* dont la température soit inférieure à 1800°, les poudres lentes doivent être absolument proscrites en présence du grisou.

2° Si l'explosif est nettement brisant, les travaux de la Commission française montrent que la limite de la température de détonation peut être fixée approximativement à 2200°, ce qu'aucun fait nouveau n'est venu contredire.

3° Si les deux conditions précédentes sont satisfaites, et si le pouvoir brisant n'excède pas une certaine valeur qui ne paraît pas être de beaucoup supérieure à celle de la dynamite, un accroissement de température doit marcher de pair avec une diminution du pouvoir brisant pour réaliser plus de sécurité (expériences de M. Heise).

4° Les explosifs ayant un pouvoir brisant très élevé ont tous aussi une très haute température de détonation; ils sont donc des plus dangereux. Il résulte cependant des expériences de MM. Mallard et Le Chatelier sur l'influence de la densité du chargement que la loi énoncée au 3° n'est plus vraie pour cette catégorie d'explosifs.

C'est donc à tort que l'on voudrait attribuer d'une façon générale à la température de détonation ou au pouvoir brisant l'influence prépondérante sur la sécurité. Celle-ci dépend uniquement en dernière analyse de la différence entre le retard à

l'inflammation et la durée du refroidissement jusqu'en dessous de 650° des produits de l'explosion. Cet écart de temps varie d'un explosif à un autre; il doit nécessairement être positif, et l'explosif le plus sûr sera celui pour lequel cet écart sera maximum.

Cette grandeur ne constitue pas une unité de comparaison pratique; elle ne peut être mesurée directement, ni évaluée exactement *à priori* à cause du grand nombre et de l'incertitude des éléments dont elle dépend.

On n'arrive à aucun résultat satisfaisant en voulant enserrer dans une formule simple les conditions qui définissent un explosif de sûreté. En restant par mesure de précaution plus ou moins en deçà des limites où l'expérience montre que le danger commence à se manifester, on commet les mêmes errements que si dans l'application de la résistance des matériaux, on calcule tous les éléments d'une construction avec le même coefficient de sécurité sans tenir compte des conditions variables de sollicitation des différentes pièces. C'est ainsi que la formule française aboutit à proscrire un explosif, comme la dahménite A, très puissant en même temps que très sûr, puisqu'il n'allume pas le mélange de poussières et de 8 % de grisou à la charge de 700 gr., tandis que la même formule admet parfaitement certaines grisoutines qui provoquent l'inflammation du grisou et même des poussières seules avec des charges de 200 gr. et moins (1).

La limite de température de 1900° peut donc n'être pas suffisante; celle de 1500° conduit à des explosifs très sûrs, mais ayant la plupart beaucoup d'inconvénients au point de vue pratique. En outre, cette limite est trop exclusive.

La connaissance du degré de sécurité des divers explosifs ne peut donc s'acquérir que par l'expérience.

La méthode à suivre dans les essais est encore discutée; pour être concluante, elle doit nécessairement donner une idée la plus exacte possible de la sécurité telle que nous l'avons définie théoriquement, c'est-à-dire de la grandeur relative du retard à l'inflam-

(1) Il en est ainsi notamment pour la grisoutine-gomme (composée de 29,10 nitroglycérine, 0,9 coton azotique, 70 nitrate ammonique) qui dans les essais faits aux mines de Liévin a provoqué l'inflammation des poussières seules avec des charges de 120 gr. tirées au canon, sans bourrage. (A. Simon, *Annales des Mines*, 1890. p. 599.)

Voir aussi ce que dit M. Heise à ce sujet dans le mémoire reproduit en annexe.

mation et de la durée du refroidissement complet des produits de l'explosion. Le premier élément dépend uniquement des circonstances extérieures et de la nature de l'explosif, tandis que le second dépend de la nature et du poids de l'explosif. L'écart, d'abord positif, ne cesse de décroître à mesure que la grandeur des charges augmente, jusqu'à devenir négatif. Tout explosif se montrera par suite, inoffensif ou dangereux suivant que les quantités soumises aux essais seront inférieures ou supérieures à la charge critique correspondant à la valeur nulle de l'écart. Prendre comme base d'appréciation de la sûreté la fréquence plus ou moins grande des cas d'inflammation survenant dans un nombre donné d'essais effectués avec des charges uniformes, ne répond donc à rien de scientifique. C'est simplement s'assurer du plus ou moins de constance ou d'homogénéité de l'explosif expérimenté.

La *charge limite de sécurité*, qui est l'expression du rapport entre la durée du retard à l'inflammation et celle de la détente complète des gaz produits par l'unité de poids, constitue au contraire une excellente base de comparaison des divers explosifs. On la détermine facilement par expérience.

On n'admettra naturellement comme explosifs de sûreté que ceux dont la charge limite, dans les conditions les plus dangereuses, est assez élevée; rigoureusement elle devrait être égale au maximum des charges que l'on emploie normalement en pratique avec cet explosif.

Ici apparaît la nécessité de prendre en considération la force explosive quand on veut apprécier la sécurité de divers explosifs.

Il importe également de tenir compte de la nature particulière du travail à effectuer, de celle des roches à abattre et des autres circonstances dont dépend l'effet utile du minage. Mais on peut dire que de deux explosifs ayant la même charge limite de sûreté et également appropriés à l'usage auquel ils sont destinés, le meilleur sera évidemment celui qui possède la plus grande puissance de travail, car son emploi sera plus avantageux, et il y aura bien moins de probabilité pour que la charge limite soit dépassée intentionnellement.

Pour être concluantes, les épreuves de sûreté doivent être effectuées dans des conditions non seulement identiques pour tous les explosifs, mais encore aussi rapprochées que possible de celles qu'on rencontre dans la pratique. Cela résulte des variations considérables que l'on constate dans les effets des explosions suivant les circonstances locales, et de la difficulté de dégager nettement

l'influence de ces variations. Ainsi dans les expériences qui servent de base à la classification officielle en Angleterre, il est bien délicat de déduire de l'ensemble des conditions, les unes plus défavorables (appareil de petites dimensions, emploi du gaz d'éclairage au lieu de grisou), les autres plus favorables (absence de poussières, bourrage), dans quel sens s'exerce la résultante finale de toutes les influences, et comment se comporterait une mine fortement chargée détonant librement ou débouillant au sein d'une atmosphère grisouteuse et poussiéreuse dans une galerie de mine.

Les expériences effectuées en Allemagne et en Autriche méritent donc, à notre avis, plus de confiance.

CONCLUSION

On peut résumer comme suit l'état actuel de nos connaissances sur les explosifs de sûreté.

a) Au point de vue théorique. La raison du plus ou moins de sécurité des explosifs en présence du grisou et des poussières de charbon réside dans l'écart de temps entre la durée du retard à l'inflammation et celle du refroidissement complet des produits de l'explosion.

Les principales influences dont dépend, de par la nature de l'explosif, la grandeur de cet écart, sont la rapidité de l'explosion et la température de détonation; elles sont trop imparfaitement définies et dans une dépendance mutuelle trop complexe pour qu'on puisse en fixer avec quelque certitude les limites compatibles avec la sécurité.

Pour un explosif donné, la sécurité n'est jamais que relative; elle dépend des circonstances extérieures et du poids de la matière qui détone. Il existe pour tout explosif une charge limite au delà de laquelle l'inflammation du grisou ou des poussières se produit inévitablement.

b) Au point de vue pratique. La charge limite constitue l'étalon le plus rationnel de mesure du degré de sécurité des divers explosifs. Elle doit être déterminée expérimentalement, dans des conditions aussi identiques que possible au point de vue du danger avec celles des mines grisouteuses et poussiéreuses.

Un explosif de sûreté est caractérisé par une charge limite suffisamment grande et comparable à celles qu'exige l'usage normal auquel cet explosif est destiné.

L'explosif le plus avantageux est celui qui joint à la sécurité

la plus grande force explosive et le pouvoir brisant le mieux approprié à sa destination. Ces conditions ne sont pas absolument contradictoires. Il est possible de les réaliser par une combinaison convenable de la température de détonation et du pouvoir brisant.

Revenons à notre statistique. Les conclusions que nous venons de tirer de notre étude doivent être maintenues dans toute leur rigueur si l'on veut établir un classement exact et la valeur comparative des nombreux produits que fournit l'industrie sous le nom d'explosifs de sûreté.

Mais si l'on se borne à un triage approximatif, n'ayant d'autre but que de diviser les explosifs en deux catégories suivant que leur caractère dangereux paraît plus ou moins prononcé, on peut y arriver en se basant sur les nombreux faits d'expériences et les principes théoriques qui s'en dégagent.

Nous avons dû procéder à un triage de ce genre pour les explosifs employés dans notre pays et au sujet desquels des divergences de vue se révèlent dans les formulaires statistiques remplis d'après les indications des directeurs de charbonnages.

L'anti-grisou, Favier n° II, la grisoutite et la dahménite A qui ont fait l'objet de nombreuses expériences, sont considérés par tous ceux qui les emploient comme *explosifs de sûreté*. On est assez bien d'accord aussi pour donner ce titre aux diverses grisoutines, qui ont pour elles l'autorité de la Commission française. Bien que d'après les résultats des essais auxquels nous avons fait allusion plus haut, des réserves s'imposent en ce qui concerne quelques-uns de ces produits, tenant compte de ce qu'ils ne sont employés chez nous qu'à l'abatage de la roche, nous avons maintenu sur notre liste ceux dont la température de détonation ne dépasse pas 1870°.

En ce qui concerne le classement d'autres explosifs dont le caractère dangereux est discuté, à défauts d'essais directs, nous nous sommes inspirés :

1° De la similitude de composition chimique de ces explosifs et de ceux qui ont fait l'objet des expériences les plus sérieuses.

2° De la température de détonation.

3° De ce fait que les mélanges à base de nitrate ammonique sont d'autant moins sûrs que la proportion du corps carburant ou explosif qu'on y ajoute est plus élevée.

Dans la grande majorité des cas, nous avons pu ainsi nous former une opinion voisine de la certitude.

Il serait cependant injuste de placer sur la même ligne que les dynamites et forcites, gélatines etc., des explosifs dont le danger est beaucoup moindre. C'est pourquoi nous avons introduit dans la catégorie des explosifs brisants, une subdivision sous les lettres *a* et *b* et nous avons cru intéressant de mettre en relief les proportions, dans lesquelles ces derniers entrent dans la consommation.

En attendant, que des expériences sérieuses, dans un laboratoire convenablement installé, viennent dissiper toute incertitude au sujet de nos explosifs, on voudra bien ne pas perdre de vue que les distinctions entre les diverses catégories n'ont été établies que dans le but de rendre la statistique aussi exacte que possible. Nous répétons ce qui a été dit dans les rapports antérieurs : il ne faut attribuer à notre classement au point de vue de la sécurité aucun caractère de reconnaissance officielle. L'état actuel de notre réglementation ne comporte d'ailleurs pas de reconnaissance de ce genre.

Nous croyons cependant que notre essai de classification ne sera pas inutile aux exploitants et aux personnes qui s'occupent de la matière.

S'il n'existe dans les règlements généraux de police sur les mines, aucune disposition relative à l'emploi des explosifs de sûreté, il en est autrement dans la plupart des arrêtés spéciaux accordant des dispenses relativement au minage dans les mines grisouteuses, notamment pour le coupage des voies dans les mines de 2^e et 3^e catégorie.

L'octroi des dispenses est généralement subordonné à la condition de ne faire usage que d'explosifs de sûreté. Dans ce cas, comme dans ceux d'ailleurs très nombreux où les exploitants ont pris l'initiative de la généralisation de cette mesure de précaution, il importe que la confiance ne s'égaré pas sur des explosifs dont l'appellation pourrait bien ne pas être justifiée.

Remarquons à ce propos que la classification, soit qu'elle repose sur une formule, soit sur des expériences officielles, n'a de valeur que pour autant que la constance de composition chimique ou des propriétés physiques de l'explosif soit absolument garantie. Elle devrait être nécessairement contrôlée par des analyses ou des épreuves de sûreté périodiques.

Nous donnons ci-dessous la liste des explosifs que nous avons rangés dans la classe *b* des explosifs brisants, bien que certains

d'entre eux soient considérés parfois comme *explosifs de sûreté*, et de ceux que nous avons classés sous cette dernière rubrique. Les compositions indiquées résultent des déclarations faites par les fabricants aux ingénieurs en chef directeurs d'arrondissement en vertu de l'article 302 de l'arrêté royal du 29 octobre 1894.

Explosifs brisants (b).

<i>Antigrisou Favier n° I.</i>	Nitrate d'ammoniaque . . .	87,40 %
	Binitro-naphtaline . . .	12,60 %
<i>Explosif Favier n° III.</i>	Nitrate de soude . . .	64,00
	Nitrate d'ammoniaque . . .	17,48
	Nitronaphtaline . . .	18,52
<i>Nitroferrite n° 2.</i>	Nitrate d'ammoniaque . . .	77,0
	Nitrate de potassium . . .	9,6
	Ferricyanure de potassium . . .	4,0
	Sucre cristallisé . . .	4,8
	Farine grillée . . .	1,8
	Graisse de parafine jaune . . .	2,8
<i>Tritorite</i>	Nitrate d'ammoniaque . . .	70
	Binitrobenzol . . .	18
	Nitrate de potasse . . .	11
	Charbon végétal . . .	1
<i>Veltérine n° I. (1)</i>	Nitrate ammonique . . .	78
	Trinitrocrésylate ammonique . . .	22
<i>Bellite</i>	Nitrate ammonique . . .	83
	Dinitrobenzol . . .	17

Explosifs de sûreté

<i>Antigrisou Favier n° II.</i>	Nitrate ammonique . . .	80,9
	Binitronaphtaline . . .	11,7
	Chlorure d'ammonium . . .	7,4

(1) Deux autres types de cet explosif contenant l'un 12 %, l'autre 7 % de crésylate satisfont aux prescriptions de la formule française, le premier pour l'abatage de la roche, le second pour l'abatage du charbon. Il n'en a pas été consommé en 1897.

<i>Grisoutite de Matagne et</i>	Nitroglycérine	44,0
<i>Forcite antigrisouteuse n° 2</i>	Sulfate de magnésium . . .	44,0
<i>de Baelen.</i>	Cellulose	12,0
<i>Dahménite A.</i>	Nitrate ammonique	91,3
	Naphtaline	6,5
	Bichromate de potasse . . .	2,2
<i>Gélatine à l'ammoniaque A</i>	Nitroglycérine	30
<i>ou n° 2.</i>	Nitrocellulose	3
	Nitrate ammonique	67
<i>Forcite antigrisouteuse n° I</i>	Nitrate ammonique.	70,0
	Nitroglycérine	29,4
	Coton nitré	0,6
<i>Antigrisou d'Arendonck .</i>	Nitroglycérine	27
	Coton poudre	1
	Nitrate ammonique	72
<i>Gélinite à l'ammoniaque.</i>	Nitroglycérine	29,3
	Coton collodion	0,7
	Nitrate ammonique	70,0
<i>Dynamite de sûreté.</i> . .	Nitroglycérine	24
	Coton nitré	1
	Nitrate ammonique	75
<i>Fractorite.</i>	Nitrate ammonique	90
	Colophane	4
	Dextrine	4
	Bichromate de potasse . . .	2
<i>Flammivore</i>	Nitrate ammonique	85
	Sulfate ammonique	5
	Coton collodion	10
<i>Nitroferrite n° I.</i>	Nitrate ammonique	93 à 94
	Ferricyanure de potassium .	2
	Sucre cristallisé.	3 à 2
	Trinitronaphtaline	2

ANNEXE I

EXTRAITS D'UN MÉMOIRE DE M. HEISE

Begassessor, Directeur du laboratoire d'essais de la
Westfälische Berggewerkschaftskasse

SUR

LA QUESTION DES EXPLOSIFS DE SURETÉ (1)

Les progrès très marqués qui ont été réalisés dans ces derniers temps, en Allemagne, dans la fabrication des explosifs de sûreté ont été obtenus presque exclusivement par voie d'essais pratiques et ne paraissent pas s'être appuyés sur la théorie en vogue de l'influence de la température de détonation. Celle-ci n'est même pas connue pour les explosifs de sécurité les plus répandus. Cette lacune se trouvera comblée par la première partie du présent travail de M. Heise, qui comprend, en outre, l'exposé de plusieurs séries d'expériences récentes effectuées au point de vue de la sécurité, de la force et des propriétés brisantes des explosifs, dans la galerie de *Braubauerschaft*, près de Gelsenkirchen, et enfin quelques considérations sur la théorie des explosifs de sécurité.

I

DÉTERMINATION THÉORIQUE DES TEMPÉRATURES DE DÉTONATION ET DE LA PUISSANCE DE TRAVAIL DES EXPLOSIFS DE SURETÉ.

Le calcul des températures de détonation n'intéresse pas seulement au point de vue de la sécurité du minage en présence du grisou ou des poussières de charbon, il sert en même temps à faire connaître la force des explosifs et la tension des gaz produits par l'explosion pour une densité donnée de chargement. La marche à suivre pour résoudre ce problème étant bien connue (2), nous nous bornons ici à résumer les résultats des calculs dans le tableau I ci-dessous, où figurent, en outre, la composition des explosifs et l'équation probable de la réaction chimique.

(1) *Glück auf Essen*, n° 34 à 37, 1898. — Traduit et analysé par L. Denoël.

(2) Voir entr'autres : *Études sur les explosifs de sûreté* par J. Henrotte ;
ANNALES DES MINES DE BELGIQUE, t. I^{er}, 1^{re} livraison.

Tableau I.

EXPLOSIF	COMPOSITION	EQUATION DE LA RÉACTION (a)	TEMPÉRATURE DE DÉTONATION (Degrés centigrades)	TRAVAIL MAXIMUM FOURNI PAR 1 kg. de l'explosif (en kgm.)
Carbonite pour charbon et Wetterdynamite de Wittenberg	25 nitroglycérine. 34 salpêtre. 39,5 tan pulvérisé. (contenant 2,5 % d'eau) 1 nitrate de Ba. 0,5 carbonate Na.	$144C^6H^{10}N^6O^{18} + 880KNO^3 + 596C^6H^{10}O^5$ $+ 363H^2O + 10B_aN^2O^6 + 12N_a^2CO^3 =$ $1648CO^2 + 2342CO + 1647H^2O + 2416H^2$ $+ 877N^2 + 440K^2CO^3 + 10B_aCO^3 +$ $12N_a^2CO^3.$	1845°	231,000
Carbonite n° I	25 nitroglycérine. 30,5 nitrate de soude. 37 farine. 2,5 humidité. 5 bichromate de po- tassium.	$32C^6H^{10}N^6O^{18} + 210N_aNO^3 + 134C^6H^{10}O^5$ $+ 82H^2O + 10K_2C_r^2O^7 = 376CO^2 +$ $515CO + 376H^2O + 536H^2 + 201N^2 +$ $105N_a^2CO^3 + 10K_2C_r^2O^7 (b)$	1868°	239,000
Carbonite n° II	30 nitroglycérine. 24,5 nitrate de soude. 38 farine. 2,5 eau. 5 bichromate de po- tassium.	$8C^6H^{10}N^6O^{18} + 34N_aNO^3 + 28C^6H^{10}O^5 +$ $16H^2O + 2K^2C_r^2O^7 = 76CO^2 + 123CO +$ $76H^2O + 120H^2 + 41N^2 + 17N_a^2CO^3 +$ $2K^2C_r^2O^7 (b)$	1821°	232,000
Explosif de sûreté de Cologne- Rottweiler	93 nitrate ammonique 4,9 huile végétale. 1,2 soufre. 0,9 nitrate de barium.	$337N^2H^4O^3 + 3,3C^{23}H^{36}O^7 + 11S +$ $B_aN^2O^6 = 76CO^2 + 734H^2O + 338N^2 +$ $65O^2 + 11SO^2 + B_aCO^3$	1774°	265,000
Dahmenite A (c)	91,3 nitrate ammonique 6,5 naphtaline. 2,2 bichromate de po- tassium.	$151N^2H^4O^3 + 7C^{10}H^8 + K^2C_r^2O^7 =$ $70CO^2 + 313H^2O + 17H^2 + 151N^2 +$ $K^2C_r^2O^7 (b)$	2064°	341,000
Roburite n° I	87,5 nitrate ammonique 7 binitrobenzol. 0,5 permanganate de potassium. 5 sulfate ammonique	$431N^2H^4O^3 + 16C^6H^4N^2O^4 + K^2M_nO^4 +$ $15N^2H^4SO^4 = 98CO^2 + 895H^2O + 134O^2$ $+ 447N^2 + K^2M_nO^4 + 15N^2H^4SO^4 (b)$	1616°	220,000
Westfalite	91 nitrate ammonique 4 salpêtre. 5 résine.	$687N^2H^4O^3 + 24KNO^3 + 10C^{20}H^{30}O^2 =$ $188CO^2 + 1524H^2O + 699N^2 + 108O^2 +$ $12K^2CO^3$	1806°	274,000
Gélatine- dynamite	62,5 nitroglycérine. 2,5 nitrocellulose. 25,9 nitrate de soude. 8,75 cellulose. 0,75 carbonate sodique		2984°	491,000
Dynamite à la guhr	75 nitroglycérine. 25 Kieselguhr.		2907°	427,000

Observations. — a) On se rappellera que pour établir l'équation de décomposition dans les cas où il y a excès de corps combustibles par rapport à l'oxygène, on admet que ce dernier élément se porte d'abord sur le carbone pour le transformer en CO et que le restant se répartit par parties égales entre l'hydrogène et le CO pour former CO² et H²O. Cette hypothèse est assez concordante avec les analyses des gaz produits par l'explosion.

b) D'après les expériences de la commission française, les sels comme le sulfate ammonique, le bichromate et le permanganate de potassium ne sont pas décomposés totalement par l'explosion. Ce qui le prouve d'ailleurs c'est que l'influence de ces sels sur la sécurité (si elle existe réellement) n'est que très faible et nullement en rapport avec la proportion dans laquelle ils sont mélangés à l'explosif. En hiver, après les essais effectués avec la roburite, on voit à l'orifice de la galerie la neige constellée de petites taches rouges de permanganate de potassium, preuve que la poussière de ce sel non décomposé a été projetée sur toute la longueur de la galerie (34 mètres). C'est pourquoi on a considéré dans le calcul tous les sels en question comme chimiquement inertes.

c) L'oxygène disponible ne suffit pas à assurer la combustion complète des éléments, mais il s'en faut de fort peu; de sorte qu'une autre hypothèse sur le mode de décomposition ne modifierait guère le résultat. Les analyses des gaz brûlés révèlent d'ailleurs de l'hydrogène libre.

Il faut se garder de conclure des températures de détonation au degré de sécurité, non plus que des chiffres théoriques qui indiquent le travail maximum à l'emploi plus ou moins économique des différents explosifs. Car ici il n'y a pas que la puissance qui entre en jeu, mais encore la rapidité avec laquelle cette puissance se déploie, c'est-à-dire la qualité brisante de l'explosif et la nature de la roche à faire sauter. Comment peut-on déterminer le *pouvoir brisant* et quel rapport y a-t-il entre ce caractère, la force, la température de détonation et la sécurité des explosifs? C'est ce qui fait l'objet de la deuxième partie du travail de M. Heise.

II

EXPÉRIENCES RÉCENTES CONCERNANT LA SÛRETÉ, LA FORCE ET
LE POUVOIR BRISANT DES EXPLOSIFS.a) Expériences concernant la sûreté dans les milieux
grisouteux et poussiéreux.

Les explosifs expérimentés sont ceux d'un usage courant dans les mines du district rhénan westphalien; ils sont renseignés avec leur composition dans le tableau précédent. On y remarque à côté de la plupart des anciens produits qui déjà antérieurement ont fait l'objet de diverses publications ⁽¹⁾, deux nouveaux types de carbonite pour charbon désignés par les numéros I et II et dont l'emploi a pris une certaine extension depuis 1897. Il convient également de signaler, à cause des remarquables résultats obtenus dans les essais auxquels elle a été soumise, la « poudre Victoria » de composition identique à la dahménite A et n'en différant que par son état physique. Après mélange intime et uniforme des constituants, la matière est soumise à une forte pression et ensuite divisée en grains de la grosseur de la poudre de chasse. Les échantillons de ce produit venaient directement de la fabrique, tandis, que pour les autres explosifs, on a prélevé les cartouches dans les magasins des mines du voisinage.

Les essais de 1897 avaient été divisés en trois catégories :

- | | |
|----|---|
| 1° | Essais en présence de poussières seules ; |
| 2° | » » et de 2 1/2 % de grisou ; |
| 3° | » » et de 6 1/2 % » |

Les explosifs détonaient dans un mortier sans bourrage, c'est-à-dire dans les conditions d'une mine faisant canon. Les dernières expériences ont eu pour but de comparer de nouveau la sécurité obtenue par les différents explosifs, aussi bien d'après cette méthode que par celle qui consiste à les faire détoner à air libre ou dans des enveloppes de fer blanc. Ce dernier procédé est suivi en Autriche où l'on considère qu'il constitue un critérium plus sûr que tout autre de la sécurité des explosifs en présence du grisou et des poussières.

⁽¹⁾ Voir les comptes rendus des expériences publiés par M. V. Watteyne dans les *Annales des Mines de Belgique*, t. I, 1^{re} liv. et t. II, 4^e liv.

Pour les deux séries d'essais, tir au mortier ou déflagration à air libre, la proportion de grisou introduite dans la galerie a été portée de 6 1/2 à 8 ou 8 1/4 ‰, les autres conditions restant les mêmes que précédemment, c'est-à-dire que les mines ont été tirées sans bourrage, amorcées avec des détonateurs contenant 2 grammes de fulminate de mercure et qu'après l'introduction du grisou, on mettait en suspension dans la chambre d'explosion, deux litres de poussières de charbon gras.

Pour faire détoner les explosifs à air libre, on plaçait simplement les cartouches, liées en paquet au moyen d'un cordon quand il y en avait plusieurs, à découvert sur une planche en travers de la galerie. Dans certains cas, la charge a été tassée en une seule cartouche, pour renforcer encore les conditions de l'expérience. Il a été fait au moins cinq essais avec chaque explosif par l'une et l'autre méthode.

Le tableau suivant permet d'apprécier les résultats et de les comparer entre eux et avec les précédents.

Tableau II.

EXPLOSIFS	CHARGES MAXIMA N'AYANT PAS ENFLAMMÉ LE MÉLANGE EXPLOSIBLE DANS LES ESSAIS.			
	AU MORTIER			A AIR LIBRE
	a Poussières seules ou avec 2 1/2 % de grisou.	b Poussières avec 6 1/2 % de grisou.	c Poussières avec 8 % de grisou.	(en cartouches originales.) Poussières avec 8 % de grisou.
Carbonite pour charbon.	900 (1)	900 (1)	900 (1)	600 (1)
Id. n° I			725 (1)	400
Id. n° II			735 (1)	300
Poudre de l'ogone Rottweiler	500	400	200	50
Dahménite A.	550	450	450	50
Id. grenée	"	"	700 (1)	500
Roburite n° I	450	450	300	100
Id. grenée.			600	
Westfalite.	550	450	350	50
Gélatine dynamite.	30		8	15
Dynamite guhr.			7	5

D'où il résulte :

a) En ce qui concerne les essais au mortier :

1° que les *carbonites pour charbon* se montrent comme précédemment complètement de sécurité dans les limites des charges employées, même en présence de 8 % de grisou.

2° Que parmi les explosifs à base de nitrate ammonique, la *dahménite A* seule conserve le même degré de sécurité en présence de 6 1/2 ou de 8 % de grisou, ce qui tient vraisemblablement à la fabrication plus soignée de ce produit. Cette explication paraît d'autant plus probable que des échantillons venant directement de la fabrique

(1) On n'a pas fait d'essais avec des charges supérieures.

ont pu être éprouvés à la charge de 500 grammes sans allumer le mélange à 6 1/2 % de gaz et que les derniers essais avec 8 % de grisou n'ont révélé aucune différence entre les cartouches provenant des magasins des charbonnages, et celles venant directement de la fabrique.

3° Les divers explosifs au nitrate ammonique, à l'état pulvérisé, peuvent être mis sensiblement sur le même pied au point de vue de la sécurité.

4° La *dahménite A granulée (poudre Victoria)* se montre aussi sûre que les carbonites pour charbon, puisqu'elle a pu être essayée jusqu'à la charge de 700 grammes. Dans les derniers temps, il a été envoyé de la fabrique, de la *roburite n° I* préparée de la même façon, avec laquelle 5 essais seulement ont pu être effectués qui n'ont donné lieu jusqu'à la charge de 600 grammes à aucune inflammation du mélange à 8 % de grisou.

b) En ce qui concerne la déflagration à air libre, les résultats diffèrent notablement des précédents.

La *carbonite pour charbon* a été essayée par quantités croissantes de 130 à 600 grammes sans donner lieu à aucune inflammation. En tassant la charge de façon à en confectionner une seule cartouche, on a obtenu des explosions avec 480 et 550 grammes.

Les *carbonites n° I et n° II* ont enflammé le mélange grisouteux aux charges respectives de 500 et 350 grammes.

La *dahménite A* et la *poudre de Cologne-Rottweiler* ne présentent plus de sécurité à la charge de 100 grammes, tandis que la *dahménite granulée*, en cartouches dans leur enveloppe originale, est encore de sûreté à la charge de 500 grammes ; mais, comme pour la *carbonite pour charbon*, une charge de 450 grammes en une seule cartouche a provoqué une inflammation.

La *Roburite n° I* a donné des résultats très variables, une charge de 120 grammes a donné une explosion tandis qu'on n'a pas réussi à en provoquer dans une série d'essais avec 200 grammes.

Enfin la *Westfalite*, en charge de 50 grammes déjà, a amené l'inflammation du grisou (2 fois sur 11 essais).

Ce qui frappe à première vue dans ces résultats, c'est que le mélange grisouteux s'enflamme bien plus facilement par la détonation à air libre que par les coups tirés au mortier, et l'on peut dire que la première méthode d'expérimentation est en effet, pour un explosif donné, la plus rigoureuse que l'on puisse imaginer.

Mais ici se pose la question de la comparaison du degré de sécurité de divers explosifs, et à ce point de vue la méthode en question conduit-elle à des résultats ?

On voit en premier lieu que le classement des explosifs s'établit différemment suivant que l'on envisage les résultats obtenus par l'un ou par l'autre procédé. Alors que des explosifs (pulvérulents) au nitrate ammonique, c'est la dahménite A qui se montre la plus sûre dans les essais au mortier, dans les nouvelles conditions, c'est la roburite n° I. Les résultats les plus défavorables dans le premier cas ont été donnés par la poudre de sûreté de Cologne-Rottweiler, dans le second cas par la Westfalite. A quelle méthode doit-on par suite accorder le plus de confiance ?

Pour M. Heise, la réponse à cette question ne peut être douteuse. En premier lieu, il est évident que dans le mortier qui est fixe et oppose une résistance à la pression des gaz, la décomposition de l'explosif sera plus facile et plus complète que si l'on provoque la détonation à air libre, la matière étant, dans ce dernier cas, susceptible d'être pulvérisée et projetée par la violence de l'explosion. Plusieurs fois, dans les essais à air libre, le bruit faible de la détonation et l'odeur désagréable des fumées ont pu faire conclure à une décomposition incomplète, bien que des recherches soigneuses n'aient fait découvrir aucun débris d'explosif ou de cartouches. Dans certains cas, notamment avec la roburite n° I, les parois de la galerie ont été trouvées après les essais tapissées d'une poussière blanche qui a été reconnue au goût provenir de l'explosif. Les coups tirés dans ces circonstances n'enflammaient pas le grisou, même avec des charges relativement fortes. Mais plusieurs fois, des cartouches ayant été confectionnées avec les résidus d'explosions à air libre manifestement incomplètes et ayant été essayées immédiatement au mortier, on a obtenu des résultats absolument comparables avec ceux des expériences antérieures.

On peut donc dire que dans les essais à air libre les explosifs qui se comportent relativement le plus mal sont ceux qui possèdent la plus grande aptitude à la détonation. Un fait montre bien à quel degré décisif cette qualité intervient dans la sécurité apparente des explosifs, c'est que le tassement de plusieurs cartouches en une seule modifie considérablement les résultats ainsi qu'on peut le voir par l'exemple de la Carbonite pour charbon et de la Dahménite A granulée.

Ces considérations sont d'ailleurs confirmées par de nouveaux essais, effectués (d'après les principes de la Commission Autrichienne), en combinant les expériences de force avec celles de sécurité.

Le croquis (fig. 1) montre le dispositif employé.

Sur une plaque de fer *a* reposent deux cylindre de plomb superposés *b*, de 40^{mm} de diamètre et de 30^{mm} de hauteur. Sur le bloc supérieur sont placées deux rondelles d'acier *c* de 40^{mm} de diamètre également et de 4^{mm} d'épaisseur. Embrassant ces rondelles et le cylindre supérieur, une tube de fer blanc *d* de 41^{mm} de diamètre intérieur est destiné à recevoir l'explosif *e* ; *f. f.* sont des fils d'attache.

La cartouche ainsi disposée est amorcée et mise à feu dans un mélange explosible de grisou. L'enveloppe de fer blanc est naturellement détruite et la déformation des blocs de plomb permet d'apprécier la force de l'explosif.

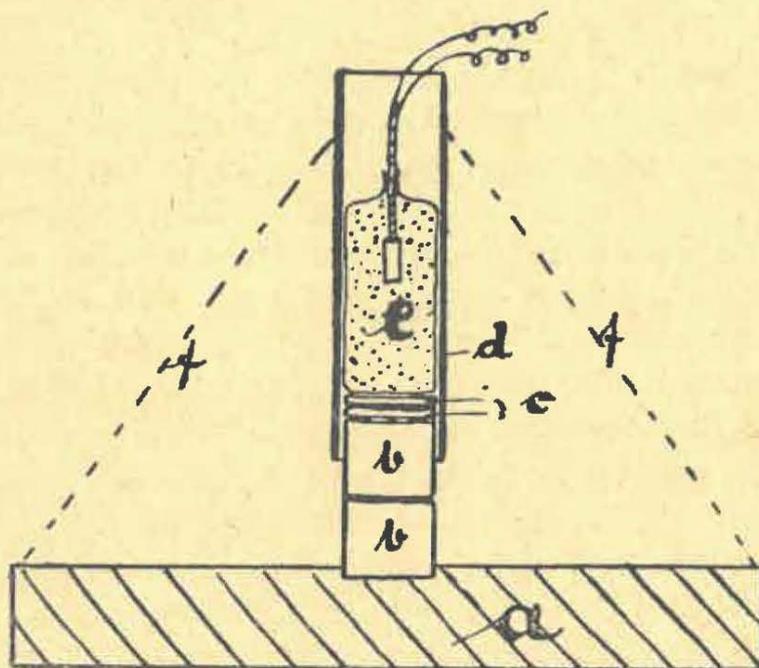


FIG. 1

Ces essais ont débuté par la gélatine et la dynamite-guhr, ils ont conduit à ce résultat, à première vue surprenant, que cette dernière donne un aplatissement des blocs de plomb presque double de celui qu'on obtient avec la gélatine-dynamite. Or on sait que celle-ci, aussi bien d'après le calcul que d'après les essais de Trauz'l et l'expérience journalière des travaux des mines, est notablement plus forte et non moins brisante que la dynamite-guhr. La manière différente dont ces deux produits se comportent ici ne peut s'expliquer qu'en admettant que la gélatine-dynamite ne détone qu'incomplètement et sans développer toute sa puissance quand elle n'est pas entourée par les parois fixes d'un trou de mine. C'est ce qu'avait

déjà fait ressortir la commission française du grisou ⁽¹⁾ pour la dynamite-gomme (qui forme le principal constituant de la gélatine-dynamite) et pour différents autres explosifs, elle avait démontré également qu'enfermés dans un trou de mine ces mêmes explosifs détonaient complètement et avec le développement de puissance et de chaleur qui leur est propre.

Les résultats obtenus avec la gélatine-dynamite et la dynamite-guhr en présence d'un mélange inflammable de grisou sont absolument concordants avec ceux qui viennent d'être exposés. Tirés au mortier, les deux explosifs sont également dangereux et allument le grisou à la charge de 8 grammes environ. A air libre, la dynamite-guhr conserve son caractère tandis que la gélatine-dynamite devient notablement plus sûre et n'a donné lieu à aucune inflammation avec des charges de 15 grammes. En présence de poussières seules les deux produits se comportent également différemment, les charges limites sont seulement un peu plus fortes.

Les carbonites pour charbon ayant une composition analogue à celle de la gélatine-dynamite, on doit s'attendre vraisemblablement à ce qu'elles ne détonent pas non plus aussi complètement à air libre que dans un trou de mine.

Quant aux explosifs au nitrate ammonique, les essais ont confirmé ce qui a été dit plus haut de l'influence de l'aptitude à la détonation. La Westphalite a amené les déformations les plus fortes et les plus régulières des cylindres de plomb, tandis que d'après le calcul comme d'après les essais Trauzl elle est plus faible que la dahménite A. La Roburite n° 1 a donné des résultats très variables.

D'après cela, M. Heise conclut que l'épreuve à l'air libre n'est pas de nature à faire apprécier la sécurité relative de différents explosifs, et qu'elle n'est pas appelée à supplanter les essais au mortier. Sans méconnaître les reproches que l'on peut adresser à cet auxiliaire, il estime qu'ils sont cependant peu de chose en considération des erreurs graves auxquelles on serait conduit, dans les cas de détonation incomplète, par les épreuves à air libre. Cette méthode de procéder, à la vérité plus rigoureuse mais plus incertaine, ne devrait être employée que dans les cas où l'on ne peut obtenir par le tir au canon aucune inflammation du mélange grisouteux. Il y a lieu de remarquer que pour la gélatine-dynamite, c'est l'épreuve au mortier qui est la plus défavorable.

⁽¹⁾ *Annales des Mines*, 1888. Vol. XIV.

b) Quelques expériences concernant l'inflammabilité des tourbillons de poussières de charbon.

On sait qu'une source de chaleur même forte, telle qu'un feu de forge ou l'arc électrique ne suffit pas à elle seule à provoquer l'explosion de la poussière ordinaire de charbon. Pour se produire, l'explosion exige un choc ou une pression résultant par exemple d'un coup de mine débouillant ou d'une explosion de grisou.

Quelques expériences faites dans cet ordre d'idées méritent d'être signalées. Les coups de mine de dynamite-gélatine ne donnent lieu, dans la galerie d'essais de *Branbauerschaft*, ainsi qu'un très grand nombre d'expériences l'ont établi, à une inflammation des poussières de charbon que si la charge atteint au moins 50 grammes. Cette limite ne dépend pas seulement de la nature particulière des poussières ou de l'explosif, mais elle peut encore varier notablement d'après la disposition de la galerie d'essais. Pour mettre en lumière cette influence des circonstances locales, on dresse en travers de la galerie, à des distances variables (de 0^m,075 à 0^m,550) du mortier, une plaque de fer carrée de 0^m,30 de côté, solidement maintenue par quelques pièces de bois, de façon à provoquer un refoulement violent du coup de vent qui se produit au départ de la mine dans l'air saturé de poussières de charbon. Dans ces conditions, on constate que les explosions de poussières se manifestent d'autant plus facilement que l'obstacle est plus rapproché de la gueule du canon; avec la gélatine-dynamite, la charge limite de sécurité a pu être ainsi abaissée jusqu'à 10 grammes.

Cela prouve que les expériences faites dans les conditions ordinaires cessent d'être concluantes et que les limites de sécurité reconnues jusqu'ici pour les différents explosifs seront tout autres en dehors des circonstances locales bien déterminées de la galerie d'essais. Dans les travaux miniers, l'effet des coups de mine débouillants variera donc suivant que le fourneau aura été creusé dans la direction de l'axe d'une galerie ou qu'il sera dirigé vers le toit ou vers les parois.

La manière dont se comporte la poudre noire en présence des tourbillons de poussières n'est pas moins intéressante. Trois séries d'essais ont été faits au mortier avec des cartouches de papier :

1° Sans bourrage, l'amorçage ayant lieu au moyen d'une capsule de fulminate;

- 2° Sans bourrage, l'amorçage ayant lieu à la mèche;
- 3° Bourrage énergique d'argile sèche, de 10 cm de longueur, amorçage à la mèche.

L'inflammation des poussières s'est produite avec des charges respectivement de 80 gr., 250 gr. et 200 gr.

Il résulte de ces essais que pour la poudre noire la chaleur développée et la température de détonation ne sont pas seules à considérer, mais que ce produit est d'autant plus dangereux en présence des poussières que son action est plus brutale, soit que cet effet résulte de l'emploi d'une capsule ou de celui d'un bourrage qui permette aux gaz d'acquiesir très rapidement une forte tension.

c) Essais sur la force et les propriétés brisantes des explosifs.

La force théorique des explosifs calculée dans la première partie de ce travail ne répond pas, avons-nous dit, de leur effet utile, parce que celui-ci dépend en outre du caractère plus ou moins brisant de l'explosif et de la nature de la roche à abattre. On peut déterminer par le calcul ou par l'expérience, la force et la rapidité d'action d'un explosif, mais il n'en est pas de même pour les propriétés de la roche qui échappent au calcul; on ne peut donc déterminer par des nombres définis et répondant à la généralité des cas l'effet utile d'un explosif. Il importe cependant pour la pratique de posséder des chiffres comparatifs de la puissance des explosifs et on y arrive en règle générale par l'épreuve de Trauz'l.

M. Winkhaus a déjà fait connaître un grand nombre de résultats obtenus par cette voie ⁽¹⁾. M. Heise a repris ces essais en se servant de blocs de plomb raffiné de 240^{m/m} de hauteur et de 140^{m/m} de diamètre, percés d'un trou cylindrique de 25^{m/m} de diamètre et 145^{m/m} de profondeur. Les explosifs, pesés très exactement, étaient moulés en petites cartouches dans une feuille d'étain de façon à ce qu'on puisse les introduire dans le creux des blocs de plomb et les tasser sur le fond de celui-ci. Les capsules dont il était fait usage contenaient 2 gr. de fulminate de mercure. Comme bourrage, on versait sur l'explosif 50 cm³ exactement mesurés, de sable sec tamisé, l'orifice supérieur restant

(1) Voir *Annales des Mines de Belgique*, t. I. p. 57.

d'ailleurs libre. L'élargissement résultant de l'explosion était mesuré en remplissant d'eau la cavité du bloc au moyen d'éprouvettes graduées.

Dans une première série d'essais, on a employé des charges uniformes de 10 grammes, et chaque explosif a fait l'objet de 5 expériences dont on a déterminé la moyenne des résultats. Les écarts entre les moyennes et chacun des essais en particulier sont assez faibles; sur 49 cas il n'y en a qu'un seul (avec la dahménite A grenée) où cet écart atteint 10 %, et dans 13 essais seulement, il dépasse 5 %.

Le tableau ci-dessous résume les résultats des essais de force et établit la comparaison entre ces derniers et les forces théoriques calculées précédemment.

Tableau III.

	Travail maximum théorique pour 1 gr. de l'explosif.	Élargissement du bloc de plomb pour 10 gr. d'explosif.
Carbonite pour charbon .	231 kilogr.	206 cm ³
Carbonite pour charbon n°I.	239 "	231 "
Carbonite pour charbon n°II.	232 "	246 "
Poudre de sûreté C. Rottweiler.	265 "	342 "
Dahménite A.	341 "	444 "
Dahménite A granulée . .	341 "	338 "
Roburite n°I.	220 "	321 "
Westfalite.	274 "	389 "
Gélatine-dynamite. . . .	491 "	556 "
Dynamite-guhr	427 "	473 "

Il est visible qu'il n'y a aucun rapport constant entre les deux séries de chiffres.

Considérons en premier lieu les carbonites. On objectera peut-être que la détermination théorique de la force est très incertaine attendu qu'on ne connaît pas exactement la manière dont la décomposition s'effectue réellement. On accordera cependant que l'erreur qui en résulte doit affecter également des produits aussi semblables par leur composition et leur mode de décomposition que les carbonites. Or nous voyons que la force calculée des trois types est sensiblement la même tandis que les effets de l'explosion au sein du bloc de plomb diffèrent notablement. La seule explication que l'on puisse donner de ce fait réside dans la rapidité plus ou moins grande de la réaction chimique, c'est-à-dire dans le caractère plus ou moins brisant de l'explosif.

Pour les mêmes raisons, il est permis de comparer entre eux les divers explosifs au nitrate ammonique et de s'expliquer la différence des résultats obtenus.

La détermination théorique de la puissance possède d'ailleurs un tel degré de probabilité que l'on peut même sans grande erreur comparer entre eux les explosifs des deux catégories.

Dans les conditions où les expériences ont été effectuées, il est clair que les explosifs les plus brisants donneront lieu aux plus fortes déformations de la masse de plomb, car, par une déflagration lente, les gaz peuvent s'échapper sans produire de travail utile. Il s'ensuit que la rapidité relative des divers explosifs peut se déduire de la force maxima calculée d'une part, et de l'élargissement de la cavité des blocs de plomb, d'autre part.

Se basant sur ces considérations, on a effectué une nouvelle série d'expériences en vue de déterminer immédiatement les chiffres caractéristiques du pouvoir brisant des divers explosifs de sécurité. Dans ce but, on a calculé, d'après la force théorique de chacun, les poids d'explosif nécessaires pour produire un travail de 2500 kilogrammètres. Ces quantités doivent donner, par l'essai au bloc de plomb, pour la même « brisance » les mêmes déformations. Dans le cas contraire, les divergences sont imputables à cette même propriété et les chiffres obtenus dans ces conditions pourront être regardés comme définissant le *pouvoir brisant*.

On pourrait également déduire ces nombres caractéristiques des résultats obtenus précédemment : il suffit de calculer, en se basant sur la déformation du bloc de plomb produite par 10 grammes de l'explosif, l'élargissement correspondant à une charge capable de développer un travail de 2500 kilogrammètres.

Le tableau suivant indique les résultats obtenus d'après ces deux méthodes. Comme on le voit, les deux séries de chiffres concordent sensiblement. Les différences peuvent être attribuées en partie aux écarts, inévitables en pratique, d'avec les valeurs moyennes, mais elles s'expliquent surtout par ce fait que les déformations des blocs de plomb croissent plus rapidement que les charges employées par suite de la diminution d'épaisseur et de résistance des parois de la cavité.

Tableau IV.

	Charges correspon- dant à 2,500 kilogr.	Déformation des blocs de plomb	
		constatée par expérience (moyenne de 5 essais).	calculée.
Carbonite pour charbon.	10,82 gr.	233	223
Id. n° I.	10,46 »	246	241
Id. n° II.	10,78 »	284	264
Poudre de sûreté de Cologne Rottweiler	9,43 »	335	323
Dahménite A.	7,33 »	320	326
Id. granulée	7,33 »	254	248
Roburite n° I.	11,36 »	368	365
Westfalite . . ,	9,12 »	368	355

III

RÉSULTATS ACQUIS ET CONCLUSIONS.

a) Classement des Explosifs.

Les résultats acquis jusqu'à présent sont condensés dans le tableau récapitulatif n° V, dont l'inspection facilitera de beaucoup l'intelligence de la dernière partie de ce travail, laquelle consiste en quelques considérations sur la théorie des explosifs de sûreté. La dernière colonne de ce tableau demande seule quelques mots d'explication.

C'est une chose très difficile que d'établir d'une façon indiscutable la sécurité relative de divers explosifs. Nous avons vu en effet, que les nombres comparatifs varient avec les conditions des expériences. Une autre question reste indécise : celle de savoir si le tir au mortier sans bourrage correspond, au point de vue du processus de la décomposition chimique et partant de la sécurité des explosifs, aux conditions pratiques ordinaires du minage avec bourrage. De plus, le mode d'encartouchage a une influence très remarquable sur la sécurité. C'est pourquoi il importe de ne s'aventurer qu'avec la plus grande précaution quand on veut classer les explosifs suivant leur sécurité absolue.

En ce qui concerne les explosifs dont il est question dans cette étude, on peut les diviser en 2 groupes : Les explosifs du groupe I sont caractérisés par ce fait qu'ils ne donnent lieu, avec des charges de 600 à 700 grammes, à aucune inflammation du mélange à 8 % de grisou dans les conditions des expériences au mortier ; ceux du groupe II ont donné des inflammations dans les mêmes circonstances. Au premier groupe appartiennent les carbonites pour charbon et la dahménite A granulée ; au second groupe, la poudre de sûreté de Cologne-Rottweiler, la dahménite A pulvérulente, la roburite n° I et la Westfalite. Les indices I et II dont ils sont affectés au tableau établissent ainsi un premier classement.

Au sein du groupe I, il y a lieu de distinguer entre les carbonites et la Dahménite A granulée à cause de la différence de composition, de préparation et d'enveloppe qui ne permet guère de comparer immédiatement ces 2 catégories d'explosifs. Mais les mêmes motifs n'existent pas en ce qui concerne la comparaison des 3 types de carbonite entre eux. D'après les essais à air libre, la carbonite pour charbon paraît plus sûre que la carbonite n° I et celle-ci à son tour l'emporte sur la carbonite n° II. C'est ce qu'on a exprimé par les notations Ia , Ib , Ic tandis que la dahménite A est classée simplement sous l'indice I.

En ce qui concerne le groupe II, le classement est encore plus délicat ; d'une part, les résultats obtenus sont assez peu différents, et d'autre part il y a des différences très notables dans la composition, la préparation et l'enveloppement des divers explosifs. Les dernières expériences cependant font admettre avec une certaine probabilité que la dahménite A présente un degré de sécurité supérieur ; c'est pourquoi cet explosif a reçu la caractéristique IIa , tandis que les autres sont désignés par IIb ; les parenthèses entourant les indices a et b expriment le doute qui peut encore subsister sur ce classement.

Tableau récapitulatif V.

EXPLOSIF.	Température de détonation.	Chaleur dégagée par 1 kilogr. d'explosif.	Travail maximum développé par 1 kilogr.	Élargissement du bloc de plomb pour 10 gr.	Charge correspondant à un travail de 2,500 kgm.	Élargissement du bloc de plomb pour un travail de 2,500 kilogr. (Pouvoir brisant).	Degré de sécurité.
Carbonite pour charbon . . .	1845°	628 cal.	231,000 kgm.	206	10,82 gr.	233 cm ²	I _a
Id. n° I . . .	1868°	652 »	239,000 »	231	10,46 »	246 »	I _b
Id. n° II . . .	1821°	633 »	232,000 »	246	10,78 »	284 »	I _c
Poudre de sûreté de Cologne Rottweiler	1774°	725 »	265,000 »	342	9,43 »	335 »	II(b)
Dahménite A	2064°	914 »	341,000 »	444	7,33 »	320 »	II(a)
Id. granulée	2064°	914 »	341,000 »	338	7,33 »	254 »	I
Roburite n° I	1616°	612 »	220,000 »	321	11,36 »	368 »	II(b)
Westfalite	1806°	749 »	274,000 »	389	9,12 »	368 »	II(b)

b) Théorie des Explosifs de sûreté et conclusions.

M. Heise aborde ce dernier chapitre de son mémoire par un coup d'œil rétrospectif sur les travaux des commissions prussienne et française du grisou. Il rappelle les conclusions erronées de la première, à savoir : que les explosifs brisants ne peuvent enflammer le grisou ni les poussières de charbon et qu'un explosif est d'autant plus sûr qu'il est plus brisant; conclusions dont les expériences de M. Lohmann, à Neunkirchen, et de M. Winkaus ensuite, ont fait justice, et qui s'expliquent par le fait que la commission prussienne n'opérait ses essais que sur de très petites quantités et par la détonation (parfois incomplète) à air libre.

En ce qui concerne les travaux intéressants et bien connus de la commission française et en particulier de M. Mallard et de Chatellier, après en avoir donné un exposé, M. Heise passe à l'examen de la théorie généralement admise qui en découle et qui se résume dans ce principe que la sûreté d'un explosif est d'autant plus grande que sa température de détonation est plus basse.

Quelque séduisante, dit-il, que paraisse cette théorie et quelque influence qu'elle ait exercée (on sait qu'elle a inspiré la réglementation française qui prescrit de n'employer, pour l'abatage du charbon et de la roche, que des explosifs dont la température de détonation ne dépasse pas, suivant le cas, 1500 ou 1900°), il s'élève à son sujet une série de doutes qu'elle est impuissante à dissiper.

En premier lieu, la température de détonation étant indépendante de la quantité d'explosif, cette théorie n'explique pas pourquoi tous les explosifs connus jusqu'ici ne présentent de sécurité qu'en deçà d'une certaine limite de charge. Ce fait n'avait pas échappé aux expérimentateurs français et ils l'expliquent par le défaut d'homogénéité du mélange au moins binaire qui constitue un explosif de sûreté⁽¹⁾. Mais si l'on peut ainsi rendre compte des inflammations isolées et accidentelles, l'explication est inadmissible quand on sait qu'il existe deux limites de charge, l'une en dessous de laquelle règne la sécurité complète, l'autre au-dessus de laquelle les inflammations se produisent à coup sûr.

Un second reproche à cette théorie, c'est que si la température

(¹) *Annales des Mines de Belgique*, 1888, p. 361.

de détonation constitue un critérium de la sécurité pour des explosifs composés des mêmes éléments, mais en proportion variable, tels que ceux formés de nitrate ammonique et d'un corps carburant, il n'en est plus de même quand il s'agit de comparer entre eux au point de vue de la sécurité des produits différant notablement par la composition et le mode de préparation.

Prenons par exemple le mélange de 30 % de nitroglycérine avec 70 % de nitrate-ammonique dont la température de détonation 1850° correspond à celle des explosifs de sûreté en usage en Westphalie. Ce mélange ne peut guère prétendre au titre d'explosif de sûreté, car les coups de canon sans bourrage provoquent l'inflammation des poussières seules aux charges de 200 à 300 gr, déjà. Comparons également les mélanges de nitrate ammonique avec le binitrobenzol d'une part et avec la naphthaline d'autre part, et dans des proportions telles que la température de détonation soit dans les deux cas de 2100 degrés. L'explosif au binitrobenzol se rapproche sensiblement de la roburite au rocher (*gesteinroburit*) qui n'est pas considérée comme de sûreté, tandis que l'explosif à la naphthaline représenté par la dahménite A possède un degré de sécurité relativement élevé.

Enfin, si l'on se rapporte au tableau récapitulatif n° V, on voit, à la vérité, que toutes les températures de détonation des explosifs expérimentés sont en dessous de la limite de 2200° assignée par la commission française du grisou, mais on ne peut en aucune façon conclure à l'influence de ces températures sur la sécurité des explosifs. En effet, c'est la dahménite A qui a la température de détonation maxima; or, à l'état pulvérulent ce produit n'est pas plus dangereux que les autres composés au nitrate ammonique, et après avoir subi une compression et un grenage, il présente un degré de sécurité extraordinairement élevé. La roburite n° I est caractérisée par la température de détonation la plus basse sans pour cela dépasser en sécurité les autres explosifs au nitrate ammonique. Les carbonites pour charbon, qui sont relativement très sûres, ont des températures de détonation moyennes et le type n° II, le moins sûr des trois, est celui qui possède la plus basse température de détonation.

Faut-il, en présence de ces contradictions, rejeter absolument la théorie en cours? En aucune façon, car un seul fait suffirait à la maintenir, celui qu'il n'existe pas d'explosifs de sûreté dont la température de détonation dépasse 2200°; elle est en outre corroborée par un trop grand nombre d'expériences pour que l'on puisse révoquer en doute l'influence de la température de détonation sur la

sécurité des explosifs en présence du grisou et des poussières de charbon. Mais on doit forcément conclure qu'il ne suffit pas de rechercher dans la haute température seulement la raison du danger des explosifs et qu'il y a lieu de tenir compte de plusieurs autres circonstances, dont l'influence n'a pas été dégagée dans les expériences de la commission française du grisou. Remarquons, en effet, que celle-ci expérimentait avec des explosifs de compositions graduellement variables dans le but immédiat de faire ressortir l'influence de la température de détonation. Mais cette dernière n'est pas le seul élément qui se modifie quand on fait varier le dosage des constituants du mélange explosif; on altère encore ainsi les autres propriétés, notamment la force qui dépend de la quantité de chaleur développée par la réaction chimique, et le pouvoir brisant qui dépend de la rapidité de la décomposition ou de la vitesse de l'onde explosive.

Une idée qui se présente immédiatement à l'esprit est celle que la quantité de chaleur développée doit jouer un certain rôle en donnant lieu à un échauffement plus ou moins grand du mélange grisouteux qui deviendrait ainsi plus facilement inflammable. On se rendrait compte par là du danger croissant des fortes charges.

Cette explication, admissible en ce qui concerne un seul et même explosif, n'a plus de portée si l'on compare entre eux plusieurs explosifs de composition différente.

Ainsi qu'on peut le voir au tableau récapitulatif, la dahménite grenée développe une très forte quantité de chaleur et présente cependant une sécurité relativement grande. De plus, 900 gr. de carbonite pour charbon dégagent deux fois autant de chaleur que 400 gr. de Westfalite ou de roburite n° I; cependant des charges de 900 gr. de la première se montrent sans danger dans les essais au mortier, tandis que 400 gr. des deux autres donnent lieu à des inflammations. Il s'ensuit que l'influence de la quantité de chaleur mise en liberté n'est pas non plus décisive.

Les exemples ci-dessus constituent en outre la réfutation de cette opinion assez répandue que la force et la sécurité sont en raison inverse l'une de l'autre; on voit, en effet, qu'un degré très élevé de sécurité peut parfaitement se concilier avec un grand développement de chaleur, c'est-à-dire de force.

Reste, parmi les propriétés de l'explosif qui peuvent encore intervenir dans la question de sécurité, le *pouvoir brisant*.

Cette dernière influence peut s'établir *à priori* aussi bien que par

l'expérience. Les explosifs brisants détonent si subitement qu'il doit s'établir dans l'atmosphère environnante une forte compression s'exerçant dans tous les sens autour de la masse qui fait explosion. La compression subite de l'air atmosphérique est accompagnée d'un fort dégagement de chaleur; si elle a lieu par le procédé adiabatique, elle suffit à porter la température à 670°, 820° ou 1060° quand la pression monte à 60, 100 ou 200 atmosphères. Or les explosifs de sûreté usuels développant des pressions initiales de 6000 à 8000 atmosphères pourront, dans le cas de mines débourrantes ou trop fortement chargées, comprimer facilement le mélange grisouteux ou poussiéreux au voisinage immédiat du fourneau jusqu'à quelques centaines d'atmosphères. On voit par là que même un explosif à basse température de détonation peut théoriquement constituer une cause de danger. Le danger sera naturellement d'autant plus grand, si à la chaleur de compression s'ajoute celle des gaz de l'explosion, s'ils sont à très haute température.

Même si l'on conteste le danger de l'échauffement par compression du mélange gazeux explosible, il n'en est pas moins vrai que l'inflammation de tels mélanges est d'autant plus aisée que leur pression est plus forte. C'est là un fait bien connu par les moteurs à gaz et le moteur Diesel.

Les essais effectués dans cet ordre d'idées, en soumettant à l'action d'une étincelle électrique de longueur et d'intensité constantes, des mélanges de grisou et d'air à des pressions variables, ont nettement démontré que le danger d'inflammation croît avec la pression. La différence est tellement sensible qu'elle se manifeste déjà pour des accroissements de pression correspondant à une profondeur de puits de 700 à 800 m. Ce phénomène est facile à expliquer. Avec la densité croît le nombre de molécules gazeuses rencontrées par l'étincelle et portées à haute température.

D'après cela, il est clair qu'un explosif extrêmement brisant exercera autour de sa masse une compression bien plus énergique qu'un explosif plus lent dont l'effet consiste plutôt dans le déplacement de l'air, et que le premier sera par suite plus dangereux en présence du grisou ou des poussières de charbon. C'est ce que confirment les expériences.

La carbonite pour charbon, qui est bien l'explosif le plus sûr, est caractérisée par le pouvoir brisant le plus faible (mesuré par un élargissement de 233 cm³ de la cavité du bloc de plomb); viennent ensuite la carbonite n° I et la dahménite A grenée avec des degrés de sécurité correspondants. Plus brisante et plus dangereuse est la

carbonite n° II (284). Les explosifs de sécurité du degré (I) ont donc des pouvoirs brisants compris entre 233 et 284.

Les explosifs au nitrate ammonique, dont le degré de sécurité a été représenté par II, se montrent beaucoup plus brisants que les premiers. Ici encore, nous voyons que l'explosif le plus sûr, la dahménite A, a le plus faible pouvoir brisant (320).

Pour la poudre de sûreté de Cologne Rottweiler, il n'y a pas concordance entre cet indice et le degré de sécurité; mais il y lieu de remarquer que l'explosif dont on s'est servi pour déterminer le pouvoir brisant n'était malheureusement plus très frais et qu'il s'y était formé des grumeaux. Il y a par suite quelque incertitude sur la valeur des résultats. En général cependant la relation entre la sécurité et le pouvoir brisant des explosifs est frappante et ne peut être mise en doute.

Si l'on admet que la raison de cette dépendance réside dans l'effet de la compression du mélange grisouteux, on en déduit aisément l'explication de certains faits dont il est difficile de se rendre compte autrement.

1° Le danger croissant des fortes charges : la pression exercée par les gaz de l'explosion sur le milieu ambiant ne dépend pas seulement du caractère brisant, mais aussi de la quantité de gaz développée. Plus forte sera la charge, plus elle dégagera de gaz dans le même temps. Par suite, de fortes charges d'un explosif moins brisant auront le même effet que de faibles charges d'un autre explosif extrêmement brisant. De là découle aussi cette conclusion que, théoriquement, un explosif quelconque ne peut présenter de sécurité que dans de certaines limites et qu'un explosif *de sûreté absolue* est un idéal irréalisable.

2° Le fait signalé dans la 2^e partie de ce travail que la gélatine-dynamite est d'autant plus dangereuse que l'on rétrécit davantage la section de la galerie d'essais et que l'on crée un obstacle à l'expansion des gaz. Ce phénomène n'a plus maintenant besoin d'explications.

3° Les expériences relatées également dans la 2^e partie et qui montrent que la poudre noire est d'autant plus dangereuse qu'elle est plus brisante, soit qu'elle détone sous l'action d'une capsule, soit que le bourrage permette aux gaz d'acquies brusquement une forte tension. Ces constatations rentrent également dans le cadre des considérations théoriques exposées ci-dessus.

4° Maintes fois, on a remarqué des écarts dans la manière dont

se comportent certains explosifs, bien que l'analyse chimique n'ait décelé aucune variation de la composition ⁽¹⁾. Ces écarts s'expliquent facilement. Le pouvoir brisant dépend, en effet, intimement du mode de préparation de la matière. La sécurité suivra donc aussi les variations introduites dans la manipulation soit de l'explosif, soit des matières premières. L'exemple de la dahménite A est concluant à ce point de vue et l'on voit jusqu'où peuvent aller les différences suivant que l'explosif est pulvérulent ou grené.

En ce qui concerne l'application de la théorie précédente, une réserve importante s'impose. On a admis implicitement que le pouvoir brisant d'un explosif de composition et d'état physique déterminés est mesuré par une quantité fixe, déterminée. L'hypothèse n'est vraisemblablement pas exacte. On sait en effet que les propriétés brisantes de la poudre noire augmentent très rapidement à mesure que croît la tension des gaz. Pour les explosifs de sûreté, dont la décomposition est en toutes circonstances extraordinairement rapide, des écarts semblables sont naturellement inadmissibles. Néanmoins il n'est pas impossible que des différences dans les propriétés brisantes de ces explosifs se manifestent suivant la pression des gaz, laquelle dépend de la grandeur de la charge et de la résistance des parois du trou de mine. Peut-être, les différences croissent-elles plus ou moins rapidement pour différents explosifs. Dans ce cas, les nombres qui ont servi à caractériser le pouvoir brisant, dans des conditions déterminées de chargement et de bourrage, perdent de leur valeur absolue. Les erreurs ne doivent cependant pas être tellement grandes, que l'on puisse nier l'efficacité de la méthode.

Quelles conclusions finales y a-t-il lieu de tirer des considérations précédentes?

Trois points sont, dans les explosifs de sûreté, pour les uns plus, pour les autres moins, susceptibles d'amélioration : ce sont la force, la sûreté et l'innocuité des produits de l'explosion.

Jusqu'ici la tendance à abaisser le plus possible la température de détonation a conduit nécessairement à diminuer la force outre mesure. D'après ce que nous avons vu, on arrive ainsi inutilement à ne plus fabriquer qu'un explosif de mauvaise qualité. On devrait au contraire, tout en restant dans les limites convenables pour la température de

(1) *Annales des Mines de Belgique*, t. II, 4^e liv., p. 895.

détonation, chercher à réaliser le maximum de force. La dahménite A peut être citée comme exemple des progrès à réaliser dans cet ordre d'idées.

La sécurité dépend aussi, comme on l'a vu, essentiellement du pouvoir brisant, pour lequel on doit se tenir dans un juste milieu.

Comme la sûreté absolue n'est pas réalisable, on doit nécessairement se contenter d'un certain degré et par conséquent donner à l'explosif le caractère brisant qui y correspond par une composition et une préparation appropriées. La carbonite pour charbon montre jusqu'où l'on peut abaisser le pouvoir brisant et augmenter la sécurité. Pour les travaux à la pierre, on pourra utilement et efficacement choisir un explosif un peu moins sûr et un peu plus brisant que pour l'abatage de la houille.

Enfin, en ce qui concerne les produits de l'explosion, il y a lieu en particulier d'éviter autant que possible les mélanges de sels non susceptibles de se décomposer entièrement; leur efficacité est en effet très faible et, entraînés par les fumées, ils peuvent exercer une influence nuisible sur la santé des ouvriers. A ce point de vue, c'est la Westfalite qui présente la composition la plus recommandable.

ANNEXE II

Liste par catégories (par rapport au grisou), des mines et des sièges d'extraction en activité ⁽¹⁾ composant les diverses régions minières pendant l'année 1897.

A. MINES NON GRISOUTEUSES

1°. Couchant de Mons ou Borinage.

1^{er} Arrondissement.

Blaton (n^{os} 1, 3, 4).

2^e Arrondissement.

Ghlin (n^o 1); Levant du Flénu (n^o 4).

2°. Centre.

2^e Arrondissement.

Saint-Denis, Obourg, Havré (n^{os} 1 et 2); Bois du Luc (Saint-Amand, Fosse du Bois, Saint-Patrice); La Louvière (n^{os} 4 et 6); Houssu (n^o 2); Haine-Saint-Pierre (Saint-Adolphe); Mariemont (Saint-Arthur, Abel, Sainte-Henriette); Bascoup (n^{os} 3, 4, 5, 6, 7, Sainte-Catherine).

3°. Charleroi.

3^e Arrondissement.

Courcelles-Nord (n^{os} 3, 6, 8); Falnué-Wartonlieu (Saint-Nicolas, Saint-Hippolyte, n^o 5); Nord de Charleroi (n^{os} 4, 6 ou Joseph Périer); Vallée du Piéton (Saint-Louis); Grand Conty-Spinois (Spinois).

(1) Les noms des sièges suivent les noms des mines et sont placés entre parenthèses.

4^e Arrondissement.

Appaumée-Ransart (Appaumée, Saint-Auguste, Saint-Charles);
Masse-Diarbois (n^{os} 1, 4).

4^o Namur.*5^e Arrondissement.*

Ham-sur-Sambre (Sainte-Juliette ou n^o 5); Le Château (Galerie);
Basse Marlagne (Galerie); Stud-Rouvroy (Puits de Rouvroy et
galerie de Stud); Andenelle (2 Galeries); Groyne (Peu d'eau).

5^o Liège.*6^e Arrondissement.*

Halbosart (Belle Vue); Ben (Faveroule); Bois de Gives (Saint-
Paul).

7^e Arrondissement.

Bicquet-Gorée (Pieter).

8^e Arrondissement.

La Minerie (Battice).

B. MINES A GRISOU DE LA 1^{re} CATÉGORIE**1^o Couchant de Mons ou Borinage.***1^{er} Arrondissement.*

Grand Hornu (n^{os} 7, 9); Hornu et Wasmes (n^{os} 4 et 7).

2^e Arrondissement.

Produits (n^{os} 20, 21); Levant du Flénu (n^{os} 17 et 19).

2^o Centre.*2^e Arrondissement.*

Maurage (n^{os} 1, 2); Bois du Luc (Saint-Emmanuel); La Louvière
(n^{os} 7 et 8); Sars-Longchamps (n^{os} 5 et 6); Strépy-Thieu (Saint-
Alexandre, Saint-Alphonse, Saint-Julien); Houssu (n^{os} 6, 8, 9);

Haine-Saint-Pierre (Saint-Félix); Mariemont (Réunion, Saint-Éloi, Le Placard); Ressaix (Ressaix).

3° Charleroi.

3^e Arrondissement.

Nord de Charleroi (n° 2); Amercœur (Chaumonceau, Belle Vue et Naye à Bois); Vallée du Piéton (Saint-Quentin); Monceau-Fontaine et Martinet (n°s 8 et 10).

4^e Arrondissement.

Masse Saint-François (Saint-François); Bonne Espérance à Lambusart (n° 1); Bois Communal de Fleurus (Sainte-Henriette); Carabinier (n° 3); Pont de Loup Sud (n° 2); Appaumée-Ransart (Marquis); Charbonnages Réunis de Charleroi (n° 7); Nord de Gilly (n° 1); Gouffre (n° 8); Roton (Aulniats et Sainte-Catherine); Oignies-Aiseau (n°s 4, 5); Aiseau-Présles (Saint-Jacques, Panama); Petit Try (n° 1).

4° Namur.

5^e Arrondissement.

Hazard (Sainte-Eugénie); Auvelais Saint-Roch (n° 2); Arsimont (n°s 1 et 2); Ham-sur-Sambre (Saint-Albert).

5° Liège.

6^e Arrondissement.

Nouvelle Montagne (Héna); Concorde (Champ d'Oiseaux); Bonnier, (Pery).

7^e Arrondissement.

Espérance et Bonne Fortune (Bonne Fortune); Patience et Beaujone (Fanny); Ans-lez-Liège (Levant); Bonne Fin (Sainte-Marguerite); Batterie (Batterie); Grande Bacnure (Gérard Cloes); Petite Bacnure (Petite Bacnure); Belle Vue et Bien Venue (Belle Vue); Abhoos et Bonne Foi-Hareng (Abhoos, Bonne Foi-Hareng, Nouveau Siège).

8^e Arrondissement.

Trou Souris-Homvent (Homvent, Bois-de-Breux); Werister (Onhons); Lonette (Rétinne); Quatre Jean (Mairie); Wandre (Nouveau-Siège); Cowette-Rufin (Gueldre).

5° Liège.**6° Arrondissement.**

Concorde (A: Grands-Makets); Kessales-Artistes (A : Bon-Buveur, Artistes, Xhorré, AB : Kessales); Gosson (A : n^{os} 1 et 2); Horloz (AB : Braconier, B : Tilleur); Sarts-Berleur (A : Corbeau); Marihaye, (B : Vieille Marihaye, Fanny, Many, Flémalle, Boverie).

7° Arrondissement.

Espérance et Bonnê-Fortune (A : Nouvelle-Espérance, Saint-Nicolas); Patience et Beaujonc (A:Beaujonc, AB: Bure-aux-Femmes); Bonne-Fin (A : Aumonier, Bâneux); Espérance à Herstal (A : Bonne-Espérance); Bois d'Avroy (B : Bois d'Avroy, Val-Benoît, Perron, Grand-Bac) ; La Haye (AB : Saint-Gilles, Piron) ; Angleur (A: Aguesses).

8° Arrondissement.

Cockerill (B : Caroline, Colard, Marie); Six-Bonniers (B : Six-Bonniers); Ougrée (B : Ougrée); Steppes (A : Soxhluse); Werister (A : Werister); Prés de Fléron (A : Charles); Hasard (A : Micheroux); Micheroux (A : Théodore); Herve-Wergifosse (A : Xhawirs, Halles); Crahay (A: Maireux, Bas-Bois).

D. MINES A GRISOU DE LA 3^e CATÉGORIE**Couchant de Mons ou Borinage.****1^{er} Arrondissement.**

Belle-Vue (n^{os} 1, 7 et 8); Midi de Dour (n^{os} 1 et 2); Bois de Saint-Ghislain (n^{os} 3 et 5); Grand-Bouillon sur Pâturages (n^{os} 1 et 2); Escouffiaux Grisœuil (n^{os} 1, 7 et 8); Agrappe (n^{os} 2, 3, 10, 12 (Noirchain), 7 et 12 (de Crachet).

2° Arrondissement.

Produits (n° 18).

Charleroi.**3° Arrondissement.**

Bois de la Haye (n° 3); Beaulieusart (n^{os} 1 et 2); Marcinelle-Nord (n^{os} 4, 6, 11 et 12).

N. B. Il n'y a pas de mines de troisième catégorie dans les bassins du Centre, de Namur et de Liège.

STATISTIQUE MINÉRALE. — (1^{er} semestre 1898.)

[313 : 622(493)]

(Tonneaux de 1,000 kilogrammes.)

CIRCONSCRIPTIONS ADMINISTRATIVES DES MINES.	CHARBONNAGES.			HAUTS FOURNEAUX.				FABRIQUES DE FER.			ACIÉRIES.	
	Nombre en activité.	Production totale.	Stocks à la fin du semestre.	Nature de la fonte.				Nature des produits			Produits fondus (lingots, etc.)	Produits forgés, (rails, tôles, etc.).
				Fonte de moulage.	Fonte d'affinage.	Fonte pour acier.	Production totale.	Tôles.	Fers divers.	Production totale.		
1^{re} inspection générale :												
1 ^{er} arrondissement (Couchant de Mons, sauf quel- ques charbonnages de la partie orientale).	14	1,683,910	77,910	"	"	"	"	"	"	"	(1) 802	"
2 ^e id. (Centre et les quelques charbonnages déla- chés du Couchant de Mons).	13	2,290,580	146,855	"	14,160	"	14,160	3,072	29,314	32,386	23,295	27,003
3 ^e id. (Charleroy, partie ouest)	14	1,907,650	213,450	"	58,400	92,540	150,940	7,440	93,740	101,180	105,790	70,845
4 ^e id. (Charleroy, partie est)	22	1,948,700	295,350	"	28,700	15,800	44,500	16,120	60,950	77,070	"	16,750
									(2)			
2^e inspection générale :												
5 ^e arrondissement (Namur et Luxembourg).	10	286,030	33,070	46,335	44,130	"	90,465	"	275	275	"	77
6 ^e id. (Liège, partie occidentale y compris des charbonnages de la partie centrale)	10	918,967	63,784	"	"	"	"	6,646	"	6,646	"	4,456
7 ^e id. (Liège, partie orientale, presque exclusi- vement sur la rive gauche de la Meuse)	14	1,070,132	120,368	"	4,411	26,161	30,872	18,339	15,776	34,115	51,390	49,802
8 ^e id. (Liège, partie orientale, exclusivement sur la rive droite de la Meuse)	16	781,649	32,549	"	8,759	150,807	159,566	2,798	11,337	14,135	126,639	97,982
Totaux { 1 ^{re} inspection générale	63	7,830,840	733,565	"	101,260	108,340	209,600	26,632	184,004	210,636	129,887	114,638
du { 2 ^e id. id.	50	3,056,778	249,771	46,335	57,300	177,268	280,903	27,783	7,388	55,171	178,029	152,317
semestre. { Le Royaume.	113	10,887,618	983,336	46,335	158,560	285,608	490,503	54,415	211,392	265,807	307,916	266,955
											(3)	
1 ^{er} semestre 1897	116	10,583,250	951,395	42,155	212,400	261,146	515,701	53,467	185,105	238,572	304,744	253,340
En plus pour 1898 (1 ^{er} semestre)		304,368	31,941	4,180	"	24,462	"	948	26,287	27,235	3,172	13,615
En moins pour 1898 (id.)	3	"	"	"	53,840	"	25,198	"	"	"	"	"

(1) Y compris une usine sise dans la Flandre occidentale. — (2) Y compris une usine sise dans le Brabant. — (3) Y compris les aciers finis élaborés dans les fabriques de fer.

RAPPORTS ADMINISTRATIFS

EXTRAIT D'UN RAPPORT DE M. E. ORMAN

Ingénieur en chef Directeur du 2^e arrondissement des Mines, à Mons.

SUR LES TRAVAUX DU 1^{er} SEMESTRE 1898.

*Charbonnage du Bois de Luc. — Nouveau siège d'extraction
ou siège du Quesnoy, sur Trivières.*

Deux puits : Saint-Paul et Saint-Frédéric.

A. Terrains recoupés.

[62224]

Le sondage de reconnaissance pour ce nouveau siège, arrêté momentanément à la profondeur de 198 mètres à cause d'une succession d'accidents, déviation du puits, rupture de trépan et de tiges, a été repris et continué jusqu'à la profondeur de 269 mètres, c'est-à-dire jusque 24 mètres dans le terrain houiller.

Il a rencontré les terrains ci-après désignés :

0 ^m .80 de terre arable jaune rougeâtre dont la base est à la profondeur de	0 ^m .80
4 ^m .20 d'argile bigarrée compacte puis grise jaune	5 ^m .00
10 ^m .50 d'argile sableuse gris noir compacte	15 ^m .50
5 ^m .60 de sable vert glauconifère très meuble et sec	21 ^m .10
63 ^m .70 de craie blanche légèrement jaunâtre puis grisâtre	84 ^m .80
0 ^m .30 de banc gris pâle très dur avec silex gris pâle.	85 ^m .10
5 ^m .20 de craie blanche légèrement teintée de gris	90 ^m .30
14 ^m .70 de marne avec rognons de silex irréguliers bigarrés de gris, de noir et de blanc.	105 ^m .00
2 ^m .50 de marne jaunâtre avec silex noir	107 ^m .50

59 ^m .75	de marne grisâtre avec concrétions siliceuses d'abord très rares puis plus nombreuses .	167 ^m .25
0 ^m .70	de marne bleuâtre collante	167 ^m .95
8 ^m .05	de marne sableuse très glauconifère avec silex noirs	176 ^m .00
3 ^m .00	de silex noirs avec marne sableuse, puis grains de limonite, puis grès gris très rugueux. .	179 ^m .00
1 ^m .60	de grès vert avec concrétions	180 ^m .60
5 ^m .50	de silex noirâtres dans une pâte sableuse . .	186 ^m .10
0 ^m .08	de grès vert avec plus ou moins de silex . .	194 ^m .18
9 ^m .82	de silex gris clairs presque purs, puis plus foncés empâtés dans du grès vert, puis purs.	204 ^m .00
11 ^m .50	de forte toise sans silex, marne sableuse gris verdâtre	215 ^m .50
1 ^m .00	de forte toise avec silex	216 ^m .50
25 ^m .50	de forte toise sans silex avec passages d'argile.	242 ^m .00
3 ^m .00	de dièves, argile gris-verdâtre pure. . . .	245 ^m .00
	Terrain houiller	269 ^m .00

Au fond de ce sondage on a pris une carotte de terrain houiller qui indique une pente vers le sud de 36°. A 267 mètres de profondeur on a traversé un faible limet de charbon qui a donné à l'analyse :

Eau	1,25	Soit	0,0
Matières volatiles.	24,50	sans cendre	26,3
Carbone.	68,70	et	73,7
Cendres	5,55	sans eau	0,0
	<u>100,00</u>		<u>100,0</u>

Précédemment déjà, à 249^m.60 on avait traversé un limet de charbon, dont l'analyse avait donné :

Eau	0,20	Soit	0,0
Matières volatiles.	24,60	sans cendres	25,91
Carbone.	70,32	et	74,89
Cendres	4,88	eau	0,0
	<u>100,00</u>		<u>100,00</u>

La teneur en matières volatiles du charbon recoupé en cette région dépasse donc 25 %.

C'est là une teneur inconnue dans le *Centre*. Ainsi la moyenne des analyses du charbon enfourné à l'usine à coke du Bois de Luc, pendant le mois d'octobre, charbon provenant de veines exploitées en ce moment, savoir : Gargain, Grande Veine, 40 Centimètres, Sept Paumes, Veine à Layes supérieure, Huit Paumes, Cinq Paumes, Machine à Tines a donné sans cendres et eau :

Matières volatiles	20,13
Carbone	79,87

soit plus de cinq pour cent en moins. Or, de Machine à Tines jusqu'aux limets du sondage il doit exister environ 325 mètres de stampe normale aux stratifications en admettant la continuation des stratifications exploitées.

D'autre part, depuis Gargain, qui est la couche la plus inférieure de celles exploitées actuellement par Bois de Luc jusque celle Frédéric, qui a été recoupée par un nouveau Nord à Saint Patrice, à l'étage de 415 et qui est en profondeur, l'avant dernière du bassin houiller, il y a 200 mètres de stampe normale et cette veine Frédéric a donné à l'analyse :

Eau	0,65	Soit	0,0
Matières volatiles.	17,35	sans cendres	17,48
Carbone	81,88	et	82,52
Cendres	0,12	eau	0,0
	<hr/>		<hr/>
	100,00		100,00

c'est-à-dire près de 3 % de matières volatiles en moins. Il y a donc progression régulière dans la teneur en matières volatiles depuis les couches supérieures jusqu'aux limets du sondage et, dans ces conditions, l'on peut, semble-t-il, conclure que l'on a devant soi un seul et même gisement houiller.

Cela est-il possible étant donné que, d'après diverses études, la faille du Centre doit passer beaucoup au nord du sondage ?

Quant aux morts terrains traversés ils ne contiennent pas de sables et sont très résistants; la preuve, c'est que le sondage, abandonné sans tubage depuis le 9 octobre 1897, a été trouvé libre jusqu'au fond, le 3 janvier 1898, quand on y a descendu la bétonnière; seuls les 21 premiers mètres de sondage ont dû être tubés.

La tête du niveau de l'eau a été rencontrée à 37 mètres de pro-

fondeur et s'y est maintenue constamment, c'est donc un seul et même niveau sur toute la hauteur du sondage.

La décharge de ce niveau, la source située dans le fond du bois Uberbu à 1320 mètres à l'est du dit sondage, débite 171 litres par seconde; il était donc à présumer que le creusement d'un puits en cette région par le procédé à niveau vide serait impossible. On a toutefois voulu s'en assurer et, après avoir, le 3 janvier 1898, bétonné le fond du sondage jusque 204, c'est-à-dire jusqu'aux fortes toises que l'on suppose être impénétrables à l'eau, on a commencé, le 8 du même mois, une expérience de mise à sec du sondage à l'aide d'une soupape de 500 litres de capacité et d'une petite machine d'extraction à 2 cylindres; on exhaussait une soupape soit 500 litres par minute; pendant le 1^{er} quart d'heure, les eaux ont baissé de 9 mètres dans le sondage, mais dès que les parois ont été lavées, les fissures de la marne ont livré passage à l'eau et le niveau a remonté de 4^m.50, de sorte qu'après 38 heures d'épuisement ininterrompu le niveau s'établissait à 41^m.50, malgré que l'on eût épuisé 425 litres par minute en moyenne; le sondage ayant 0^m.50 de diamètre on a estimé qu'un puits de 5 mètres de diamètre aurait donné à cette même profondeur 4250 litres par minute soit 6120 mètres cubes par 24 heures. Plus bas la venue aurait continué à augmenter de sorte qu'il aurait été impossible de l'épuiser même avec les moyens les plus puissants, avec ceux notamment que M. Tomson a appliqués à Preussen et qui permettaient de battre une venue ne dépassant pas 7 à 8000 mètres cubes par jour.

Il reste donc le choix entre le procédé par la congélation de M. Poetsch et celui de M. Chaudron, à niveau plein. Étant donné la résistance des assises traversées, le premier procédé ne s'impose pas nécessairement comme c'est le cas à Bernissart; de plus, le sondage d'investigation a donné lieu à tant d'accidents et à tant de retards (il a duré dix mois au lieu de trois) que l'on hésite à en faire 40 autres pour appliquer le procédé Poetsch.

C'est donc le procédé Chaudron que l'on compte appliquer. L'on a commencé, le 20 janvier 1898, le creusement jusqu'à 37 mètres du premier puits, celui appelé Saint Paul. L'on creuse ce puits au diamètre de 7^m.50 à terrain nu de façon à lui donner 6^m.50 à l'intérieur de la maçonnerie; dans le niveau l'on réduit le diamètre à 4^m.85 en terrain nu de façon à laisser 4 mètres de diamètre à l'intérieur du cuvelage à l'endroit des collets. Le second puits

appelé Saint Frédéric, situé à 44 mètres à l'ouest du précédent, sera exécuté dans les mêmes conditions. Aucun des deux puits ne tombe à l'emplacement du sondage, celui-ci est situé entre les deux et l'on est maintenant occupé à le bétonner, jusque 45 mètres de la surface; il recevra l'aspiration de la pompe Worthington installée au fond du puits d'alimentation par une galerie qui a été creusée anciennement entre ce puits et le sondage. Ainsi cette pompe trouvera un volume d'eau suffisant pour tous les besoins actuels: alimentation des chaudières, fabrication des briques, fabrication du mortier, etc.

B. Disposition des puits au point de vue de la ventilation.

[62224]

Deux puits de 4 mètres de diamètre intérieur seront creusés à 44 mètres l'un de l'autre sur une ligne est-ouest; l'un servira à l'entrée de l'air, l'autre à la sortie. Au début, un seul puits, celui du levant servira à l'extraction, mais quand il s'agira de faire servir le second puits à l'extraction des charbons en même temps qu'au retour de l'air qui aura ventilé les travaux souterrains, on débarrassera ce second puits de sas et de clapets Briart, on le rendra complètement libre à la surface. A cet effet, on établira un ventilateur souterrain au niveau du premier retour d'air à 530 mètres de profondeur pour, d'une part, aspirer sur un touret souterrain descendant de ce niveau et situé à 44 mètres au levant du puits de retour d'air et pour, d'autre part, refouler cet air aspiré dans la partie supérieure de 530 mètres du puits de retour d'air. Enfin, pour empêcher cet air de la mine de monter jusqu'à l'orifice de ce puits de retour d'air comme aussi pour éviter qu'il ne se dirige vers le puits d'entrée d'air, on établira, à la surface, un ventilateur qui l'appellera par une galerie située au-dessus de la tête du niveau à 37 mètres de profondeur et par un touret spécial d'appel creusé de la surface jusqu'à ce niveau à l'aplomb du touret souterrain. Ce ventilateur n'aura que peu de travail à effectuer et sa marche sera réglée pour empêcher l'air de la mine d'atteindre l'orifice du second puits et même pour produire une légère aspiration d'air descendant par cet orifice.

Dans le but d'empêcher le combat des deux courants ascendant et descendant au niveau de la galerie, on créera une seconde

galerie, entre le puits de retour d'air et le touret spécial d'appel descendu de la surface, une galerie qui sera destinée à engouffrer le courant descendant, tandis que la galerie inférieure engouffrera le courant ascensionnel et, entre les deux galeries, existera une zone d'équilibre dans laquelle l'air n'aura aucune tendance, soit à monter, soit à descendre. Cette seconde galerie sera établie immédiatement en dessous du niveau du sol. Elle partira du puits de retour avec une très faible section, large mais très basse, pour aboutir au touret spécial d'appel avec une forme en plein cintre; un guichet servira, si c'est nécessaire, à régler le passage de l'air dans cette galerie.

Le touret spécial d'appel au jour et celui souterrain seront situés dans le même axe afin que, si le besoin s'en faisait sentir, on puisse les mettre en communication à travers les morts terrains et la tête du houiller, en faire un seul puits qui aurait alors comme unique destination le retour de l'air.

*Charbonnage de Bascoup. — Siège n° 7, à Chapelle-lez-Herlaimont.
Terrains recoupés.*

[62224]

Ce puits a été entrepris à niveau vide sur 4^m.50 de diamètre. Il a traversé les terrains ci-après désignés :

		épaisseurs.	profondeurs.	
Quaternaire	} alluvions, diluvium, terre à briques.	limon hesbayen	5,30	5,30
		sables roux	1,00	6,30
Étage	} sables gris, jaunes, ver- dâtres, cailloux rares	sable rouge	2,90	9,20
		sables gris fins		
Bruxellien	} sables gris jaunâtres entremêlés de banc de grès continus, réguliers, de grès variant de 0 ^m 10 à 0 ^m 40 de puissance sépa- rés par des assises de sable de 0 ^m 10 à 0 ^m 80 et plus		6,00	15,20
		idem	sable très ébouleux et bancs de cailloux	3,00

		épaisseurs.	profondeurs.
Étage	argiles et argilites, jaunes et grises	bleu altéré dit bleu rouge	1,00 19,20
		bleus	10,10 29,30
Yprésien	idem	bleus verts sablon- neux avec gros blocs	6,60 35,90
		sables argileux gris avec rares bancs gréseux et sables	sables verts 4,60 40,50
Étage Landenien	sables fins, verts foncés, très aquifères et très ébouleux	sables fins très ébou- leux	2,70 43,20
Terrain houiller. Tête à la profondeur de		43,20	43,20

Une première trousse à picoter a été placée à 46 mètres de profondeur et une seconde à 63 mètres. 35 tronçons de cuvelage en fonte de 1 mètre de hauteur ont été placés sur la première trousse et 17 sur la deuxième.

Le puits a ensuite été approfondi jusque 75 mètres.

EXTRAITS D'UN RAPPORT DE M. J. LIBERT,

Ingénieur en chef Directeur du 5^e arrondissement des mines, à Namur.

SUR LES TRAVAUX DU 2^e SEMESTRE 1897.

Carrières souterraines.

[6222]

a) *Exploitations de coticule (pierres à rasoirs).* — Elles s'effectuent seulement sur le territoire de la commune de Bihain.

Ces carrières, intéressantes par la rareté et la valeur de leurs produits, sont fort peu importantes au point de vue du nombre d'ouvriers qu'elles occupent et du développement de leurs travaux.

Elles ne sont pas en activité d'une manière continue; dans le cours d'une même année, elles sont souvent abandonnées puis reprises plusieurs fois. Toutes ont une voie d'accès horizontale d'une centaine de mètres de longueur creusée à travers-bancs du nord au sud et à l'extrémité de laquelle on a généralement ménagé une communication dans les remblais des travaux exécutés successivement en descendant à partir de la surface. Cette communication est d'un accès difficile et ne peut guère être considérée comme une seconde issue au point de vue du sauvetage des ouvriers; il faut remarquer qu'un éboulement grave de la galerie d'accès est peu à craindre; il en coûterait toutefois peu de munir la communication inclinée d'un mode de circulation commode et sûr; cette communication assure une ventilation convenable des travaux.

Les bancs schisteux renfermant le coticule inclinent au sud sur plus de 60 degrés. L'exploitation se fait par gradins droits de 2 mètres de hauteur environ, pris successivement en descendant; vu le grand morcellement de la propriété, ils n'ont jamais qu'une faible longueur en direction. A mesure de l'avancement, on place des bois de taille de fortes dimensions sur lesquels on établit le remblai en ménageant des communications pour les échelles et la remonte des produits jusqu'au niveau de la galerie de roulage. Le compartiment aux échelles est toujours distinct de celui au cabestan. Le travail d'abatage des produits se fait presque entièrement à l'outil.

Toutes les carrières sont situées sur une ligne est-ouest.

b) *Ardoisières*. — Elles peuvent se ranger en trois groupes :

I. Groupe de Viel-Salm dans le système Salmien du terrain ardennais.

II. Groupe de Rochehaut dans le système rhénan du terrain devonien, auquel il faut rattacher les ardoisières de Alle situées dans la province de Namur, et

III. Groupe de Bertrix, Grapfontaine, Herbeumont, Orgeo, Saint-Médard, dans la même formation géologique que le précédent. C'est le groupe de beaucoup le plus important.

Un quatrième groupe sera à l'avenir formé des ardoisières de Martelange qu'on va remettre en exploitation en terrain belge et un cinquième résultera peut-être des travaux de recherches entrepris à Ollemont, commune de Wibrin.

Les ardoisières de Bertrix, Herbeumont, Orgeo et Saint-Médard sont éloignées des villages de ces noms et situées suivant une ligne de direction générale S.S.O.-N.N.E. traversant le territoire de ces communes. Autrefois, Herbeumont était le principal centre de production ; aujourd'hui, l'ardoisière de Warmifontaine, commune de Grapfontaine, fournit à elle seule la moitié des ardoises du groupe auquel elle appartient.

Le premier groupe se différencie nettement des deux autres tant au point de vue du gisement qu'à celui des méthodes d'exploitation suivies. Les deuxième et troisième groupes présentent également des différences d'exploitation, mais moins sensibles.

L'inclinaison des bancs de schiste ardoisier ne dépasse pas 50 degrés dans les groupes II et III tandis qu'elle se rapproche de la verticale dans le groupe de Vielsalm. Ici, on atteint le gisement par des galeries à travers bancs dirigées du sud au nord. A Alle, Warmifontaine, Bertrix, Herbeumont, Saint-Médard, Rochehaut, on entre directement dans le gîte, soit par puits inclinés, soit par galeries souterraines suivant la direction des bancs. A l'ardoisière d'Orgeo, les travers-bancs de recoupe vont du nord au sud.

Le système d'exploitation dépend de l'inclinaison des bancs et de leur épaisseur totale. A Vielsalm, on exploite par gradins droits de faible hauteur (4 à 6 mètres) en allant généralement du toit au mur des couches, tandis que dans les deux autres groupes on forme des chambres de 15 à 20 mètres de hauteur suivant l'inclinaison, dans lesquelles on s'élève du mur vers le toit de la couche.

A Warmifontaine, Herbeumont, Saint-Médard, et Bertrix, chaque étage d'exploitation est séparé du précédent et du suivant par un pilier " éponte „ et les ouvrages d'un même étage sont séparés par des piliers " longrains. „

Le schiste ardoisier, d'une inclinaison relativement forte, y étant exploité sur plus de 40 mètres d'épaisseur, les piliers longrains sont nécessaires pour soutenir les épontes, tandis qu'à Alle et à Rochehaut, où les veines sont beaucoup moins puissantes et d'une inclinaison plus faible, les piliers longrains ne sont pas indispensables. A Vielsalm on ménage également des épontes et des longrains. Dans le troisième groupe, on abat successivement les blocs en descendant à partir de la tête des ouvrages compris entre des piliers longrains, tandis que dans le second on avance en même temps en direction. C'est l'inclinaison et la disposition des joints traversant le gîte qui déterminent la marche du travail, ces joints limitant les blocs que l'on fait tomber soit à la mine, soit à l'aide de coins, leviers, etc.

Dans toutes les ardoisières la ventilation est naturelle; on s'éclaire à l'aide de chandelles dans le second groupe et à l'aide de lampes ordinaires dans le premier et le troisième.

Les explosifs employés sont la poudre ordinaire pour l'abatage des blocs et la dynamite pour l'opération du crabotage.

EXTRAITS D'UN RAPPORT DE M. L. WILLEM

Ingénieur en chef Directeur du 8^e Arrondissement des Mines, à Liège.

SUR LES TRAVAUX DU 2^e SEMESTRE 1897

*Charbonnage du Hasard. — Organisation du travail. —
Journée de 8 heures.*

[3318]

Une expérience intéressante, tentée depuis deux mois par la Direction de la mine, mérite d'être suivie avec la plus vive attention en ce sens qu'elle consacre pour toutes les catégories d'ouvriers l'application du principe de la journée de huit heures, et la suppression du travail de nuit.

Il y a longtemps que les ingénieurs de ce charbonnage se plaignaient des difficultés de plus en plus grandes qu'ils éprouvaient dans le recrutement d'un personnel convenable pour le poste de nuit. C'est cependant à ce poste que s'effectue le remblayage des tailles, le boisage des galeries, en un mot tous les travaux de soutènement et de réparations qui intéressent au plus haut point la sécurité des travailleurs.

Descendus dans la mine à 5 1/2 heures du soir, ceux-ci étaient libres de remonter à 3 heures du matin. Ils n'usaient pas de cette faculté, déployaient moins d'activité dans l'accomplissement de leur tâche, s'attardaient dans les travaux où ils restaient habituellement onze heures. Ils objectaient, non sans raison, que s'ils retournaient plus tôt dans leur famille rien ne serait prêt pour les recevoir, qu'ils n'y trouveraient ni bain, ni feu et encore moins leur repas.

Pour faire cesser ces plaintes, la Société n'a pas hésité à modifier radicalement son organisation du travail. Il a été résolu que le premier poste descendrait à 6 heures du matin pour remonter à 2 heures de relevée, que le second poste descendrait à cette dernière heure et quitterait les travaux à 10 heures du soir. Trois postes d'ouvriers sont chargés de l'exécution des bacnures les plus urgentes.

On n'a fait qu'une seule exception à la règle admise. Elle con-