

SÉANCE D'APPLICATIONS GÉOLOGIQUES  
DU 9 MARS 1897.

*Présidence de M. G. Jottrand, Vice-Président de la Section.*

La séance est ouverte à 8 h. 40.

M. le *Secrétaire général* se fait un plaisir d'annoncer qu'à la séance annuelle de la Société géologique de Londres, qui vient d'avoir lieu récemment, nos collègues MM. H.-D. Woodward et Clement Reid ont respectivement reçu la MÉDAILLE MURCHISSON et la MÉDAILLE BIGSBY en récompense de leurs beaux travaux scientifiques.

**Communications annoncées :**

**NOTE**

SUR

**LA RÉSISTANCE DES PIERRES NATURELLES  
AUX INTEMPÉRIES**

PAR

**CI. VAN BOGAERT**

Ingenieur aux Chemins de fer de l'État belge.

Pour apprécier la résistance des pierres naturelles de construction aux intempéries, on n'a pas essayé, dans notre pays du moins, d'instituer des expériences systématiques de laboratoire, permettant de classer ces matériaux avec plus ou moins de certitude.

Des études assez complètes ont été faites sur les matériaux de nos monuments anciens, par MM. Rutot et Van den Broeck, géologues (1).

(1) *Note sur les matériaux ayant servi à édifier les anciens monuments de Bruxelles, etc.* (ANNALES DE LA SOCIÉTÉ D'ARCHÉOLOGIE DE BRUXELLES, t. IV, 1890.)

par MM. Berger, inspecteur général des Pont et Chaussées (1), et Marote, ingénieur des Ponts et Chaussées (2). Ces deux derniers se sont surtout occupés des calcaires compacts des terrains devoniens et carbonifères, qui sont des plus abondants dans notre pays, et qui constituent, actuellement, la pierre à bâtir par excellence presque exclusivement employée.

A première vue, il semblerait que la méthode d'observation des monuments anciens soit la seule rationnelle, attendu qu'il est impossible de reproduire, dans un laboratoire, les effets des intempéries et surtout les répétitions et la durée des actions météoriques.

On peut objecter, avec raison selon nous, à la méthode d'observation employée seule, que l'on n'est jamais sûr, en mettant en œuvre une pierre naturelle, que celle-ci soit identique à une pierre ancienne qui a fait ses preuves dans une construction ; car l'expérience nous apprend que les pierres varient énormément en qualité, non seulement de banc à banc d'une même carrière, mais quelquefois (plus rarement) que des pierres calcaires d'un même banc, d'une même carrière, peuvent être, les unes médiocres, les autres bonnes, sans que les premières diffèrent des secondes d'une manière appréciable à la vue ; d'ailleurs des bancs de même âge géologique changent souvent de nature sur des espaces restreints ; il va sans dire que nous supposons les pierres sans défauts apparents dans tous les cas.

La méthode d'observation des monuments anciens ne donne donc qu'une probabilité, et puis, si la carrière est nouvelle et exploite des bancs non encore employés dans les temps anciens, que faire ?

En somme, l'idéal serait que le constructeur qui doit mettre en œuvre une pierre calcaire compacte, pût la recevoir en toute sécurité en la soumettant à certaines expériences à déterminer, absolument comme il apprécie de la chaux, des pouzollanes, du ciment, du sable et des briques. Mais le problème de savoir quelles sont ces expériences, est loin d'être résolu complètement. Le but de cette note est surtout de faire connaître ce qui s'est fait à l'étranger dans cette voie et d'attirer l'attention des expérimentateurs - minéralogistes sur les desiderata des constructeurs. Pour chaque catégorie de pierres, les épreuves devraient être différentes ; les méthodes d'appréciation des grès calcaireux seraient autres que celles des calcaires compacts de nos terrains devoniens et carbonifères.

(1) *Annales des travaux publics de Belgique*, 1890.

(2) *Annales des ingénieurs sortis des Écoles spéciales de Gand*, 1892.

Dans l'état actuel de la question, les méthodes d'épreuve préconisées dans les mémoires, dont le résumé va suivre, ne permettent pas de distinguer les bonnes des mauvaises pierres en calcaire compact de nos terrains primaires.

Nous écartons les appréciations qui sont basées sur l'aspect de la cassure d'une pierre ou sur sa texture. Le préjugé de considérer comme une qualité la « texture grenue et cristalline » d'une pierre calcaire est tellement répandu parmi tous ceux qui s'occupent de construction dans notre pays, que cela semble avoir passé à l'état d'axiome. Cependant l'étude des monuments anciens prouve que ce sont précisément les pierres calcaires à texture très fine, très compacte, nullement grenue ni cristalline, qui bravent le mieux l'action des siècles.

D'autre part, certaines pierres calcaires qui semblent réunir toutes les qualités ne résistent que pendant quelques hivers aux intempéries. Des blocs de ces pierres, soumis à des expériences de congélation successives (1), se comportent aussi bien que les échantillons de pierres de bonne qualité, et même l'absorption d'eau, très faible d'ailleurs, est moindre pour les mauvaises pierres que pour les bonnes; la gélivité des pierres calcaires compactes n'est donc pas due à l'expansion de l'eau passant de l'état liquide à l'état solide dans les interstices de ces pierres; elle semble due à des tensions internes provenant de différences de température entre la surface et l'intérieur. Il résulterait de là que les pierres calcaires compactes gélives sont celles qui ont un coefficient relativement peu élevé de résistance à l'extension, sinon un pouvoir conducteur réduit. Cela devrait se vérifier par des expériences de laboratoire.

L'éclatement des cailloux, les soirs d'été, alors qu'il n'y a pas de gelée, mais un refroidissement brusque, semble être un phénomène identique à celui de la gélivité de certains calcaires compacts.

Dans ce qui va suivre nous allons résumer les travaux et les mémoires du Congrès international de l'unification des méthodes d'essais de matériaux de Zurich. La troisième Commission avait à s'occuper des pierres naturelles (calcaires, grès, etc.) et la quatrième Commission des ardoises.

(1) Notre confrère M. Losseau a bien voulu se charger gracieusement de faire ces expériences sur des échantillons que nous lui avons remis.

## CONGRÈS DE L'UNIFICATION DES MÉTHODES D'ESSAIS DE MATÉRIAUX. — SESSION DE ZURICH.

### Projet de programme de la troisième Commission.

Appréciation de la composition chimique des pierres naturelles et de leur résistance aux intempéries. Influence des fumées et en particulier de l'anhydride sulfureux :

1° Influences physiques et chimiques qui décomposent les pierres naturelles, notamment :

- a) Composés de l'air et de l'eau ;
- b) Végétations ;
- c) Changements de température.

2° L'influence des fumées et de l'anhydride sulfureux est-elle réelle pour toutes les espèces de pierres ?

3° Quelle est l'influence du climat (pluies fréquentes, brouillards, alternatives de sécheresse et d'humidité ou orientation) ?

4° Détermination des éléments composants des pierres qui, sous l'influence des changements 1 à 3, sont attaquées le plus :

- a) Chimiquement par des acides organiques et inorganiques ;
- b) Physiquement par dissolution, absorption d'eau, porosité, manque de cohésion, manque de dureté.

5° La résistance à la compression, la résistance aux gelées ne suffisent pas à classer une pierre naturelle ; il faut d'autres épreuves, notamment chimiques.

- a) Cela est-il vrai pour toutes les espèces ?
- b) Dans quel sens faut-il étendre les essais ?

6° Quelle est l'influence (au point de vue de la résistance aux intempéries) d'un changement de couleur ? Quelles sont les substances qui amènent ces changements de coloration ?

7° En quoi consistent les changements physiques et chimiques des pierres naturelles peu de temps après leur contraction et quelle est l'influence de ces changements sur la résistance aux intempéries ? Comment peut-on diminuer la durée de ces changements ; comment peut-on constater cette durée et que cette période est finie ?

8° Donner un avis sur les épreuves que l'on fait subir aux pierres naturelles :

Nouvelles épreuves à proposer.

9° Avis sur les moyens de conservation employés jusqu'ici et à employer pour les pierres naturelles.

### Note du professeur Hanisch, de Vienne.

M. le professeur Hanisch, n'examinant que la cinquième thèse, dit que les expériences qu'on fait dans les laboratoires pour imiter les influences atmosphériques, ne sont pas très sérieuses; il faut, pour le moment du moins, se contenter des expériences de congélation successives, qui ont une certaine valeur.

Pour bien analyser une pierre naturelle, il faudrait, dans une pierre très vieille d'un bâtiment, prendre des échantillons à la surface, puis de 3 en 3 millimètres, pour voir l'influence des temps de la surface vers l'intérieur. Cela fait, retrouvera-t-on exactement la même pierre? Ou bien les matériaux sont archiconnus, ou bien ils sont nouveaux, et alors les congélations successives, répétées vingt-cinq fois, sont suffisantes.

En ce qui concerne l'anhydride sulfureux, les ardoises doivent subir l'essai de Frésenius (1), mais il serait excessif de vouloir l'appliquer à toutes les pierres naturelles, attendu que les calcaires, tant employés, sont tous attaqués par cet acide.

M. le professeur Hanisch a constaté que la plupart des grès et calcaires gélifs sont, en général, jaunes.

### Note du professeur Dr Lunge, de Zurich.

Traitant la première question : Composés de l'air, M. le professeur Dr Lunge dit qu'il faut considérer en premier lieu l'humidité, car sans eau pas d'action chimique ni d'influences néfastes de végétation ou de changement de température.

Dans l'air sec, en Égypte notamment, les pierres ne sont pas attaquées, alors qu'elles le sont dans d'autres climats.

L'air agit :

1° PHYSIQUEMENT :

- a) Par congélation;
- b) Par solution mécanique de parties attaquées;
- c) Par ramollissement du ciment de la plupart des grès argileux ou calcaireux;

(1) L'essai de Frésenius consiste à suspendre de petits échantillons de la pierre à essayer dans un milieu constamment saturé d'anhydride sulfureux (SO<sub>2</sub>).

d) Par l'enlèvement des produits de décomposition et la mise à nu de nouvelles surfaces attaquables;

e) Par l'usure des poussières des villes par fortes pluies.

2° CHIMIQUEMENT :

a) Comme agent de dissolution d'anhydrides carbonique et sulfureux ( $\text{CO}_2$  et  $\text{SO}_2$ );

b) M. le professeur Dr Lunge estime que les végétations ne sont pas de vrais destructeurs de la pierre, mais qu'elles peuvent en gêner l'aspect ou leur donner une patine;

c) Les changements de température ou congélations sont connus (1).

Au sujet de la deuxième question : De l'influence des fumées, surtout de  $\text{SO}_2$ , M. le professeur Dr Lunge dit que l'influence des acides forts, comme  $\text{SO}_2$ , est plus forte que celle de  $\text{CO}_2$ ;  $\text{SO}_2$  attaquant toutes les pierres, carbonates compris. Les pierres feldspathiques sont attaquées en peu d'années, comme, par exemple, les monuments égyptiens qui ont résisté dans leur pays et qui se détériorent à Paris, Londres et New-York.

Plus il y a d'acides dans les fumées, plus elles attaqueront les pierres. On prétend que les pierres se colmatent par le goudron, la suie, etc. Cela paraît peu probable, l'expérience ne le prouvant pas.

Quatrième question : Quelles sont les pierres les plus influencées par les changements 1 à 3?

De l'avis du Dr Lunge, ce sont :

a) En premier lieu, les carbonates, les calcaires plus que la dolomie, quoique celle-ci s'attaque aussi; les pierres à ciment calcaire sont plus facilement attaquées que les calcaires purs;

b) Viennent ensuite les pierres à  $\text{FeOH}_3$  et à pyrites. Les premières peuvent se suroxyder et s'écailler; mais, si la pierre est poreuse, l'oxydation produit un colmatage favorable à l'augmentation de résistance;

c) Le gypse commence à se dissoudre, mais il se forme une croûte qui peut protéger le reste.

Sixième question : Les changements de coloration; ceux-ci sont souvent dus à :

a) Des composés de fer; dans ces cas, voir ci-dessus;

b) Des matières organiques; dans ce cas, la résistance n'est pas altérée.

(1) Les changements de température occasionnent parfois des bris de pierres *sans congélation*. Exemple : pour faire une réception de briques émaillées, on les plonge dans un mélange d'eau et de glycérine à  $-12^\circ$ , le mélange restant liquide, puis dans de l'eau à  $30^\circ$ ; après vingt opérations, les briques de mauvaise qualité éclatent, non seulement dans l'émail, mais dans le corps de la brique. (Note du traducteur.)

Septième question : Changement dans les pierres peu de temps après leur extraction.

Au point de vue chimique, il y a le composé de fer (voir plus haut) et la dissolution des carbonates de chaux des ardoises par les fumées.

Un moyen de diminuer le temps d'attente serait de mettre les matériaux en dépôt près de fumées de fabriques; chasser des fumées à travers les matériaux n'est pas pratique.

Le Dr Lunge ne connaît pas de moyen de reconnaître si une pierre a subi toutes les transformations après la perte de son eau de carrière.

Huitième question : Avis sur les épreuves actuelles.

A son avis, les épreuves les plus probantes sont : l'absorption de l'eau et la résistance aux congélations; il faut beaucoup de congélations et dégels successifs. De nouvelles méthodes lui sont inconnues.

Il critique l'épreuve usitée à Berlin et qui consiste en : 1° bouillir et jeter dans l'eau froide; 2° bouillir avec 15 % de chlorure de sodium, refroidir souvent et brusquement; 3° bouillir avec de la soude caustique; 4° bouillir avec de la soude caustique et du sulfure d'ammonium; 5° bouillir avec 2 % de sulfate de fer et 2 % de sulfate de cuivre et 10 % de sel de cuisine.

Cela est simplement empirique.

D'autre part, le traitement de Berlin, c'est-à-dire faire macérer pendant cent vingt-cinq heures dans l'acide chlorhydrique chaud, paraît excessif dans la plupart des cas, car les grès calcareux et les calcaires purs, qui résistent parfaitement aux intempéries, ne résistent pas à ces épreuves, qui ne prouvent donc rien.

Pour les ardoises, le Dr Lunge préconise l'épreuve de Frésenius, et pour les grès, de constater l'absence de l'acide carbonique.

La méthode de Brard, condamnée par Bolton, ne lui paraît pas concluante au point de vue de la résistance aux congélations.

Neuvième question : Moyens de conservation.

Ceux-ci ne peuvent être jugés que pratiquement.

Le fluosilicate de magnésium préserve les ardoises riches en calcaire de l'attaque des acides.

**Note des professeurs Grubenmann et Tetmayer,  
de Zurich.**

Il est difficile, sinon impossible, d'imiter, par des essais de laboratoire, l'influence, sur les pierres, des agents atmosphériques et surtout

*du temps.* Les résultats des essais ne peuvent donc être que relatifs, et l'on ne peut faire que des comparaisons entre divers matériaux.

Il est inutile de s'occuper de pierres comme le granite, qui ont, d'après l'expérience, une durée illimitée ou très grande. Si l'épreuve de congélation donne une diminution de poids, c'est que l'échantillon a été endommagé lors de sa confection et que cela se montre seulement quand on fait l'épreuve.

Un carbonate de calcium, qui ne prend pas d'eau, résiste à toutes les épreuves de congélation; de même que le calcaire argileux, qui ne prend pas d'eau, alors qu'en réalité celui-ci ne résiste pas dans les constructions; une analyse pétrographique de ces dernières pierres ne suffit donc pas, et il faut recourir à l'analyse chimique.

Il est inutile de soumettre les pierres calcaires à l'influence des acides  $\text{SO}_2$  et  $\text{CO}_2$ .

Il faut aussi voir la nature générale de la pierre, car une pierre calcaire ne prenant pas d'eau, ne se ramollit pas, tandis que les calcaires poreux et les grès à ciment calcaire peuvent se ramollir.

Les composés de l'air qui détruisent la pierre sont :  $\text{CO}_2$ , O,  $\text{H}_2\text{O}$  et  $\text{SO}_2$ .

Les composés du mortier et de l'humus, savoir :

Le sel marin, le chlorure de magnésie, les carbonates et sulfates, le salpêtre, les acides humiques, l'ammoniaque.

D'autres agents encore : la gelée, les changements de température provoquant des dilatations et des tensions.

La vie organique a une influence directe sur la pierre; d'autre part, l'oxydation de l'azote de l'ammoniaque, qui produit le salpêtre, vient probablement de bactéries.

Nous passerons en revue les principales pierres et leur résistance à ces agents.

### I. *Silicates.*

1° N'absorbant pas d'eau.

2° Absorbant de l'eau.

Dans la première catégorie, on a :

a) Granite, syénite, liparite, trachyte, diorite, andésite et diabase;

b) Porphyres, basalte et mélaphyres;

c) Gneiss, ardoise et hornblende;

d) Serpentine.

Il est connu que, géologiquement, aucune roche ne résiste aux intempéries, mais il ne faut pas conclure, en voyant des granites et des por-

phyres décomposés par l'action longue des intempéries, que ces pierres ne peuvent pas servir à la bâtisse.

La grosseur des grains ne dit pas grand'chose, mais les schisteux sont les moins résistants.

Somme toute, les quatre classes ci-dessus donnent les pierres les plus résistantes qui existent pour les constructions. Les petits angles qui s'en vont dans les expériences proviennent de fissures préexistantes ou bien du travail de la taille. Le changement de couleur dans ces pierres n'est pas dangereux; elles peuvent être kaolinisées par l'influence de  $H_2O$  et  $CO_2$  sur le feldspath, ce qui les blanchit. Quand les pierres ont une odeur argileuse, cela est mauvais et un indice de décomposition.

En cas de doute, il faut faire un *slit* (coupe mince) et des épreuves à la congélation et aux intempéries (voir plus loin).

Des silicates frais résistent aux fumées.

Dans les pierres kaolinisées et argileuses, il peut se former du sulfate d'alumine soluble, et alors elles deviennent poreuses.

Dans la deuxième catégorie, on a :

Liparite, trachyte, basalte, tuf de diabase et andésite.

Au dôme de Cologne, on a employé du trachyte et de l'andésite des Sept-Montagnes (entre autres); il y a peu d'exemples de constructions en ces pierres.

Les porphyres à odeur argileuse et à calcaire, de même que les calcaires argileux, doivent être écartés.

## II. Carbonates.

1° Ne prenant pas l'eau, sans limés et sans fissures;

2° Ne prenant pas l'eau, schisteux, terrasseux, oolithiques et argileux;

3° Prenant l'eau : calcaires oolithiques.

Les premières ne résistent pas aux acides, perdent leur taille, leur poli et les arêtes vives s'en vont; les carbonates deviennent des sulfates par  $SO_2$  et les carbonates des bicarbonates solubles. La résistance à la compression n'en souffre pas, mais l'aspect devient mauvais.

Les deuxièmes se délitent et les acides ont beau jeu; puis intervient l'eau passant de l'état liquide à l'état solide.

Les pierres du *Polytechnicum* de Zurich sont de cette qualité et, après vingt-cinq ans, il faut cimenter des fentes de 5 centimètres de profondeur.

Les carbonates argileux, qui paraissent ne pas absorber d'eau, se comportent d'abord comme des carbonates purs, mais ils éclatent par suite d'imprégnation d'eau et par le froid.

Les troisièmes sont comme des grès calcareux. Les acides de l'atmosphère ont une action dans les deux cas.

Les tufs calcaires à grands trous ne sont pas gélifs; à part cela, ils ont les inconvénients des calcaires.

Pour la première catégorie, il n'y a pas d'essais à faire (1).

Il faut donc voir si le carbonate ne prend pas d'eau et s'il n'est pas argileux.

Les deuxième et troisième catégories doivent subir les essais de congélation et de résistance aux intempéries.

### III. Grès.

1° Ceux qui ne prennent pas d'eau;

2° Ceux qui prennent de l'eau, à ciment, calcaire, argileux ou siliceux.

S'ils sont à ciment calcaire, ils sont comparables aux carbonates qui ne prennent pas d'eau.

Les grès argileux, qui paraissent ne pas prendre d'eau, se ramollissent à la longue et gèlent pendant les hivers rigoureux; pour des essais de laboratoire, il faut donc que les pierres soient suffisamment imprégnées d'eau avant la congélation.

Ceux de la deuxième sorte présentent les mêmes inconvénients que les calcaires qui prennent de l'eau; souvent les grès qui sont près du sol absorbent l'eau par capillarité et souffrent plus que ceux qui sont exposés aux intempéries. Les grès calcareux se délitent; les grès purs se changent en sable.

Il faut faire attention aux substances chimiques qui pourraient venir en contact avec les pierres et les détruire.

Il faut aussi, pour l'épreuve de congélation, que les matériaux puissent non seulement se saturer d'eau (ce qui est insuffisant), mais encore laisser se produire les phénomènes d'imbibition, de ramollissement; il faut congeler vingt-cinq fois entre 15° et 20° sous zéro.

Pour les grès calcareux et siliceux ne prenant pas d'eau, il est inutile de faire d'autres essais; mais pour les grès argileux qui paraissent ne

(1) Pour les calcaires belges, cela n'est pas exact. Voir l'introduction. (Note du traducteur.)

pas prendre d'eau et ceux qui prennent de l'eau, il faut des essais de congélation et de résistance aux intempéries.

MM. Grubenmann et Tetmayer font suivre leur note d'une critique de l'épreuve de Berlin, déjà citée dans la note du Dr Lunge.

Ils proposent les essais suivants :

Trois cubes de 6 centimètres de côté sont, après séchage et pesage, saturés d'eau pendant vingt-huit jours, puis tous les jours, pendant six heures, congelés de — 15 à 20° centigrades, dégelés dans de l'eau saturée de CO<sub>2</sub> et, après quatorze heures d'action de l'eau, trois heures d'action de vapeurs d'une solution saturée de SO<sub>2</sub>. Après cela, les cubes sont rincés et plongés pendant une heure dans le liquide qui a servi au dégel. Répéter vingt-quatre fois cette expérience.

Pour finir, on les sèche jusqu'à poids constant, et l'on éprouve à la compression. De l'aspect des cubes, de la perte de poids et de cohésion on peut juger de la pierre. Pour éliminer les influences néfastes du travail de la pierre, les cubes ne doivent être ni éclatés ni piqués, mais ciselés; on doit aussi les prendre du même bloc et marquer le lit de carrière (1).

#### Travaux de la quatrième Commission pour l'unification des méthodes d'essai des matériaux de construction.

(Ardoises.)

##### *Méthodes de recherche des qualités et en particulier de la résistance aux intempéries des ardoises.*

Le président, M. le professeur Hauenschild, annonce qu'il a envoyé aux membres, en circulaire, le mémoire du professeur Brunner, de Lausanne.

M. le professeur Dr Lunge, de Zurich, se limite au point de vue chimique et recommande de rechercher plutôt l'anhydride carbonique que la chaux, et de faire usage de la méthode de Frésenius. Il avance que les épreuves chimiques doivent se faire de pair avec les physiques et celles de résistance.

M. le professeur Tetmayer, de Zurich, propose, dans un mémoire,

(1) Les calcaires durs belges, soumis à des changements de température brusques, donnent de nombreux éclats dans les parties piquées, mais pas sur les faces sciées ni ciselées. Ceux qui absorbent moins de 1 gramme d'eau par 2 1/2 kilogrammes sont quelquefois mauvais; les autres absorbent de 2 à 3 grammes. Cela semble en contradiction avec ce qui précède. (Note du traducteur.)

de diviser ces essais en obligatoires et facultatifs, les premiers étant indispensables pour juger des matériaux, les seconds donnant des indications utiles sur la qualité.

Les dix essais obligatoires se confondent avec ceux de MM. Brunner et Hauenschild, et les essais facultatifs sont des expériences de ramollissement par imbibition et des recherches de carbonates.

M. le professeur Hanisch a montré l'influence de la direction du long grain sur la résistance à la flexion des ardoises; par contre, la recherche de la résistance au choc pourrait être laissée de côté. Comme essai le plus probant, il recommande l'épreuve de Frésenius. Les recherches de la résistance à la congélation iront de pair avec celles de la résistance à la flexion, comme dans les pierres la résistance à la congélation marche de pair avec la résistance à la compression.

Il est d'accord pour accepter les propositions de MM. Lunge et Tetmayer.

M. le professeur Gattschalt accepte aussi les propositions de M. Tetmayer et demande une simplification et une diminution des essais. La recherche de l'influence du long grain sur la résistance lui semble superflue. Il est de l'avis de MM. Lunge et Tetmayer, et préconise, comme ce dernier, l'essai, longtemps pratiqué, de chauffer les ardoises au rouge et les faire écailler ensuite dans l'eau (voir Brunner).

#### Note de M. le président Hauenschild

La question posée est en relation avec des problèmes déjà résolus et avec des problèmes qui concernent d'autres commissions (celle des pierres naturelles). M. Hauenschild rappelle les conclusions de la Conférence de Munich et toute la littérature ardoisière.

Les méthodes d'essai peuvent se diviser en physiques, chimiques et mécaniques.

L'essai de la résistance à la rupture par flexion doit se faire sur des morceaux d'égale grandeur; cette résistance a son importance, car on doit préférer des ardoises *légères* de grande résistance aux ardoises lourdes et épaisses de même résistance. M. Hauenschild attend les propositions des membres quant à l'essai de résistance au choc (au point de vue de la grêle).

Essai de la résistance à la perforation, pour constater s'il est difficile de faire des trous aux ardoises.

Il faut un appareil pour chacun de ces deux essais.

Les essais physiques doivent se faire concurremment avec les essais chimiques.

M. Hauenschild préconise les essais suivants :

Essai pétrographique : recherche des éléments minéralogiques, macroscopiques et microscopiques. Recherche de la structure et du degré de schistosité et de fissilité maximum en rapport avec la résistance à la flexion.

Recherche de la porosité (voir Brunner).

Recherche de la résistance à la congélation.

Essai de Frésenius pour la résistance aux intempéries.

Essai chimique : recherche des carbonates et des sulfures d'après Brunner.

Recherche de l'influence de matières organiques sur la résistance des ardoises.

Recherche de l'influence de changements de température brusques, à sec et avec saturation d'eau (on pourrait appliquer ce qui se fait pour le ciment).

#### Note de M. le professeur Tetmayer.

Les méthodes d'essai des pierres naturelles peuvent s'appliquer en partie aux ardoises, et comme pour celles-là on ne peut pas faire d'expériences imitant les intempéries, il ne peut être question que de comparaisons.

Comme agents destructeurs on peut considérer :

1°  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ , O et  $\text{H}_2\text{O}$  (1);

2° La glace;

3° Les tensions résultant de changements de température et d'échauffement sur une face.

La vie organique, de même que les sels solubles infiltrants peuvent être laissés de côté.

La pluie, la neige, la suie véhiculent les acides atmosphériques. Ces acides n'ont pas d'influence sur les ardoises qui ne renferment pas de carbonates. Pour ces dernières, ces acides dissolvent et l'eau entraîne la chaux et la magnésie; il y a alors un chemin ouvert pour les infiltrations subséquentes; le sulfate de chaux peut, par son augmentation de volume, donner lieu à diminution de cohésion de l'ardoise.

De l'expérience de M. le professeur Tetmayer, la présence de carbo-

(1) C'est-à-dire les anhydres carbonique et sulfureux, l'oxygène et l'eau.

nate de chaux n'est pas de nature à faire rejeter une ardoise comme inutilisable. Il faut en rapprocher les autres qualités. Une ardoise compacte n'absorbant pas d'eau, n'est attaquée que superficiellement par les acides atmosphériques; le bicarbonate et le sulfate de chaux formés sont entraînés par l'eau; mais il n'y a que des écaillures superficielles, tandis que pour des ardoises, qui absorbent beaucoup d'eau, il se détache de grandes écailles et, pour ces dernières, l'action intérieure se superpose encore à l'action superficielle. Même dans l'épreuve de Frésenius, ces deux sortes d'ardoise se comportent différemment.

Le sulfure de fer peut être à l'état de pyrite ou de marcassite. Ordinairement, il y a des cristaux isolés de pyrite; plus rarement ils sont à l'état de veines ou de nids; en général, la pyrite résiste mieux que la marcassite à l'oxygène avec l'humidité. Si quelquefois la pyrite résiste parfaitement, d'autres fois elle se transforme par l'oxydation en sulfates solubles dans l'eau; comme il n'est pas possible d'être fixé, il faut considérer la pyrite comme un élément nuisible. Quelques cristaux à gros grains qui ne traversent pas complètement l'ardoise, ne doivent pas faire rejeter celle-ci quand elle résiste à l'essai de congélation. Des amas et des veines de pyrites traversant l'ardoise, doivent la faire rejeter. Les ardoises doivent être déclarées inutilisables quand elles offrent des pyrites ou marcassites attaquables.

L'eau qui attaque l'ardoise agit comme ramollissant de la masse ou par sa puissance expansive en se changeant en glace.

Les changements de température amènent des tensions moléculaires qui favorisent et augmentent les causes de destruction citées plus haut, sans pour cela jouer un rôle prépondérant.

M. le professeur Tetmayer recommande de renoncer complètement à l'essai de l'influence des changements de température.

Il distingue les essais en *obligatoires*, indispensables pour juger les matériaux, et *facultatifs* qui, sans être absolument nécessaires, donnent des indications utiles.

Les essais obligatoires consistent en :

- 1° Recherche de la couleur; recherche macroscopique de la pureté (recherche de la pyrite, de la marcassite); détermination du son requis;
- 2° Recherche de la structure, en particulier direction du long grain;
- 3° Recherche du poids spécifique sans pores.

Pour l'effectuer, on pile l'ardoise à essayer et l'on expérimente sur la portion qui passe à travers le tamis de 900 mailles au C<sup>2</sup> et qui reste sur le tamis de 4900 (tamis normaux);

- 4° Recherche du poids y compris les pores.

A effectuer avec des morceaux saturés d'eau, pesés à la balance hydrostatique ou par la méthode par enveloppe de paraffine;

5° Recherche de la porosité.

Celle-ci s'exprime par la formule  $n = 100 \frac{V - V_0}{V} = 100 \frac{\gamma - \delta}{\gamma}$ .

$\gamma$  est le poids spécifique sans pores.

$\delta$  est le poids  $\gamma$  compris les pores;

6° Recherche de la dureté par l'échelle de Mohs;

7° Recherche de la faculté d'absorption d'eau.

A faire avec trois morceaux de  $12 \times 5$ , séchés, pesés, posés dans un verre avec 2 centimètres d'eau; après vingt-quatre heures, on mesure le niveau de l'eau sur l'ardoise et l'on remplit tout le verre d'eau de manière à noyer complètement les échantillons après quarante-huit heures; après vingt-huit jours on essuie et l'on pèse;

8° Recherche de la résistance à la congélation et aux intempéries.

Les trente échantillons précédents, saturés d'eau, sont soumis journellement pendant six heures à une température de  $-15$  à  $20^\circ$ , dégelés dans de l'eau saturée de  $\text{CO}_2$  pendant quatorze heures, et ensuite pendant trois heures aux vapeurs d'une solution saturée de  $\text{SO}_2$ . Les échantillons sont ensuite lavés et placés pendant une heure dans l'eau qui a servi à dégeler; cette expérience se répète vingt-quatre fois; on constate l'état des échantillons et leur perte de poids après dessiccation.

9° Recherche de la teneur en pyrite.

A faire au moyen de 3 grammes d'ardoise finement pulvérisée, mis au bain-marie pendant dix minutes avec 20 centimètres cubes de 1 partie HCl concentré et 3 parties d'acide nitrique. Le liquide est décanté et la poudre évaporée à siccité; on répète encore deux fois cette opération. Finalement, la poudre est filtrée et lavée. Les acides réunis avec l'eau de lavage sont évaporés au bain-marie, séchés à  $120^\circ$ , humectés de HCl concentré, additionné d'eau, et les acides éliminés de la silice par filtration. On recherche  $\text{SO}_3$  dans le filtre. Une autre partie d'ardoise pesée et attaquée au moyen de HCl concentré, et, pour l'élimination des acides de la silice, on procède comme précédemment et l'on recherche aussi  $\text{SO}_3$ . La différence des deux mélanges sulfureux est ensuite calculée comme soufre et convertie en  $\text{Fe S}_2$ .

10° Recherche de la faculté de ramollissement en rapport avec la résistance à la flexion.

A effectuer avec dix échantillons d'ardoise de 20 centimètres de longueur sur 15 centimètres de largeur, séchés, puis fléchis par des charges croissantes au milieu sur une portée de 15 centimètres. En

même temps, dix échantillons de mêmes dimensions, ayant trempé pendant vingt-huit jours dans l'eau, sont essayés de la même manière. La différence des deux moyennes exprimée en pour-cent de la moyenne à sec donne le coefficient de faculté de ramollissement des ardoises.

Comme essai facultatif, on peut effectuer la recherche des carbonates.

M. le professeur Tetmayer recommande la recherche de  $\text{CO}_2$ . Si la pyrite dépasse 1 %, pour que  $\text{H}_2\text{S}$  ne se dégage pas avec  $\text{CO}_2$ , on met dans la solution un peu de chlorure de cuivre.

L'expérience prouve que, s'il y a moins de 1 % de  $\text{Fe S}_2$ , la présence de cette pyrite n'influence pas l'exactitude de la détermination de  $\text{CO}_2$ .

#### Note du professeur Hanisch, de Vienne.

M. le professeur Hanisch communique un tableau, ci-dessous reproduit, donnant la résistance à la rupture par flexion d'ardoises de différentes provenances; ces valeurs varient de 58 à 75 %. Il propose donc, pour déterminer le coefficient de résistance à la rupture par flexion, d'éprouver la moitié des échantillons perpendiculairement et l'autre moitié parallèlement au long grain.

La recherche de la résistance au choc peut être laissée de côté.

M. le professeur Hanisch est grand partisan de l'essai de Frésenius.

La recherche de la résistance à la congélation doit marcher de pair avec les expériences sur la résistance à la rupture par flexion, comme pour les pierres naturelles, c'est-à-dire qu'il faut faire l'expérience des ardoises congelées, comparativement à des ardoises témoins non congelées.

| Espèce | Grain.         | Résistance à la rupture<br>en kilogr. par centim. carré |             | Conversion<br>de la résistance<br>à la rupture<br>en %. | Observations.  |
|--------|----------------|---|-------------|---|--|
|        |                | ⊥ au grain.   | ∥ au grain. |   |  |
| 1      | Apparent.      | 980   | 245         | 75  | } Ces nombres sont<br>des moyennes de<br>trois essais. |
| 2      | Id.            | 896   | 270         | 70  |  |
| 3      | Id.            | 919   | 209         | 77  |  |
| 4      | Peu apparent.  | 780   | 471         | 40  |  |
| 5      | Pas. apparent. | 532   | 332         | 38  |  |

**Résumé du mémoire du professeur H. Brunner, de Lausanne, sur la recherche de la qualité des ardoises.**

Le professeur Brunner a été désigné comme expert dans un procès causé par le fait de toitures en ardoises de Sion complètement abimées après *sept ans* (1 du tableau).

Il estime inutile une analyse qualitative complète; on peut rechercher l'acide silicique libre et combiné, les bases des silicates, les substances organiques, l'eau et l'acide carbonique.

A. — ÉPREUVES PHYSIQUES.

1. — *Couleur.*

Celle-ci n'est pas un signe caractéristique pour la qualité; elle varie du noir au noir bleuâtre, gris noirâtre, gris, vert et violet; les deux premières sont considérées comme un mauvais indice, mais de très bonnes ardoises belges et anglaises ont ces deux couleurs. Si les vertes ne sont pas trop cassantes, elles appartiennent aux bonnes espèces, ainsi que les violettes qui se rencontrent à Angers et à Fumay, et sont de très bonne qualité. Les dernières sont aussi très belles au point de vue architectural (tour restaurée de Lausanne par Viollet-Leduc).

2. — *Texture.*

Le long grain doit être parallèle au grand axe et non oblique ou perpendiculaire, sans cela les ardoises cassent facilement aux clous, surtout par suite de pression de la neige, réparations, etc.

3. — *Ténacité et élasticité.*

Une bonne ardoise doit être aussi dure que possible; ne pas se laisser rayer par l'ongle. D'après les tables, la dureté n'est pas caractéristique de la qualité : de mauvaises ardoises ont 2.5 à 5.5; de très bonnes, 2 seulement. La résistance d'une ardoise compacte est plus forte que celle d'une ardoise schisteuse; on peut abattre des morceaux et scier une bonne ardoise sans l'écailler. L'épaisseur augmente la résistance, mais aussi le poids; elle doit être de 5 à 7 millimètres, mais pour les ardoises de Fumay et Angers, de 3 à 4 millimètres.

| Lieu d'extraction.               | Pays et canton. | Age géologique.   | Couleur.                     | Sous le microscope.         |
|----------------------------------|-----------------|-------------------|------------------------------|-----------------------------|
| 1. Sion . . . . .                | Wallis.         | Carbonifère.      | Noir.                        | Pyrite.                     |
| 2. Sion (1). . . . .             | Id.             | Id.               | Gris noir.                   | Id.                         |
| 3. Sion . . . . .                | Id.             | Id.               | Id.                          | Id.                         |
| 4. Sion . . . . . <sup>sp.</sup> | Id.             | Id.               | Id.                          | Id.                         |
| 5. Alvan . . . . .               | Id.             | Id.               | Gris foncé.                  | Pyrite très rare.           |
| 6. Monthermé . . . .             | Ardennes.       | Cambrien?         | Vert.                        | Magnétite.                  |
| 7. Embrancher . . . .            | Wallis.         | Carbonifère.      | Gris noir.                   | Pyrite abondante.           |
| 8. Embrancher . . . .            | Id.             | Id.               | Id.                          | Id.                         |
| 9. Leytron . . . . .             | Id.             | Jurassique infr.  | Gris.                        | Id.                         |
| 10. Alvan . . . . .              | Id.             | Carbonifère.      | Gris foncé.                  | Traces de pyrite.           |
| 11. Outre-Rhône . . . .          | Id.             | Id.               | Id.                          | Id.                         |
| 12. Pont de la Frenière.         | Waudt.          | Éocène supérieur. | Gris.                        | Beaucoup de pyrite.         |
| 13. Plattenberg . . . .          | Glarus.         | Éocène Flysch.    | Gris noir.                   | Beaucoup de pyrite et mica. |
| 14. Diesbach . . . . .           | Id.             | Id.               | Gris noir avec points bleus. | Id.                         |
| 15. Diesbach . . . . .           | Id.             | Id.               | Id.                          | Id.                         |
| 16. Diesbach . . . . .           | Id.             | Id.               | Id.                          | Id.                         |
| 17. ? . . . . .                  | Belgique.       | Lias.             | Gris noir.                   | Id.                         |
| 18. Fumay . . . . .              | Ardennes.       | Cambrien.         | Violette.                    | Traces de pyrite.           |
| 19. Angers . . . . .             | Maine-et-Loire. | Id.               | Id.                          | Id.                         |
| 20. Bourg-Oisans . . . .         | France.         | Lias.             | Gris noir.                   | Pyrite abondante.           |

(1) Les Nos 2, 3 et 4 renfermaient autant de carbonate de magnésie que de carbonate de calcium.

*composants de quelques ardoises.*

| Dureté.   | Poids spécifique. | Absorption d'eau après 24 h. | Résistance à SO <sub>2</sub> ; décomposé après | Ca CO <sub>3</sub> . | F <sub>2</sub> S <sub>2</sub> . | Qualité.    |
|-----------|-------------------|------------------------------|--|----------------------|---------------------------------|-------------|
| 2         | 2.6901            | En millimètres. Saturé.      | 3 jours.                                       | 16.252               | 0.9801                          | Mauvaise.   |
| 2         | 2.9060            | 20                           | 11 jours.                                      | 4.831                | 0.882                           | Id.         |
| 2         | 2.8872            | 20                           | 11 jours.                                      | 4.743                | 0.634                           | Id.         |
| 2         | 2.9151            | 20                           | 11 jours.                                      | 4.871                | 0.870                           | Id.         |
| 2         | 3.0812            | 2                            | Inattaqué après 6 semaines.                    | Traces.              | Traces.                         | Très bonne. |
| 2.5       | 2.8135            | 4                            | Id.  | —                    | —                               | Id.         |
| 2 à 2.5   | 2.7913            | 3.5                          | 9 jours.                                       | 3.972                | 1.1017                          | Pas bonne.  |
| 2 à 2.5   | 2.7955            | 3.25                         | 14 jours.                                      | 2.586                | 0.9811                          | Id.         |
| 3         | 3.1888            | 8                            | 5 jours.                                       | 25.35                | 1.0858                          | Mauvaise.   |
| 2         | 3.1035            | 2                            | Inattaqué après 6 semaines.                    | Traces.              | 0.0316                          | Très bonne. |
| 2 à 2.5   | 3.1248            | 4.5                          | Id.  | —                    | Traces.                         | Id.         |
| 3.5       | 3.1559            | 6                            | 2 jours.                                       | 13.0117              | 5.0834                          | Mauvaise.   |
| 2.5 à 3.5 | 2.9833            | 3.5                          | 24 heures.                                     | 27.757               | 1.6739                          | Id.         |
| 2.5       | 3.0581            | 3                            | 24 heures.                                     | 24.855               | 0.9505                          | Id.         |
| 2.5       | 2.9122            | 6                            | 24 heures.                                     | 23.548               | 1.150                           | Id.         |
| 2.5       | 3.0604            | 4.5                          | 24 heures.                                     | 21.6245              | 0.5592                          | Id.         |
| 2 à 2.5   | 2.7750            | 3                            | 20 jours.                                      | 2.7136               | 0.6228                          | Pas bonne.  |
| 3         | 3.3257            | 3.25                         | Inattaqué après 6 semaines.                    | 0.358                | Traces.                         | Très bonne. |
| 3         | —                 | 1.7                          | Id.  | 0.3601               | Id.                             | Id.         |
| 2.5       | 3.1219            | 4.5                          | 24 heures.                                     | 9.864                | 4.590                           | Mauvaise.   |

4. — *Dureté.*

Traitée ci-dessus. Les ardoises ont sur une face à paillettes de mica 3.5 et sur l'autre 2.5.

5. — *Poids spécifique.*

On prétend que les bonnes ardoises doivent avoir un poids spécifique de 2.8 à 2.9. D'après les tables, cela ne dit rien.

6. — *Son.*

Une bonne ardoise donne par la percussion un son clair; une mauvaise, un son étouffé.

7. — *Examen microscopique.*

Il n'est pas nécessaire de faire les coupes minces, assez longues à réaliser; il faut examiner au microscope polarisant de fines échardes. On reconnaît assez facilement la présence du carbonate de chaux, les pyrites, la marcassite, la dernière plus dangereuse que la première parce qu'elle s'hydrate plus facilement à l'air et donne l'acide sulfurique. Quand il y a de la pyrite, on remarque quelquefois des taches brunes ou jaunes d'oxyde de fer par pseudomorphose de la pyrite. Dans les ardoises de serpentine, on trouve souvent des octaèdres noirs et brillants de magnétite qui ne sont pas nuisibles. Il n'est pas rare de voir de la moscovite (paillettes micacées à la potasse); cela se voit plus rarement dans les bonnes espèces que dans les mauvaises; mais l'auteur met un point d'interrogation après cette affirmation appelant le contrôle.

8. — *Essai d'imbibition.*

On scie des morceaux de 12 × 6 centimètres et on les place dans un verre avec 1 centimètre d'eau; on couvre le verre d'une plaque et on laisse reposer pendant vingt-quatre heures. Une bonne ardoise ne se mouille que de peu (1) de millimètres au-dessus du niveau de l'eau; des ardoises schisteuses et poreuses absorbent plus d'eau et résistent par conséquent moins aux actions chimiques et physiques de l'atmosphère.

(1) D'après le tableau, cela n'est pas caractéristique; il y a un échantillon mauvais (9), qui n'a que 3 millimètres, à côté d'un très bon (11), qui a 4<sup>mm</sup>,5. (Note du traducteur.)

## B. — ESSAIS CHIMIQUES.

On recherche le carbonate de chaux et éventuellement le carbonate de magnésie, la pyrite, et, ce qui est le plus important, on fait des essais de résistance aux intempéries.

9. — *Recherche du carbonate de chaux et éventuellement du carbonate de magnésie.*

L'ardoise finement pulvérisée est attaquée par l'acide chlorhydrique avec addition d'un peu d'acide nitrique, filtrée, lavée, séchée, chauffée à 150° pour séparer les acides de la silice, reprise dans l'acide chlorhydrique étendu d'eau; en séparer l'oxyde de fer et l'argile par l'ammoniaque et le sulfhydrate d'ammoniaque; en séparer la chaux par l'oxalate d'ammoniaque, transformé en chaux caustique et pesé. Dans le filtre, la magnésie est précipitée par le phosphate d'ammoniaque.

10. — *Recherche de la pyrite.*

Quelques grammes de poudre d'ardoise sont attaqués à chaud par de l'eau régale; on décante la solution et l'on évapore à siccité. Les solutions acides sont débarrassées de leur excès d'acide au bain-marie, étendues d'eau, et les acides de soufre sont saturés de chlorure de barium. Le sulfate de barium est pesé et l'on en déduit la teneur en soufre, donc  $\text{FeS}_2$ .

11. — *Essai de résistance aux intempéries.*

Ceux-ci sont très importants et peuvent seuls, avec les propriétés physiques, donner la valeur technique d'une ardoise. La méthode de Frésenius est sûre et élégante. On suspend au bouchon d'une bouteille, au moyen d'une ficelle, un morceau d'ardoise de 7 centimètres sur 3. La bouteille contient une solution saturée d'anhydride sulfureux. Une mauvaise ardoise est attaquée au bout de quelques jours ou même de quelques heures; elle s'écaille ou, si elle a une structure compacte, elle devient comme de l'amadou et est facile à rayer. Une bonne ardoise résiste de quatre à six semaines, même des mois. La prompte décomposition à l'air des mauvaises ardoises provient de ce qu'elles contiennent des

pyrites et du carbonate de calcium ou de magnésium; la pyrite donne de l'acide sulfurique qui attaque les autres minéraux; les carbonates, sous l'influence de l'eau acidulée de  $\text{CO}_2$ , deviennent des bicarbonates solubles dans l'eau de pluie; les ardoises se trouent, se déchirent et s'écaillent.

Par la méthode de Frésenius, les carbonates seuls sont attaqués et non les pyrites; mais elle donne une idée suffisante de la résistance pratique de l'ardoise, attendu que la décomposition des carbonates est de beaucoup la plus importante et la plus rapide. Des expériences avec l'ardoise n° 1 montrent que la teneur en pyrites d'ardoises soumises aux intempéries pendant deux ans avait peu diminué, et il n'y avait que des traces impondérables de sulfates qui, d'ailleurs, sont dissous dans l'eau. La résistance des ardoises (d'après le tableau) contre  $\text{SO}_2$  est fonction de leur teneur en carbonates; elle y est proportionnelle, et l'on peut conclure, avec raison, que cette expérience donne une preuve réelle de la résistance des ardoises aux intempéries atmosphériques.

Finalement, on peut essayer les changements brusques de température; on sature les ardoises d'eau (pendant quelques jours) et on les expose pendant vingt-quatre heures à  $150^\circ$ . Une autre épreuve consiste à chauffer pendant cinq à six heures de  $250$  à  $300^\circ$  et à plonger dans l'eau froide; on peut faire les épreuves à la chaleur et au froid sur le même morceau.

Pour avoir une appréciation rapide de la qualité d'une ardoise, on tient compte des conditions physiques 1 à 8 et l'on fait, en outre, les réactions chimiques suivantes: on verse de l' $\text{HCl}$  sur de la poudre d'ardoise; une attaque de la poudre par l'acide indique une mauvaise ardoise contenant des carbonates.

Un autre essai qualitatif et rapide consiste à chauffer de la poudre d'ardoise dans un tube à réaction: un sublimé jaune de soufre et la production de  $\text{SO}_2$  montrent beaucoup de pyrite; donc une mauvaise ardoise.

La géologie n'apprend rien; même des ardoises de bancs de la même carrière peuvent différer beaucoup.

Les bonnes ardoises sont plus rares qu'on ne le croit; M. Hein, de Zurich, dit que dans la Suisse orientale on rencontre très peu de bonnes ardoises; on y emploie des gneiss et micaschistes.

Les ardoises de Wallis sont de la période *houillère*; les autres ardoises suisses sont tertiaires et se trouvent dans le Flysch de l'Éocène supérieur.

(Note du traducteur.)

Tout ce qui précède n'est pas sans donner lieu à des objections : ainsi il est avéré que les ardoises d'*Herbeumont*, qui contiennent beaucoup de pyrites, sont parmi les plus résistantes connues : des toits existent depuis cent ans sans renouvellement ; en Belgique, il n'y a probablement pas d'ardoises avec carbonates, et c'est surtout cela qui est mauvais ; la méthode de Frésenius ne donne, en somme, que ceci : c'est que les ardoises qui contiennent des carbonates doivent être condamnées.

M. Rabozée, empêché d'assister à la séance, a fait parvenir le projet suivant de circulaire relative au classement stratigraphique des carrières belges et des matériaux qui en proviennent.

**RABOZÉE. — Appel aux géologues spécialistes en vue du classement stratigraphique des carrières belges et des matériaux qui en proviennent.**

Les matériaux que la Société belge de Géologie se propose de réunir et d'exhiber à l'Exposition de Bruxelles devraient être classés en cinq catégories :

- A. Marbres.
- B. Pierres à bâtir.
- C. Pavés et carreaux.
- D. Ardoises.
- E. Produits artificiels : briques, tuiles, etc.

Dans chacune de ces catégories, les échantillons seraient rangés suivant l'ordre correspondant aux subdivisions adoptées par la *Légende de la Carte géologique de Belgique*.

Chaque échantillon aurait son signalement donné par une étiquette portant : l'indication du niveau géologique (groupe, système, étage, assise) ; le nom de l'exploitant, celui de la carrière et éventuellement du banc dont il provient.

Exemple :

**PIERRES A BATIR.**

*Groupe primaire. — Système carboniférien. — Étage viséen (V).*  
*Assise de Visé (V<sub>2</sub>). — Banc de pieds.*

*Nom de la carrière . . . . .*

*Nom de l'exploitant. . . . .*

On constituerait ainsi une collection montrant, sous une forme expressive, le classement stratigraphique des carrières belges et des matériaux qui en proviennent; l'intérêt scientifique de l'exhibition serait, de cette façon, considérablement augmenté.

Pour faire ce travail de classement méthodique, on pourrait très utilement s'adresser aux géologues spécialistes, notamment à ceux qui, chargés de lever la carte du pays, ont étudié toutes les carrières et en ont déterminé le niveau géologique.

On leur ferait parvenir un tableau donnant la liste des échantillons à exposer, en les priant de compléter, chacun en ce qui le concerne, les renseignements fournis déjà par les exploitants et par les organisateurs de l'exposition des matériaux de construction.

---