

GAND 1938

QUATRIÈME CONGRÈS BELGE DE LA ROUTE

Section A.

CONSTRUCTION ET ENTRETIEN DE LA ROUTE

Question I.

Etudes et résultats de laboratoire concernant:

- a) les pavés naturels;
 - b) les sables pour pavages;
 - c) les gravillons pour enduisages.
-

RAPPORT

de F. CAMPUS,

Professeur à l'Université de Liege,
Rapporteur de la Commission D de l'Association
permanente des Congrès belges de la Route.

Association permanente des Congrès Belges de la Route.

COMMISSION D

pour l'établissement des conditions de réception des pierres dures pour enrochements, empièvements et pavages.

Deuxième rapport. — Période 1935-1937.

I) COMPOSITION DE LA COMMISSION.

Par rapport à la liste du 1^{er} rapport, elle a subi les changements suivants :

Membres nouveaux :

MM. R. DUTRON, Secrétaire de l'Association belge pour l'étude, l'essai et l'emploi des matériaux.

M. REICHERT, Secrétaire de l'Association belge de Standardisation.

Les carrières de petit granit et de calcaire ne sont plus représentées à la Commission.

II) SEANCES.

La Commission s'est réunie à Bruxelles le 15 mars 1936 et à Liège le 19 décembre 1937. Au cours de la dernière séance, il a été décidé que la Commission présenterait un rapport au Congrès de Gand.

III) SUITES DONNEES A LA CONCLUSION I DE LA QUESTION 1 DU CONGRES DE BRUXELLES.

Les suites sont partielles.

Un élargissement de la Commission a été réalisé par l'ad-

jonction des deux membres précités, mais le délégué des carrières de petit granit et calcaires n'a pas été remplacé et un délégué des sablières n'a pu être désigné, l'animateur du groupement des sablières, M. Castin, qui était tout désigné en cette qualité, étant décédé.

Dans sa séance du 15 mars 1936, la Commission a envisagé l'élaboration d'un programme complémentaire d'étude d'essais spéciaux de pierres dures et ballast (poids spécifique, porosité, analyse chimique, examen minéralogique, gélivité, etc.), des sables, des gravillons et des bétons de routes. L'étude du sable devait concerner tous ses emplois pour les routes.

Toutefois, vu l'ampleur des problèmes proposés, pendant la période allant jusqu'au Congrès de Gand, les études devaient se borner aux pierres dures et aux bétons de routes, les sables et gravillons étant remis à plus tard.

La Commission n'a reçu aucune communication de ses membres sur la composition des bétons de routes. La Commission est nécessairement tributaire sur ce point des études des laboratoires et des initiatives des ingénieurs. Il est à présumer que diverses communications au Congrès de Gand toucheront à ces questions (Question 4, d). Elle ne rentre d'ailleurs pas dans le cadre de la première question du Congrès de Gand, à laquelle est destinée le rapport de la Commission D. D'autre part, la Commission ayant remis à plus tard l'étude de tous les sables, y compris les sables pour pavages, et des gravillons pour enduisages, seule la partie a) de la première question correspond à son programme.

Par suite de diverses circonstances, dont la principale semble avoir été le manque de temps disponible et les occupations ardues des membres de la Commission, le programme proposé par la Commission même, en conclusion de son premier rapport, n'a pu être exécuté.

Les lignes qui suivent constituent simplement une nouvelle contribution du rapporteur, encore incomplète, à la documentation indispensable pour permettre de formuler des propositions définitives.

Le rapporteur de la Commission D est aussi chargé, dans

la Commission d'étude des méthodes d'essai de l'Association belge pour l'étude, l'essai et l'emploi des matériaux, d'étudier les questions relatives aux pierres dures, aux gravillons et aux sables, à la granulométrie (en collaboration avec M. Dutron, membre de la Commission).

Ces études sont à peine entamées également.

La conjugaison ainsi réalisée des études de la Commission D de l'A.P.C.B.R. et de la Commission des méthodes d'essai de l'A.B.E.M. est tout à fait favorable, d'autant plus qu'elle intéresse aussi l'Association belge de Standardisation. Cependant, la réalisation d'un programme somme toute assez ambitieux rencontre une assez grande difficulté, notamment en ce qui concerne l'activité et la rapidité, c'est l'absence de moyens. Les ressources sont nulles ; or des enquêtes, des études et des essais approfondis sont coûteux.

Certes, certains exploitants de carrières ont consenti pour permettre l'établissement du premier rapport, des dépenses déjà appréciables pour des essais effectués à des conditions cependant exceptionnelles. Mais il n'y a pas eu unanimité sous ce rapport et certaines difficultés se sont même produites.

Quoiqu'il en soit, l'apport nouveau du rapport de la Commission D ne peut consister qu'en un complément de documentation résultant pour une faible part de documents communiqués par les carrières et en majeure partie de la documentation du Laboratoire d'essais des constructions du Génie Civil de l'Université de Liège, collationnée par le rapporteur avec la collaboration de M. R. Jacquemin, ingénieur, assistant à l'Université de Liège.

IV) DOCUMENTATION NOUVELLE CONCERNANT LES ROCHES DURES POUR PAVES.

1) Essais mécaniques des grès.

La documentation s'est enrichie de nombreux essais de réception effectués au laboratoire d'essais des constructions du Génie Civil soit : 358 essais de compression ;

351 essais d'usure ;

352 essais de choc.

Le classement statistique des résultats de ces essais ajouté aux résultats rapportés dans le rapport précédent de la Commission conduit aux tableaux et courbes ci-dessous :

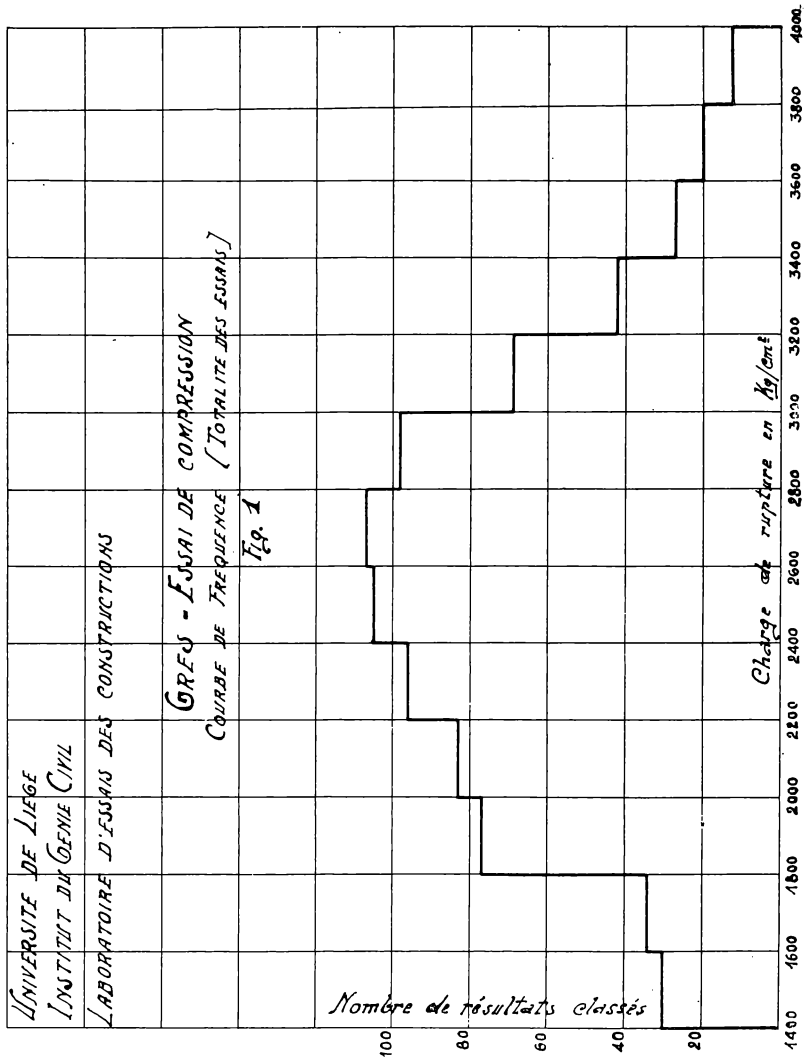
a) Essai de compression :

Nombre total d'essais : 817.

Charges de rupture Kg./cm ²	Essais déjà classés en 1935	Essais de la période 1935-1937	Nombre total de résultats classés
infér. à 1400	13	4	17
de 1400 à 1600	22	8	30
de 1600 à 1800	21	13	34
de 1800 à 2000	46	31	77
de 2000 à 2200	42	41	83
de 2200 à 2400	43	53	96
de 2400 à 2600	48	57	105
de 2600 à 2800	61	46	107
de 2800 à 3000	57	41	98
de 3000 à 3200	42	27	69
de 3200 à 3400	28	14	42
de 3400 à 3600	17	10	27
de 3600 à 3800	12	8	20
de 3800 à 4000	7	5	12
	459	358	817

Le classement du total des résultats a été reporté en courbe (fig. 1). En comparant à la figure 2 du rapport de 1935, on constate que l'accroissement du nombre des résultats classés a eu pour effet de régulariser la courbe de fréquence. L'allure en double cloche a disparu.

Ce fait est dû surtout à ce que la documentation complétée embrasse un nombre plus grand de matériaux d'origine plus diverse. Peut-être faut-il y voir aussi l'effet de l'application du cahier des charges des Ponts et Chaussées qui impose pour la charge de rupture à la compression un minimum de 1800 Kg/cm².



Le pourcentage des résultats inférieurs à 1800 Kg/cm² est modifié :

12,2 % pour les essais antérieurs à 1935 ;

7,0 % pour les essais de 1935 à 1937 ;

9,9 % pour l'ensemble de tous les essais.

Il y a donc eu une amélioration de la qualité des grès pour la période de 1935 à 1937.

b) Essai d'usure.

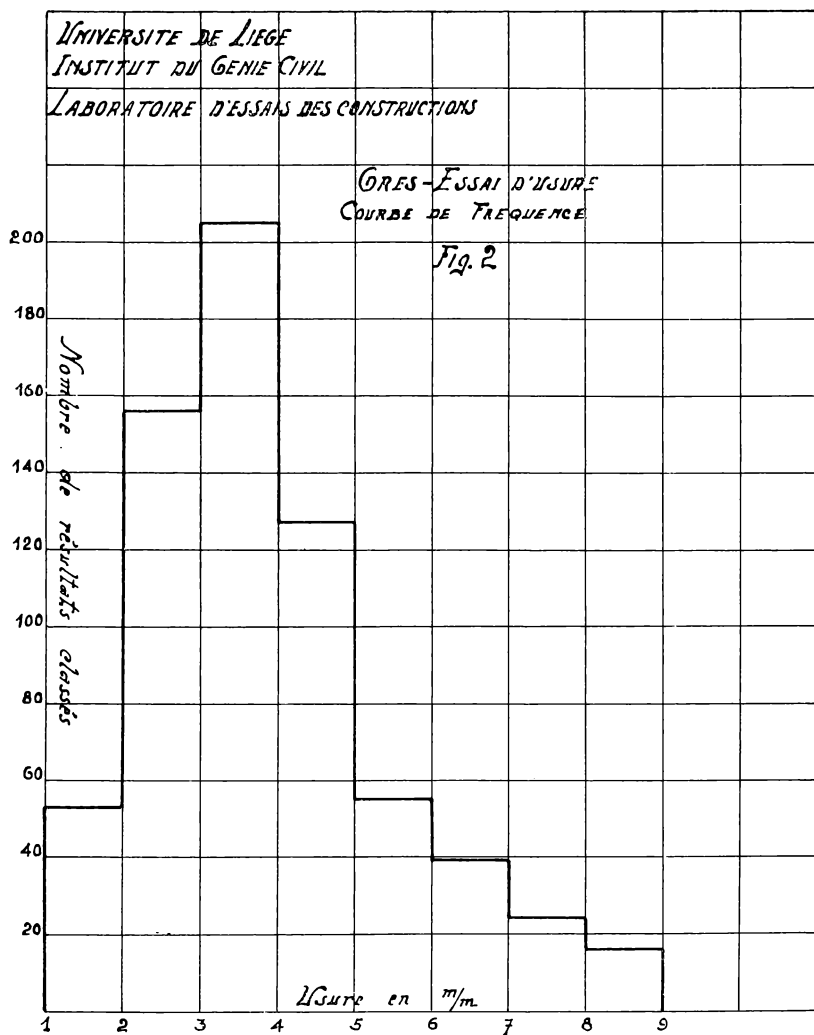
Nombre total d'essais : 684.

Les résultats se répartissent comme suit :

Usure mm	Essais déjà classés en 1935	Essais de la période 1935-1937	Nombre total des résultats classés
1 à 2	49	4	53
2 à 3	90	66	156
3 à 4	97	108	205
4 à 5	42	85	127
5 à 6	27	28	55
6 à 7	14	25	39
7 à 8	7	17	24
8 à 9	4	12	16
supér. à 9	3	6	9
			684

Le classement de la totalité des résultats a été reporté en courbe (fig. 2).

Les résultats d'essais nouveaux n'apportent pas de modification aux conclusions du précédent classement ; la localisation de l'usure entre 2 et 5 mm. s'accuse seulement. Dans 80.5 % des cas, l'usure est inférieure à 5 mm.



c) **E s s a i d e c h o c** (méthode standard américaine).

Nombre total d'essais : 846.

Hauteur de chute amenant la rupture cm.	Essais déjà classés en 1935	Essais de la période 1935-1937	Nombre total de résultats classés
inférieur à 11	4	2	6
11 à 14	12	4	16
14 à 17	37	14	51
17 à 20	55	53	108
20 à 23	48	45	93
23 à 26	54	42	96
26 à 29	52	59	111
29 à 32	57	31	88
32 à 35	58	41	99
35 à 38	46	22	68
38 à 41	29	12	41
41 à 44	18	14	32
44 à 47	9	7	16
supérieur à 47	15	6	21
			846

Le classement de la totalité des résultats a été reporté en courbe (fig.3).

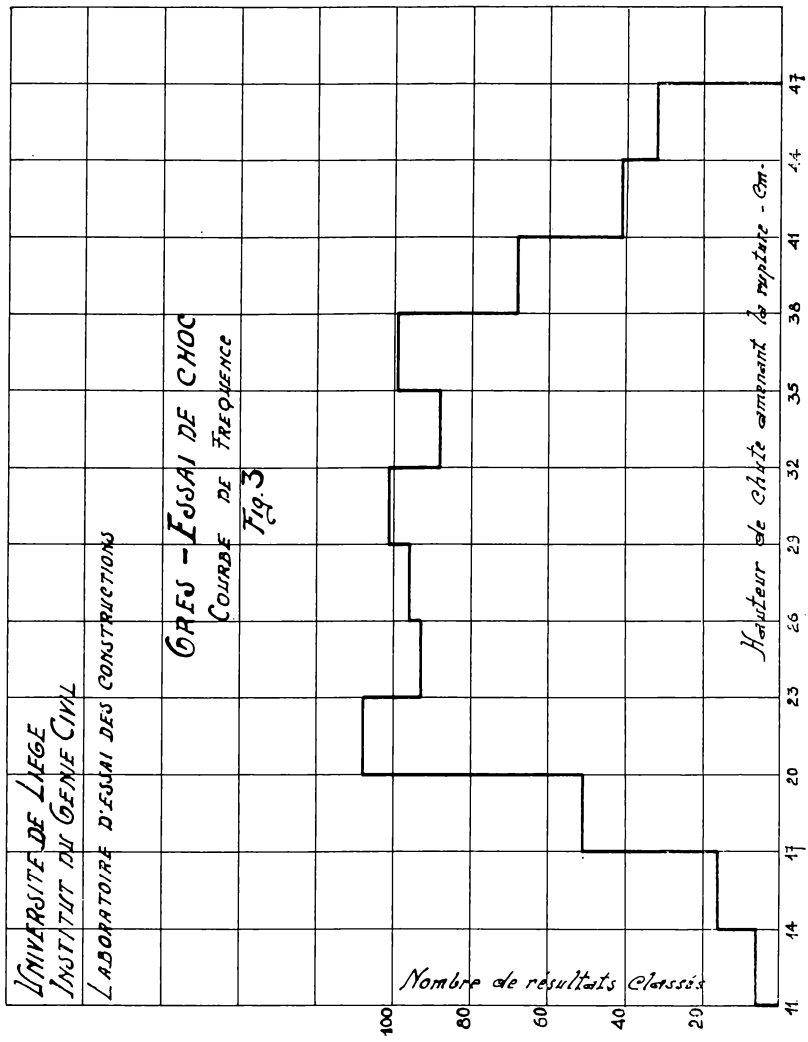
La courbe a pris une allure assez capricieuse. L'introduction dans le classement des résultats d'essais nouveaux ne change rien aux conclusions précédemment remises.

91,4 % des résultats dépassent 17.

78,6 % des résultats dépassent 20.

2) **E s s a i s m é c a n i q u e s d e s c a l c a i r e s.**

Quelques résultats nouveaux d'essais effectués au laboratoire d'essais des constructions du Génie Civil sont venus s'ajouter à la documentation.



Soit 25 résultats d'essais de compression ;

8 résultats d'essais d'usure ;

9 résultats d'essais de choc.

Le classement de la totalité des résultats rassemblés est le suivant :

a) Essai de compression :

Nombre d'essais : 55.

Charge de rupture Kg./cm ²	Nombre de résultats classés
1000 à 1200	1
1200 à 1400	3
1400 à 1600	12
1600 à 1800	16
1800 à 2000	10
2000 à 2200	9
2200 à 2400	2
2400 à 2600	2

Tous les résultats nouveaux sont supérieurs à 1400 Kg/cm².

b) Essai d'usure :

Nombre d'essais : 12.

Usure en mm. pour un parcours de 3000 mètres :

5,8 — 6,1 — 7,3 — 7,4 — 8,0 — 8,1 — 8,2 — 8,2 — 8,3 —
8,6 — 9,8 — 10.

La moyenne est supérieure à celle de 1935 ; l'usure est donc augmentée.

c) Essai de choc (méthode standard américaine).

Nombre d'essais : 16.

Hauteur de chute amenant la rupture — cm. :

9 — 9 — 10 — 11 — 11 — 12 — 12 — 12 — 13 — 14 —
14 — 15 — 15 — 16 — 16 — 17.

La moyenne est supérieure à celle de 1935.

La charge de rupture à la compression des calcaires examinés est comprise en général entre 1400 et 2000 Kg/cm². — L'usure est assez grande et la résistance au choc faible.

3) Essais mécaniques du granit suédois.

A titre documentaire, on trouvera ci-dessous quelques résultats d'essai de granits de Suède essayés au laboratoire d'essais des constructions du Génie Civil :

Charges de rupture à la compression :

2285 — 2690 — 3000 et 2605 Kg/cm².

Usure en mm. pour un parcours de 3000 mètres :

1,6 — 2,0 — 2,2 et 2,4 mm.

Hauteur de chute amenant la rupture (essai standard américain de choc) :

10 — 13 — 10 et 8 cm.

4) Analyses chimiques.

En vue de l'usage des pierres naturelles pour les routes, une analyse chimique complète n'est pas nécessaire dans la généralité des cas. On peut se borner presque toujours à une analyse sommaire qui comporte une attaque à l'acide chlorhydrique à chaud avec dosage de :

la silice et des silicates insolubles dans HCl,

l'alumine et des oxydes de fer,

la chaux,

la magnésie,

le CO².

Les éléments les plus intéressants sont les trois premiers, notamment le carbonate de calcium dont on doit limiter la quantité par crainte d'attaque par les eaux et les agents atmosphériques.

On trouvera groupés ci-dessous quelques résultats d'analyse :

a) P o r p h y r e s :

Aucune analyse chimique ne figure dans la documentation réunie.

b) Grès durs (résultats du laboratoire d'essais des constructions du Génie Civil).

Analyse de quelques grès provenant des vallées de l'Ourthe et de l'Amblève.

Silice et silicates insolubles dans HCl	89 0	80.24	82.55	85.91	88.08	89.40	92.6
Alumine + oxydes de fer	3.9	1.37	4.55	2.58	2.25	4.89	4.18
Carbonate de calcium	3.1	13.93	6.66	6.42	4.75	4.78	2.28
Carbonate de magnésium	4.0	4.30	6.15	4.50	3.59	0.91	0.72

Pour d'autres échantillons, seule la teneur en CaCO_3 a été déterminée. Les résultats sont les suivants :

0,15 — 1,15 — 1,20 — 1,75 — 1,80 — 1,85 — 1,85 — 2,10 — 2,40 — 2,45 — 2,88 — 3,48 — 4,22 — 4,58 — 4,76.

Il s'agissait de roches destinées à des emplois pour lesquels on limitait la teneur en calcaire.

A signaler aussi deux grès donnant les compositions suivantes :

	Grès gris	Grès noir
Si O ₂	55,0 %	54,0 %
Al ₂ O ₃	1,5 %	1,3 %
CaCO ₃	43,5 %	44,7 %
Résistance à la compression Kg/cm ²	2670	2260

On voit que la composition chimique des grès durs peut varier dans des limites très étendues. Il doit en être de même de leur structure et un examen minéralogique, notamment en lames minces, peut être utile.

c) Quartzites.

Analyse du quartzite de Dongelberg (d'après un document communiqué par la carrière).

Silice	95,68
Alumine	2,70
Oxyde de fer	1,28
Chaux	très faibles traces
Perte au feu	0,31

d) Calcaires.

Analyses de quelques calcaires durs (effectuées au laboratoire d'essais des constructions du Génie Civil).

Silice + silicates			
insolubles dans HCl	6,55	1,49	1,24
Alumine + oxydes de fer	1,72	0,79	1,43
Carbonate de calcium	88,40	86,90	87,10
Carbonate de magnesium	1,76	10,72	10,12

5) Poids spécifique et porosité.

(Déterminations faites par le laboratoire d'essais des constructions du Génie Civil pour la Commission D).

a) Porphyres.

<i>Poids spécifique apparent Kg/m³.</i>	<i>Nombre de résultats.</i>
— de 2680	1
2680 à 2690	4
2690 à 2700	3
2700 à 2710	16
2710 à 2720	9
2720 à 2730	8
2730 à 2740	12
2740 à 2750	7
2750 à 2760	2
2760 à 2770	4
+ de 2770	1
Total	67 essais.

Le maximum est 2790 Kg/m³, le minimum 2670 Kg/m³ ; les plus grandes fréquences sont dans l'intervalle 2700-2740 Kg/m³. Mais les variations sont assez nettes.

Porosité par absorption d'eau bouillante à la pression ordinaire.

<i>Porosité % du poids sec.</i>	<i>Nombre de résultats.</i>
— de 0.02	1
0.02 à 0.04	9
0.04 à 0.06	34
0.06 à 0.08	10
0.08 à 0.10	5
0.10 à 0.12	0
0.12 à 0.14	0
0.14 à 0.16	3
0.16 à 0.18	2
0.18 à 0.20	0
0.20 à 0.22	3
+ de 0.22	0

Les pierres sont d'abord séchées à poids constant entre 100 et 110° Centigrades, puis imbibées d'eau bouillante jusqu'à poids constant.

Maximum : 0.210.

Minimum : 0.019.

b) Grès durs.

Poids spécifique apparent Kg/m³.

Nombre d'essais : 90.

— de 2500 Kg/m ³	9
2500 à 2550 »	0
2550 à 2600 »	9
2600 à 2650 »	57
+ de 2650 »	15

Il convient de séparer les grès poreux des grès compacts :

Grès poreux : de 2436 à 2488 Kg/m³.

Grès compacts : de 2551 à 2677 Kg/m³.

en général compris entre 2600 et 2650 Kg/m³.

Porosité en % du poids sec (absorption d'eau bouillante).

Grès compacts.

— de 0.1	9
0.1 à 0.2	21
0.2 à 0.3	19
0.3 à 0.4	8
0.4 à 0.5	8
0.5 à 0.6	5
0.6 à 0.7	2

Grès poreux.

La porosité est toujours supérieure à 1.00 ; dans les essais effectués, elle a varié de 1.46 à 2.15.

Total des essais : 72

c) *Quartzites.*

Poids spécifique apparent :

de 2644 à 2659 Kg/m³ (Silice pure 2650).

Porosité (absorption d'eau bouillante) :

très faible : 0.045 % en poids.

d) *Calcaires.*

Pas de renseignements.

e) *Laitier.*

Poids spécifique apparent : assez variable, facteur peu caractéristique à cause des inclusions variables de fonte.

Porosité en % du poids sec.

— de 0.1	1
0.1 à 0.2	7
0.2 à 0.3	2
0.3 à 0.4	2

12 essais.

Cette porosité est déterminée en % du poids sec, donc en faisant abstraction des grands vides bulleux.

En réalité, la porosité dont il est question ci-dessus n'est pas absolue ; c'est plutôt la faculté d'absorption d'eau dans

les conditions définies. Il serait utile de faire quelques déterminations de poids spécifique absolu au picnomètre et d'en déduire la porosité absolue, par comparaison avec le poids spécifique apparent.

6) Gélivité.

Les renseignements ci-après sont relatifs au porphyre et ont été communiqués par les carrières.

1) Berlin, procès-verbal du 20 octobre 1886 :

Résistance à la compression du porphyre sec 2544 Kg/cm²
(moyenne de 10 essais).

» » » mouillé 2530 Kg/cm²
(moyenne de 8 essais).

» » » gelé à l'air 2455 Kg/cm²
(moyenne de 5 essais).

» » » gelé sous eau 2426 Kg/cm²
(moyenne de 4 essais).

2) Berlin, procès-verbal du 11 février 1889 :

Résistance à la compression du porphyre sec 2449 Kg/cm²
(moyenne de 10 essais).

» » » mouillé 2342 Kg/cm²
(moyenne de 10 essais).

» » » gelé à l'air 2248 Kg/cm²
(moyenne de 5 essais).

» » » gelé sous eau 2217 Kg/cm²
(moyenne de 5 essais).

3) Gand, 1913 :

Résistance à la compression du porphyre
avant gel : 2533 Kg/cm²

» » » après gel : 2664 Kg/cm²

Pas d'altération par suite de l'essai de gélivité (15 opérations).

4) Malines, 27 juillet 1910 :

Après 15 opérations successives de gel et de dégel, pas d'altération.

Voici d'autre part des renseignements relatifs à des essais effectués par le Laboratoire de l'Etat Belge à Malines pour l'Exposition de la Route à Bruxelles en 1910.

	Résistance à la compression		Porosité en % (présumée en poids) par mesure de la quantité d'eau absorbée.
	à l'état naturel.	après congélation	
Grès A	1591,25	1737,2	0,29
Grès B	1292,60	1245,75	0,81
Grès psammite	2366,90	2123,88	0,21
Porphyre A	2351,88	—	0,10
Porphyre B	2437,00	2333,72	—
Porphyre C	2629,20	2866,90	—

Dans ces essais, la porosité à l'eau a été déterminée vraisemblablement par absorption d'eau à la température et à la pression ordinaires.

En résumé, il faudrait peu de travail pour compléter les essais d'analyse chimique et de détermination des poids spécifiques absolus et apparents, de porosité et d'absorption d'eau à la température ordinaire ou bouillante et à la pression ordinaire.

On s'inspirerait avantageusement pour ces essais des normes allemandes D.I.N. : DVM 2103 et 2104, notamment aussi pour les essais d'absorption à l'eau à la pression de 150 atm. Des examens minéralogiques s'y ajouteraient utilement.

V) CONCLUSIONS PROVISOIRES ET VŒUX.

1) La documentation de la Commission D s'est encore enrichie de résultats comparables entre eux et qui montrent, pour les grès de pavage, une tendance à l'amélioration de la qualité par l'observation de spécifications définies.

2) Les lacunes signalées dans le rapport de 1935 sont partiellement comblées. Le travail complémentaire d'études et d'essais qui reste à faire est bien déterminé et assez limité.

Cependant ces travaux restent à continuer et ils ne peuvent être menés à bonne fin que grâce à l'appui des administrations publiques et au concours des producteurs.

3) Il est désirable que la Commission D concentre tous ses efforts pour mener à bien sa tâche très importante concernant :

les pierres dures pour pavés

les pierres dures pour ballast

les bordures en pierres naturelles

les enrochements

les gravillons d'enduisage

les sables pour pavages, pour bétons, pour mortiers,
pour matière d'agrégation, pour les rejointoyages de
pavages et les conglomerats aux liants hydrocar-
bonés,

bref, toutes les parties minérales dures des revêtements de routes.

Somme toute, eu égard au caractère fondamental de cette catégorie de matériaux pour la construction des routes, la Commission D est investie de la sorte d'une mission très importante et vaste.

4) Si la question de l'étude des dosages des bétons de routes doit rester confiée à la Commission D, il serait désirable de désigner dans son sein un rapporteur spécial pour cette question.

M. Dutron est tout désigné à cet effet.

Le 1^{er} février 1938.

Au nom de la Commission D :

Le Rapporteur,
(s.) F. CAMPUS.

Le Président,
(s.) HACHE.