

**Zeitschrift:** Bulletin de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes  
**Band:** 15 (1889)  
**Heft:** 6

**Artikel:** Notice sur la manière de détermination la qualité des ardoises  
**Autor:** Brunner, Henri  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-15045>

#### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 23.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

essentiellement agricole, ne possédant pas d'industries spéciales, et dont le commerce le plus actif, celui des bois, ne présentera pas une importance plus considérable que sur les lignes similaires suisses.

2<sup>e</sup> La direction prépondérante du trafic de la contrée est celle de Lausanne, le mouvement général dans ce sens étant au moins double de celui du côté opposé.

3<sup>e</sup> L'importance du trafic sur chacune des lignes projetées sera en tout cas minime; nous l'évaluons approximativement comme suit, sur la base des recettes brutes kilométriques annuelles :

	Voie normale.	Voie étroite.
Pour le tracé par Allaman . . . .	Fr. 180 000	126 000
» Saint-Livres . . . .	119 000	84 000
» Apples . . . .	123 000	86 000

Il convient de chercher à augmenter ces chiffres en étendant autant que possible le périmètre desservi. En adoptant la variante proposée au tracé par Apples, nous pensons que cette recette kilométrique serait portée à 8400 fr.

## II. VOIE

4<sup>e</sup> Le trafic probable sur les lignes projetées exclut absolument l'adoption de la voie à écartement normal.

Le seul avantage que présenterait l'emploi de la voie large dans le cas actuel serait celui de pouvoir se passer d'un parc spécial de wagons à marchandises; mais, eu égard à l'importance relativement minime de cette partie du trafic, tout avantage disparait, vu les majorations de dépenses de premier établissement, qui seraient la conséquence de cette décision.

L'adoption de la voie étroite permettra d'ailleurs de simplifier la construction aussi bien que l'exploitation des lignes projetées et d'y pratiquer dans la mesure la plus large possible les principes admissibles pour les chemins de fer secondaires, tandis que cela serait certainement beaucoup plus difficile avec l'écartement normal.

## III. EXAMEN DES TROIS AVANT-PROJETS

5<sup>a</sup> Eu égard à la direction principale du trafic, aussi bien qu'à celui de l'importance des deux stations en présence comme têtes de ligne, on doit donner la préférence à Morges, pour y embrancher le chemin de fer projeté pour autant que celui-ci doit aboutir à Bière.

b) Le projet par Allaman est beaucoup plus sinueux et présente de plus fortes déclivités que les deux autres; c'est un résultat de la configuration du terrain. L'étude de ce projet a été faite, avec raison, en se plaçant au point de vue d'un chemin de fer d'intérêt local, à la seule exception de l'écartement de la voie, qui aurait dû être fixé, pour être conséquent, à un mètre seulement au lieu de celui normal.

Sous les rapports précédents, les deux autres projets par Saint-Livres et par Apples, sont à peu de chose près, équivalents, ou du moins on pourrait facilement les ramener à des conditions égales.

c) Rapportés à une même norme de prix d'unité et d'éléments de construction, pour autant que cela est possible, les prix kilométriques des trois projets seraient approximativement :

	Voie normale.	Voie étroite.
Pour le tracé par Allaman . . . .	Fr. 180 000	126 000
» Saint-Livres . . . .	119 000	84 000
» Apples . . . .	123 000	86 000

d) Le coût kilométrique annuel de l'exploitation serait, d'après nos supputations et pour l'une ou l'autre des trois lignes :

Pour le cas de la voie normale . . .	5700 fr.
»      »      étroite . . . .	4700 »

6<sup>e</sup> A notre point de vue, les intérêts des contrées touchées par les projets en présence, aussi bien que les intérêts généraux du canton de Vaud et ceux de la compagnie S. O.-S., doivent pousser à la construction de lignes radiales perpendiculaires au tracé du chemin de fer qui longe le lac; l'on doit par conséquent tendre à multiplier les embranchements secondaires suivant cette direction, plutôt que chercher à drainer la zone du plateau par un chemin de fer parallèle à l'artère principale de la plaine et relié à celle-ci par une seule transversale.

A cet égard, nous donnons la préférence au tracé par Apples, en prévoyant pour l'avenir une bifurcation de cette ligne du côté de l'Isle, plutôt qu'au tracé par Saint-Livres avec prolongement prévu le long du pied du Jura.

Si ce point de vue prévalait, la construction d'un tronçon Allaman-Aubonne-Gimel formerait un complément tout naturel du plan d'ensemble prévu, qui pourrait être exécuté immédiatement ou remis à des temps meilleurs, suivant les ressources disponibles. La construction des deux lignes, Morges-Bière et Allaman-Gimel, à voie étroite et suivant les tracés proposés, ne coûterait d'ailleurs guère plus que la construction de la ligne Morges-Saint-Livres-Bière ou Morges-Apples-Bière seule et supposée à voie normale.

7<sup>e</sup> La solution que les experts jugent préférable consiste dans un tracé partant de Morges pour aboutir à Bière en passant par Lussy, Yens, Apples, Pampigny et Ballens, Mollens; ce tracé nous paraît drainer toute la contrée au pied du Jura, à l'orient de l'Aubonne d'une manière satisfaisante, de façon à permettre des extensions naturelles par la suite et sans exclure en aucune façon les justes aspirations des contrées à l'occident de cette rivière.

Lausanne, Viège et Zurich, décembre 1888.

J. DUMUR.  
E. STOCKALPER.  
R. MOSER.

## NOTICE

SUR LA

### MANIÈRE DE DÉTERMINER LA QUALITÉ DES ARDOISES

par M. le professeur HENRI BRUNNER, de Lausanne<sup>1</sup>.  
Traduit par G. ROUGE, architecte.

Pendant ces dernières années les tribunaux de Lausanne ont eu à juger plusieurs procès relatifs à des demandes d'indemnités pour des couvertures de bâtiment faites avec de mauvaises ardoises. L'un de ces procès était même intenté dans le but d'obliger un couvreur à rétablir à ses frais la couverture de toute une rangée de maisons, parce que cette couverture, deux années après son achèvement, était en grande partie détruite.

<sup>1</sup> Extrait du Bulletin de la Société suisse de pharmacie.

Ces ardoises provenaient d'une carrière près de Sion, exploitée par une Société. On ne put cependant faire de reproches ni au couvreur, ni à la Société, parce que celle-ci avait fait préalablement examiner ses ardoises par un chimiste (?) qui avait déclaré qu'elles étaient d'excellente qualité. Ayant été désigné comme expert pour faire des recherches sur la composition de ces ardoises, j'ai été très étonné de voir quelles difficultés on éprouve à se procurer des documents relatifs à cette question. Dans le cours de mes recherches, je constatai que pour déterminer la valeur d'une couverture en ardoise, en se plaçant à un point de vue technique, une analyse quantitative complète est inutile ; ainsi, il n'est pas nécessaire de déterminer la quantité d'acide silicique libre ou combiné, non plus que les bases des silicates, les substances organiques, l'eau et l'acide carbonique.

La conséquence des procès dont nous avons fait mention plus haut fut de faire beaucoup de bruit et de donner naissance pendant quelque temps à un véritable déluge d'analyses d'ardoises.

Cette question présentant un grand intérêt au double point de vue de l'exploitation des carrières et de la couverture des édifices, je me suis décidé à écrire ces lignes en complétant pour cela mes études sur ce sujet. J'espère par là pouvoir être de quelque utilité à un lecteur de cet article en lui épargnant son temps et sa peine. A cette occasion je dois mentionner l'excellent travail d'un de mes anciens élèves, le Dr Hans Schardt, à Montreux. Etant étudiant, il put suivre dans mon laboratoire mes propres expériences pour déterminer la composition chimique des ardoises et leur qualité ; il profita de cette circonstance pour présenter à l'académie un travail de concours, lequel fut récompensé par un prix bien mérité, et dont les résultats essentiels figurent dans le tableau ci-joint, N°s 7 à 20. J'ai trouvé dans ce travail une confirmation de mes propres expériences ; il m'a fourni en outre la possibilité de résumer et de condenser cette notice.

Les essais pour déterminer la qualité des ardoises se font physiquement et chimiquement.

#### A. ANALYSE PHYSIQUE

##### 1. Couleur.

Cet examen ne donne rien de bien précis. La couleur des ardoises varie entre le noir, le bleu noir, le gris noir, le gris jusqu'au vert (serpentiné) et le violet. On considère souvent une couleur bleu-noirâtre ou noire comme un signe de mauvaise qualité, cependant il n'en est pas toujours ainsi puisqu'il se trouve en Angleterre et en Belgique des ardoises de couleur foncée qui sont de très bonne qualité.

Les ardoises vertes, si elles ne sont ni cassantes ni friables, sont généralement de bonne qualité, ainsi que les violettes provenant d'Angers (Maine-et-Loire) et des Ardennes, par exemple de Fumay, qui sont de qualité supérieure. Ces ardoises et plus spécialement les dernières sont très recherchées à cause de leur bel effet ; elles ont été employées par l'architecte Viollet-le-Duc pour la couverture de la nouvelle flèche de la cathédrale de Lausanne.

##### 2. Structure.

Sur chaque ardoise, surtout lorsqu'on la regarde obliquement, de haut en bas, on aperçoit de fines stries (le long grain),

dont la direction a de l'importance. Ces stries doivent être parallèles au grand axe de l'ardoise, elles ne doivent pas lui être perpendiculaires ni obliques. Dans ce dernier cas l'ardoise se brise facilement entre le trou qui sert à la fixer et la partie exposée à l'air ; ce fait se produit sous la pression exercée par la neige, par la grêle, la pluie ou par le couvreur en cas de réparations, ou bien encore par les dérangements causés par l'action du vent ou les changements de température. En rapport avec la structure, il convient d'examiner

##### 3. La ténacité et l'élasticité.

Une bonne ardoise doit être dure (elle ne doit pas se laisser rayer facilement avec l'ongle) afin de pouvoir résister aux chocs et aux intempéries, ce qui exige donc de la ténacité et de l'élasticité. Cependant, comme on le voit dans le tableau ci-joint, la dureté seule ne suffit pas pour faire une bonne ardoise, puisque de très mauvaises ardoises ont une dureté de 2, 5 à 3, 5 tandis que d'excellentes n'ont que 2.

La résistance d'une ardoise compacte est plus grande que celle d'une ardoise feuilletée, en conséquence on doit pouvoir briser ou scier une bonne ardoise sans qu'elle s'effeuille. Il va sans dire que la résistance mécanique est en rapport avec l'épaisseur de l'ardoise ; il en est de même pour les autres propriétés physiques et chimiques ; il est cependant difficile en cette matière de fixer une règle. Des ardoises minces seront plus facilement brisées que des ardoises épaisses ; d'un autre côté, des ardoises épaisses sont très lourdes et chargent inutilement une toiture.

D'après les données de l'expérience, l'épaisseur d'une ardoise de couverture doit être de 5 à 7 mm. ; il existe cependant d'excellentes ardoises, ainsi celles de Fumay et d'Angers, dont l'épaisseur ne dépasse pas 3 à 4 mm.

##### 4. Dureté.

On trouvera dans le tableau l'essentiel sur ce point ; la dureté d'une ardoise varie entre 2 et 3, 5. Il convient de faire remarquer ici que certaines ardoises, ainsi celles de Plattenberg et d'Engi, n'ont pas une dureté égale sur les deux faces. Dans la Suisse allemande, les couvreurs désignent l'un des côtés par « Härte » l'autre par « Linde. » Les ardoises d'Engi présentent cette particularité que l'un des côtés couvert de petites feuilles de mica est rude au toucher avec une surface unie, sa dureté est de 3, 5 ; l'autre côté est doux et lisse, mais avec une surface ondulée, sa dureté est de 2, 5.

##### 5. Poids spécifique.

Il est généralement admis que de très bonnes ardoises doivent avoir un poids spécifique de 2, 8 à 2, 9, mais, ainsi qu'on peut s'en assurer par un coup d'œil jeté sur le tableau, le poids spécifique ne peut servir à déterminer la qualité d'une ardoise, ce n'est qu'un renseignement pour calculer le poids d'une couverture.

##### 6. Sonorité.

Des coups frappés sur une bonne ardoise rendent un son clair ; si l'ardoise est de mauvaise qualité, le son sera sourd et mat.

##### 7. Analyse microscopique.

Il n'est pas nécessaire, ce qui est fort long, de préparer des feuilles très fines, il suffit d'avoir de minces fragments, si pos-

sible, qu'on examine à l'aide du microscope muni de l'appareil de polarisation.

On reconnaît alors facilement la présence de carbonate de calcium, et celle des cristaux tesséraux de pyrite ou des cristaux orthorombiques de marcassite, ces derniers contribuent plus que les premiers à la destruction de l'ardoise parce qu'ils se vitrissent plus facilement à l'air. En cas de présence des pyrites on trouve fréquemment des taches brunes ou jaunes d'oxyde de fer, produites par une *pseudomorphose* des pyrites.

Les ardoises de serpentine présentent souvent des octaèdres noirs et brillants de magnétite, qui ne portent aucun préjudice à la qualité de l'ardoise. On trouve quelquefois des petites feuilles de mica potassique (Muscovit), elles sont cependant rares dans les bonnes ardoises, mais ce renseignement doit encore être vérifié.

#### 8. Porosité.

Pour la déterminer on scie un fragment d'ardoise de 12 cm. de long et de 6 cm. de large qu'on place dans un gobelet à fond plat contenant une couche d'eau de 1 cm., puis on recouvre avec une plaque de verre. On laisse ce fragment d'ardoise dans le gobelet pendant 24 heures. Si l'ardoise est de bonne qualité, elle ne sera mouillée que de quelques millimètres au-dessus de la surface de l'eau; si elle est exfoliée et poreuse, l'eau s'élèvera naturellement beaucoup plus haut, elle résistera donc moins bien aux effets chimiques et physiques de l'atmosphère.

#### B. ANALYSE CHIMIQUE

Elle a pour but de déterminer la quantité de carbonate de calcium (éventuellement de carbonate de magnésie) et de sulfure de fer contenue dans une ardoise, et, ce qui est le plus important, de soumettre les ardoises à des expériences pouvant produire des effets de désagrégation pareils à ceux qui peuvent résulter de l'action de l'air.

#### 9. Dosage du carbonate de calcium

(éventuellement du carbonate de magnésium).

On fait digérer les ardoises finement pulvérisées au bain-marie avec de l'acide chlorhydrique en ajoutant un peu d'acide azotique; on filtre, on lave, on évapore à siccité. On chauffe le résidu pendant quelque temps à 150° pour pouvoir éliminer complètement la silice et on le reprend par l'eau acidulée par l'acide chlorhydrique.

On précipite l'oxyde de fer et d'aluminium par l'ammoniaque et le sulfure d'ammonium. Dans le liquide filtré on précipite la chaux par l'oxalate d'ammonium et on transforme le précipité par les méthodes connues en oxyde de calcium que l'on pèse. Dans le liquide filtré on précipite la magnésie par le phosphate d'amonium.

#### 10. Dosage des pyrites.

Quelques grammes réduits en poudre sont traités à chaud avec de l'eau régale en enlevant chaque fois la dissolution obtenue en évaporant le résidu à siccité.

Les différentes solutions réunies sont débarrassées au bain-marie de l'excès des acides. On étend de nouveau avec de l'eau et on précipite l'acide sulfurique par le chlorure de baryum. D'après le poids du sulfate de baryum on calcule d'abord la quantité de soufre et d'après celle-ci celle de la pyrite  $Fe S_2$ .

#### 11. Essais de désagrégation imitant les effets atmosphériques.

Les expériences pour déterminer la résistance des ardoises aux influences atmosphériques ont une grande importance et peuvent à la rigueur suffire pour apprécier leur valeur comme matériel pour la couverture des édifices. La méthode si heureusement trouvée par Fresenius est aussi sûre que simple et élégante.

On suspend à un fil dans un cylindre de verre un morceau d'ardoise de 7 centimètres de long sur 3 centimètres de large. Dans le cylindre on a préalablement versé 100 cm<sup>3</sup> d'une dissolution aqueuse et saturée d'acide sulfureux. Le cylindre est ensuite bien bouché puis laissé à la température ordinaire. Au bout de quelques jours, même de quelques heures, une mauvaise ardoise commence à subir l'influence de l'acide sulfureux, elle commence à se désagréger et à s'exfolier, ou si sa structure est compacte elle devient spongieuse et friable. Une bonne ardoise ne se laisse attaquer par l'acide qu'après quatre à six semaines, même après des mois.

La rapide destruction des mauvaises ardoises provient essentiellement de la présence de pyrites et de carbonate de calcium ou de magnésium. La pyrite se transforme en partie en acide sulfurique lequel détruit les autres minéraux. Les carbonates, sous l'influence de l'acide carbonique et de l'eau, se transforment en bicarbonate qui est en partie dissous par la pluie et la neige, ce qui rend l'ardoise poreuse. Une autre partie du bicarbonate est décomposée par la chaleur avec dégagement d'acide carbonique, il en résulte que l'ardoise se dilate et que les différentes couches se séparent et s'exfolient.

En procédant dans le laboratoire aux essais de désagrégation avec de l'acide sulfureux, le carbonate seul est attaqué et non les pyrites, cela cependant n'empêchera pas que le procédé ne soit bon pour déterminer le degré de résistance d'une ardoise parce que le plus souvent sa destruction rapide provient de la décomposition du carbonate qui en est ainsi la cause principale. Les essais faits avec l'ardoise N° 1 du tableau montrent entre autres que la quantité de pyrite contenue dans des ardoises déjà décomposées après un séjour de deux ans à l'air avait peu diminué, on ne pouvait constater que des traces de sulfate qui, on l'objectera peut-être, avait dû être enlevé en grande partie par l'eau.

Il ressort avec évidence du tableau que la résistance d'une ardoise aux influences atmosphériques est en rapport avec la quantité de carbonate qu'elle contient, en sorte que les expériences indiquées ci-dessus permettent de se rendre compte en toute sécurité de la manière dont elle se comportera en plein air.

Enfin, on peut encore éprouver l'ardoise en la soumettant aux influences du froid et du chaud. On laisse alors les ardoises quelques jours dans l'eau jusqu'à ce que celle-ci les ait bien pénétrées; puis on les expose pendant vingt-quatre heures à un froid de — 15° environ dans un mélange de sel de cuisine et de glace.

Une autre expérience consiste à chauffer les ardoises pendant cinq ou six heures jusqu'à une température de 250 à 300°, puis on les plonge dans l'eau.

Tableau indiquant la nature et la composition de diverses ardoises.

PROVENANCE	Pays ou canton.	Époque de formation.	Couleur.	Examen microscopique.	Dureté.	Poids spécifique.	Pénétration par l'eau après 24 heures.	Durée de la résistance à l'anhydride sulfureux $\text{SO}_2$ .	$\text{Ca CO}_3$ carbonate de calcium.	$\text{Fe S}_2$ Pyrite de fer.	Qualité.
1. Sion.....	Valais	Période carbonifère	Noir	Pyrites	2	2,6901	Complètement imbibé par l'eau	3 jours	16,252	0,9801	Mauvaise
2. Sion <sup>1</sup> .....	Id.	Id.	Gris noir	Id.	2	2,9060	20 mm.	11 jours	4,831	0,882	Id.
3. Sion.....	Id.	Id.	Id.	Id.	2	2,8872	20 mm.	11 jours	4,743	0,634	Id.
4. Sion.....	Id.	Id.	Id.	Id.	2	2,9151	20 mm.	11 jours	4,871	0,870	Id.
5. Salvan.....	Id.	Id.	Gris foncé	Id., mais peu	2	3,0812	2 mm.	Sans changement après 6 semaines	Traces	Traces	Très bonne
6. Monthermè-Laval-Dieu .....	Ardennes	Formation primitive d'ardoises.	Vert	Magnétit	2,5	2,8135	4 mm.	Id.	0	0	Id.
7. Sembrancher ....	Valais	Période de la houille	Gris noir	Beaucoup de pyrites	2-2,5	2,7943	3,5 mm.	9 jours	3,972	1,4017	Passable
8. Sembrancher ....	Id.	Id.	Id.	Id.	2-2,5	2,7955	3,25 mm.	14 jours	2,586	0,9811	Id.
9. Leytron .....	Id.	Terrain jurassique inférieur.	Gris	Id.	3	3,1888	8 mm.	5 jours	25,35	1,0858	Mauvaise
10. Salvan.....	Id.	Période de la houille	Gris foncé	Traces	2	3,1035	2 mm.	Sans changement après 6 semaines	Traces	0,0316	Très bonne
11. Outre-Rhône.....	Id.	Id.	Id.	Id.	2-2,5	3,1248	4,5 mm.	Id.	0	Traces	Id.
12. Pont de la Frenière	Vaud (Ormonts)	Terrain éocène supérieur (Flysch)	Gris	Beaucoup de pyrites	3,5	3,1559	6 mm.	2 jours	13,0117	5,0834	Mauvaise
13. Plattenberg, Engi.	Glaris	Id.	Gris noir	Id. et mica	2,5-3,5	2,9833	3,5 mm.	24 heures	27,757	1,6739	Id.
14. Diesbach .....	Id.	Id.	Id. avec nuanc. bleuâtre	Id.	2,5	3,0581	3 mm.	24 heures	24,855	0,9545	Id.
15. Diesbach.....	Id.	Id.	Id.	Id.	2,5	2,9122	6 mm.	24 heures	23,548	1,150	Id.
16. Diesbach.....	Id.	Id.	Id.	Id.	2,5	3,0604	4,5 mm.	24 heures	21,6240	9,5592	Id.
17. ? .....	Belgique	Lias	Gris noir	Id.	2-2,5	2,7750	3 mm.	20 jours	2,7136	0,6228	Passable
18. Fumay.....	France (Ardennes)	Terrain silurien infér. (Cambrien)	Violet	Traces	3	3,3257	3,25 mm.	Sans changement après 6 semaines	0,358	Traces	Très bonne
19. Angers.....	France (Maine-et-Loire)	Id.	Id.	Id.	3	—	1,7 mm.	Id.	0,3601	Traces	Id.
20. Bourg d'Oisans...	France	Lias	Gris noir	Beaucoup de pyrites	2,5	3,1219	4,5 mm.	24 heures	9,864	4,590	Mauvaise

<sup>1</sup> Les N°s 2, 3 et 4 contiennent en outre à peu près autant de carbonate de magnésium que de carbonate de calcium.

On peut encore soumettre les ardoises alternativement à l'action du froid et de la chaleur.

Si l'on veut avoir un renseignement approximatif sur la valeur d'une ardoise, on tiendra compte des propriétés physiques indiquées sous §§ 1 à 8, et l'on procédera ensuite aux réactions chimiques suivantes :

On versera de l'acide hydrochlorique sur la poudre d'ardoise; s'il se produit une forte effervescence, cela indiquera une ardoise calcaire, par conséquent de mauvaise qualité.

Une autre expérience consiste à chauffer l'ardoise dans un tube de verre comme celui qu'on emploie pour l'analyse qualitative; un sublimé jaune de soufre et une production d'acide sulfureux accusent beaucoup de pyrites, par conséquent une mauvaise ardoise.

En terminant, je dois encore insister sur un fait qui n'est pas sans importance. On commettra une erreur si l'on croit pouvoir conclure sur la valeur d'une ardoise d'après sa formation géologique, le tableau le prouve suffisamment. Les ardoises d'une même époque ou d'une même formation géologique, ainsi que celles provenant de la même carrière sont fort différentes les unes des autres; ainsi en est-il des ardoises provenant des carrières de Sion et de Sembrancher. On trouve encore moins de conformité entre la situation géographique des carrières et la nature des matériaux qu'elles fournissent. Les ardoises de Leytron sont mauvaises alors que les carrières situées au pied de la dent de Morcles, à Outre-Rhône, fournissent actuellement des ardoises de bonne qualité.

De plus, dans le même massif, entre les dents de Morcles, les Perriblancs, la Dent rouge, le grand Muveran et la Dent aux Favres, on rencontre des ardoises excessivement calcaires qui contiennent jusqu'à 40 % de carbonate de calcium, et ce sont surtout les ardoises qui se trouvent dans ces divers endroits qui ont excité pendant ces derniers temps la convoitise des spéculateurs.

Ce n'est certainement pas une mission agréable de détruire ainsi les espérances qu'avaient pu faire naître chez des montagnards ces gisements d'ardoises et de renverser ainsi leur pot au lait. De divers faits qui se sont produits, je n'en citerai qu'un seul. Des habitants des Plans de Frenières au-dessus de Bex crurent avoir trouvé une carrière d'ardoises dans le voisinage de La Chaux (un nom prédestiné) au pied de la Dent rouge. Ils ne doutèrent pas d'avoir mis la main sur une source de richesse, ils se félicitèrent d'avance en pensant aux coupons qu'ils allaient échanger contre leurs pics et leurs cordages, lorsque quelques gouttes d'acide hydrochlorique et l'effervescence qu'elles produisirent sur leurs ardoises les sortirent de leur erreur; la triste réalité s'offrit à eux, et nous redescendimes les rochers la tête basse.

Les bonnes ardoises sont rares. J'ai appris par mon ami, M. le professeur Heim, à Zurich, que les ardoises des Grisons sont en général de mauvaise qualité, elles ne sont donc pas convenables pour la couverture; or, comme il y a peu de bonnes ardoises dans la Suisse orientale, on emploie très souvent des feuillets minces de gneiss ou de mica pour couvrir les toits.

Alors que la plupart des ardoises du Valais datent de la formation carbonifère, les autres ardoises de la Suisse sont d'une époque plus récente, elles appartiennent aux terrains

tertiaires, et se trouvent dans le flysch de l'éocène supérieur, lequel a précédé la formation de la molasse dans la plaine suisse.

## APPAREIL DE SÛRETÉ POUR RÉSERVOIRS D'EAU

SYSTÈME P. PICCARD

par A. VAN MUYDEN, Ingénieur.

(Planche N° 33.)

Les conduites en fonte sous haute pression actionnant des moteurs hydrauliques sont soumises à des coups de bâlier qui les exposent à des accidents de rupture fortuits, notamment pendant la première année de leur mise en service. Ces ruptures amènent parfois de graves dommages, si le volume d'eau qui s'écoule avant la fermeture d'un robinet-vanne de barrage est considérable.

Diverses ruptures de la conduite de distribution d'eau motrice et industrielle de la ville de Genève, avant la récente mise en fonction du réservoir de Bessinge (réservoir d'extrémité), ont amené l'Administration des eaux de cette ville à rechercher le moyen de prévenir automatiquement les inondations qui, du fait de ce réservoir, pouvaient amener de véritables désastres. M. l'ingénieur P. Piccard a proposé dans ce but un dispositif qui a parfaitement résolu le problème dans le cas de la distribution d'eau de Genève et peut utilement être appliqué ailleurs.

Nous pensons que nos collègues sauront gré à M. Piccard d'avoir bien voulu autoriser le *Bulletin* à reproduire le dessin de cet appareil.

Voici quelques explications qui permettront de se rendre facilement compte du système.

La partie essentielle de l'appareil (Pl. 33, fig. 1) est constituée par une soupape A de forme concave, équilibrée par un contrepoids dont la surcharge maintient la soupape levée tant que la vitesse de l'eau ne dépasse pas une limite fixée, limite correspondant à l'appel maximal des orifices de dépense. Lorsque cette vitesse est dépassée, la pression exercée sur la surface supérieure de la soupape par le jet liquide fait équilibre à la surcharge du contrepoids et tend à appliquer la soupape sur son siège; une fois fermée la soupape demeure en place jusqu'à ce qu'on intervienne pour la rouvrir. Mentionnons encore la disposition qui s'oppose à la fermeture brusque (frein hydraulique B), en vue de prévenir le bris de la soupape et la précaution de n'avoir de guidage qu'à la tige et de faire le guidage en bronze.

Diverses expériences ont montré que, pratiquement, le fonctionnement ne laissait rien à désirer; une rupture s'est produite, entre autres, à la conduite-maitresse de Genève au bas de la côte de Cologny, depuis l'installation de l'appareil Piccard au réservoir de Bessinge et la soupape a parfaitement joué; les dégâts ont été nuls, tandis que sans l'appareil automatique ils auraient été énormes.

Pour que la soupape se ferme d'elle-même exactement à une vitesse déterminée, il faut que la force qui agit sur elle soit grande par rapport aux résistances passives (frottements, etc.) qui peuvent se produire. C'est cette condition qui a amené M. Piccard à adopter la forme concave pour la surface qui reçoit l'action du jet; avec la forme concave, la pression due au jet est, en effet, double de celle exercée par le même jet sur