

L'action corrosive des eaux tourbeuses sur les bétons

Autor(en): **Halcrow, W.T. / Brook, G.B. / Preston, R.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin technique de la Suisse romande**

Band (Jahr): **55 (1929)**

Heft 18

PDF erstellt am: **13.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-42678>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

BULLETIN TECHNIQUE

DE LA SUISSE ROMANDE

Réd. : D^r H. DEMIERRE, ing.

Paraissant tous les 15 jours

ORGANE DE PUBLICATION DE LA COMMISSION CENTRALE POUR LA NAVIGATION DU RHIN
 ORGANE DE L'ASSOCIATION SUISSE D'HYGIÈNE ET DE TECHNIQUE URBAINES
 ORGANE EN LANGUE FRANÇAISE DE LA SOCIÉTÉ SUISSE DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

SOMMAIRE : *L'action corrosive des eaux tourbeuses sur les bétons*, par MM. W. T. HALCROW, G. B. BROOK et R. PRESTON (suite et fin). — *Concours d'idées pour la construction d'une Grande Salle, à La Tour de Peils* (suite et fin). — *Arithmétique financière : Sur les problèmes d'échange de titres*. — *Les salines de Bex et l'Etat de Vaud*, par M. ED. FAZAN, membre du Conseil d'Etat du Canton de Vaud. — BIBLIOGRAPHIE. — *Service de placement*.

L'action corrosive des eaux tourbeuses sur les bétons

par MM. W. T. HALCROW, G. B. BROOK et R. PRESTON

*(Suite et fin.)*¹

Types de revêtements protecteurs pour bétons.

Les matériaux et les méthodes employés dans ces expériences sont de huit sortes, savoir :

1. Différents types de ciments tels que : ciment portland, ciment alumineux, ciment de laitier finement moulu, etc. Divers dosages.
2. Revêtements en mortiers et ciment pur.
3. Enduits en barbotine.
4. Revêtements de nature insoluble, tels que : goudrons, bitumes.
5. Revêtements pénétrant la surface et ayant pour objet de se combiner avec la chaux du ciment, tels que : silicate de soude, fluosilicate.
6. Traitements doubles de la surface, consistant en applications successives de solutions déposant des matières insolubles dans les pores.
7. Traitements pénétrant la surface par des solutions aqueuses tels que : émulsions d'huiles, savons.
8. Incorporation de graisses, savons, huiles, goudrons au béton, au moment du gâchage.

1. *Différents types de ciments et bétons.* — Il a été établi que les différentes sortes de ciments résistent d'une façon bien différente à l'action de l'eau. Pour des ciments analogues on peut prendre comme règle générale que leur résistance à l'action de l'eau dépend largement de leur perméabilité. On reparlera de cette propriété dans une autre partie de cette note. La résistance à l'eau du béton de ciment portland dépend de sa richesse en ciment. La résistance à l'écrasement d'un tel béton dépend de la finesse du ciment, et comme il est établi que le principal facteur des propriétés hydrauliques est la portion la plus fine du ciment, et que de plus, la présence de fines particules diminue la perméabilité, la combinaison de ces

¹ Voir *Bulletin technique* du 27 juillet 1929, page 169.

deux propriétés, un dosage riche et un ciment finement moulu, est la solution idéale pour obtenir la résistance à l'eau.

Des deux facteurs mentionnés ci-dessus, la qualité du ciment est le plus important et celui qui offre le plus de promesses. Il ouvre la voie aux fabricants pour fournir la solution du problème en perfectionnant leurs ciments plutôt qu'en s'en remettant à l'ingénieur dont la seule solution pratique mais coûteuse est l'enrichissement de son béton. Bien que l'amélioration de la qualité des ciments portlands ait été considérable dans ces dernières années pour la solution de ce problème particulier (et sans doute d'autres problèmes de construction), ils peuvent être remplacés, avec avantage, dans beaucoup de cas par les ciments alumineux qui semblent ne pas être affectés par l'eau et paraissent particulièrement aptes à fournir la solution du problème. Jusqu'à présent leur désavantage est leur prix élevé qui, il faut l'espérer, sera réduit proportionnellement à leur accroissement de popularité.

2. *Mortiers et ciments purs.* — L'avantage des revêtements en ciments et mortiers réside dans la réduction du frottement du fluide que leur emploi permet d'obtenir. Pratiquement il se produit une surface riche en ciment et cela peut, dans certains cas, être plus économique que l'augmentation de dosage mentionnée au paragraphe 1. Il est utile de mentionner que, en pilonnant ou en soumettant à des vibrations le béton alors qu'il est encore fluide après l'avoir mis en place, il est possible d'amener à la surface le mortier le plus riche en ciment, procédé qui évite la méthode coûteuse consistant à appliquer un enduit après que le béton a fait prise. Les revêtements en ciment pur n'ont pas eu le succès attendu dans ces expériences, car ils sont sujets au ramollissement, aux fendillements et à l'écaillage.

3. *Enduits en barbotine.* — Ces enduits sont un moyen économique d'obtenir une surface lisse imperméable. Ils ont pour effet de réduire la perméabilité et sont beaucoup plus faciles à appliquer que les enduits de mortier mais leur épaisseur est nécessairement très limitée, ce qui ne leur permet pas de durer longtemps. Des expériences ont

cependant été faites avec un type de « barbotine » qui est particulièrement durable.

4. *Revêtements à base de goudrons, bitumes, etc.* — Le rôle de toutes ces matières est de prévenir l'accès de l'eau sur le béton, et plus la substance est insoluble, plus la protection est efficace. Après de longues périodes d'immersion dans l'eau, toutes ces matières s'altèrent et ont donc une durée limitée. Employées avec d'autres corps protecteurs, elles ont une valeur considérable.

5. *Traitement de la surface par des solutions aqueuses.* — Ces traitements visent à la combinaison des produits solubles libérés pendant la prise du ciment, pour former un

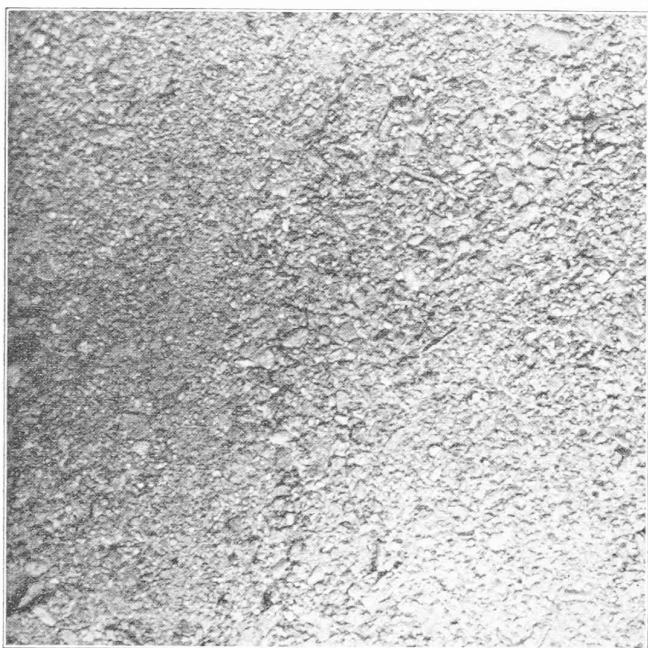
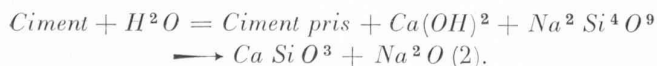
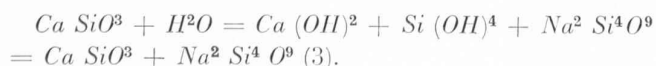


Fig. 6. — Détérioration d'un béton de ciment portland 4 : 2 : 1, après 1800 jours d'immersion.

composé moins soluble. Le silicate de soude (verre soluble) est la base des matériaux protecteurs de cette classe. Le silicate de chaux se dépose probablement dans les pores suivant la réaction :



L'action de l'eau sur le ciment est retardée par la présence du silicate de soude, ce qu'indiquerait la réaction suivante :



Ces équations traduisent simplement en notations symboliques une interprétation du rôle probable du silicate de soude. Il est évident qu'un silicate de soude contenant une forte proportion de silice et possédant une faible viscosité en solution aqueuse doit être préféré.

Un silicate de bonne qualité durcit dans les pores du béton pour former un solide vitreux qui est lui-même difficilement dissous. Pour une protection peu durable, de

tels matériaux ayant le silicate pour base sont un moyen très économique de protection, mais, lorsqu'on veut une protection durable, un autre traitement doit être employé. Des fluosilicates métalliques sont utilisés aussi dans le but de précipiter l'un des sels de calcium les plus insolubles dans les pores du béton. Ils confèrent une certaine protection pendant quelque temps, mais leur coût n'autorise pas leur adoption lorsque l'on rencontre des conditions rigoureuses.

6. *Doubles traitements de la surface.* — Dans ceux-ci un sel insoluble est précipité dans les pores du béton par deux applications successives. Il y a plusieurs combinaisons de sels qui peuvent être employées.

7. *Traitements de la surface, de nature insoluble.* — Ils sont principalement à base d'huiles. Comme le béton dans les tunnels et dans les conduites d'eau n'est jamais parfaitement sec, l'efficacité d'une huile dans une application ne peut jamais être garantie, car les huiles non miscibles avec l'eau ne seront probablement pas absorbées dans les pores. Le fait que le revêtement en béton d'un tunnel sera toujours humide doit attirer l'attention sur la nature des matériaux qui seront employés sur une surface humide. C'est pourquoi les huiles ayant une certaine valeur protectrice ont été émulsionnées dans un milieu aqueux contenant généralement un peu d'un agent émulsionnant. Ces émulsions, qui peuvent être considérées comme de petites gouttes d'huile dispersées dans l'eau, varient de propriétés suivant plusieurs facteurs. Pour le béton compact où les pores les plus petits peuvent être de l'ordre de 0,001 mm de diamètre, il est évident que la dimension des particules de l'émulsion doit être égale ou inférieure à ce chiffre. De telles émulsions peuvent être préparées et on peut ajouter qu'elles sont miscibles à l'eau en toutes proportions. Outre les émulsions d'huile qui peuvent facilement se préparer, il y a les émulsions bitumineuses, c'est-à-dire de fines particules de bitume dispersées dans l'eau, dont la préparation nécessite un appareil spécial. De telles émulsions sont à proprement parler des suspensions colloïdales.

8. *Incorporation de matériaux au béton.* — L'emploi des matériaux incorporés au béton n'est pas populaire, en raison des accidents constatés dans des constructions contenant de telles matières. Les graisses, les huiles et les goudrons diminuent invariablement la résistance mécanique du béton. Probablement en raison de la chute de résistance accompagnant leur emploi, la quantité de ces matières d'addition est généralement très petite, si petite que l'on peut avoir un doute sur leur efficacité en ce qui concerne le remplissage des pores ; le fait qu'elles se mélangent difficilement au béton (et par conséquent demandent un gâchage long et soigneux qui, en revanche produit un meilleur béton) constitue probablement leur principale valeur. Elles sont probablement plus efficaces pour protéger du béton coulé horizontalement car les huiles et les graisses plus légères s'élevant à la surface sont renfermées dans les pores en quantité suffisante pour avoir une

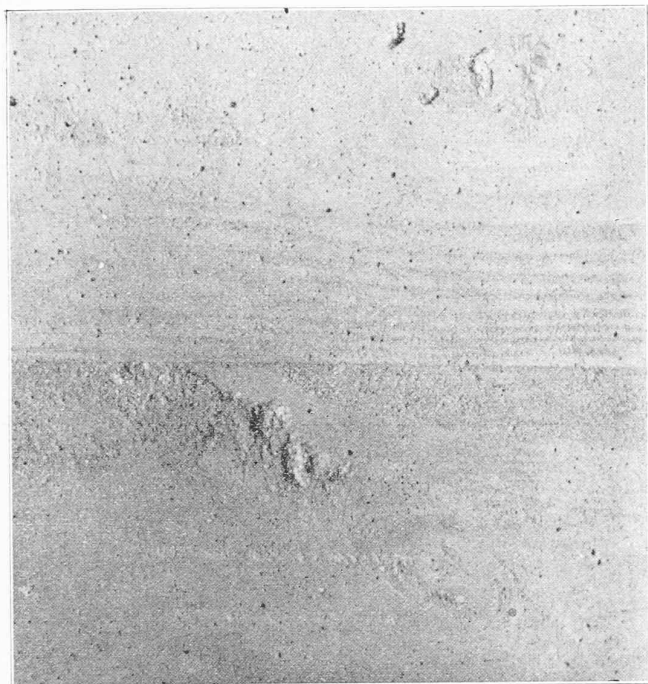


Fig. 7. — Etat d'un béton de ciment alumineux, après 1800 jours d'immersion.

réelle valeur. D'autres matériaux de nature inorganique tels que : laitier de haut fourneau, « boues rouges », chaux et des matériaux analogues finement moulus procurent souvent une amélioration sans qu'aucune chute de résistance s'ensuive.

Ayant décrit les substances et les revêtements essayés, nous allons maintenant résumer certains détails observés au cours des essais. La perméabilité a été mentionnée dans cette note comme un facteur agissant sur la résistance des surfaces en béton à l'action de l'eau. En raison de ce fait, des essais nombreux furent effectués, principalement au laboratoire, sur la perméabilité des différents bétons expérimentés et des différents revêtements de béton, en plus des essais pratiques déjà mentionnés.

Résultats des essais pratiques.

Un examen d'ensemble de ces essais montre qu'à quelques exceptions près, tous les matériaux essayés sont capables de résister mieux que le béton de ciment portland normal dans des conditions très dures. Dans la courte période de 270 jours d'immersion le béton ordinaire semble être attaqué au maximum, et après 1800 jours son état n'est pas pire que ce qu'il était 4 ans auparavant. La détérioration à 270 jours et à 1800 jours est montrée par les figures 4 et 6. Le béton de ciment alumineux ne montre aucun signe de détérioration même après 6 ans et demi d'exposition aux eaux tourbeuses. Il semble que son état ne change pas avec le temps.

Sur la figure 7 les marques de la truelle peuvent encore se voir après 5 ans d'exposition. Ce résultat est un peu surprenant car les essais de laboratoire montrent que ce ciment se dissout dans l'eau avec une vitesse environ deux

fois plus faible que celle du ciment portland. Il peut être expliqué par le fait que l'hydrolyse de l'aluminat de chaux a été retardée par la nature insoluble de l'hydrate d'alumine produit qui bouche les pores; ou, pendant la prise de ce ciment, l'alumine libre (qui est beaucoup moins soluble que la chaux libre produite pendant la prise du ciment portland) agit de la même manière. Un enduit pur en cette sorte de ciment est aussi très résistant mais n'est pas à recommander en raison des fentes qui se produisent lorsqu'on emploie le ciment pur; elles sont probablement dues à un durcissement dans de mauvaises conditions. Les mortiers de sable et ciment alumineux ne sont pas non plus affectés par l'eau.

La seule autre matière qui ne montre aucun changement après 6 ans d'exposition est la brique bleue du Staffordshire montrée à la figure 8.

Parmi les ciments calcaires, une seule sorte doit être mentionnée, c'est le ciment finement moulu ou du type à durcissement rapide. Le seul qui ait été essayé est, sans aucun doute, supérieur au ciment portland ordinaire. Employé sous forme de mortier il permet d'obtenir une surface relativement durable.

On doit mentionner ici que les ciments employés purs donnent des revêtements très durables, qu'ils soient de nature calcaire ou alumineuse. Mais ils présentent tous le défaut de former des pellicules en présence de l'eau tourbeuse dans laquelle ils ont été essayés. Ce défaut se traduit par un ramollissement de la surface jusqu'à une profondeur de 0,5 mm, la surface poussiéreuse pouvant être enlevée par places par frottement.

Les mortiers riches, formés de 2 de sable pour 1 de ciment, résistent très longtemps, mais quelquefois leur sur-



Fig. 8. — Surface de briques du Staffordshire, après 1800 jours d'immersion.

face devient rude bien qu'ils possèdent l'avantage sur le béton de ne pas donner, à leur maximum de détérioration, une surface aussi rugueuse à cause de l'absence de gravier dans leur composition. Là où les ciments les plus stables, tels que les ciments alumineux ou les ciments à durcissement rapide, ont été employés en revêtement de mortier les résultats sont, naturellement, meilleurs.

Avant de passer à la description des traitements extérieurs à l'aide de matières autres que les ciments et les mortiers, il y a lieu de parler d'une surface composée de parties égales de ciment alumineux et de ciment portland. Les réactions chimiques qui se produisent au cours de la prise de chacun de ces deux ciments donnent de l'alumine et de la chaux libres. Un mélange de ces deux produits paraît devoir accuser une résistance intéressante, si l'on admet l'hypothèse qu'une combinaison intervient entre la chaux et l'alumine. Il y a beaucoup de prévention contre l'emploi de ces deux types de ciments ensemble, mais les résultats obtenus sont encourageants. L'essai R 62 visait une surface formée de parties égales de ciment alumineux et de ciment portland purs, et, à part quelques fentes à la surface, elle est encore dure et saine après près de trois ans. Les fendillements sont localisés au-dessus du niveau de l'eau, où les alternatives de sécheresse et d'humidité se produisent. Ils sont probablement dus au ciment alumineux car l'expérience montre qu'il se fendille plus facilement lorsqu'il est employé pur. Une réduction dans la proportion du ciment alumineux et des soins au moment du durcissement élimineraient probablement ce défaut.

Parmi les peintures et traitements de la surface il y en a plusieurs qui paraissent résister pendant une longue période. Ceux à base de bitume et de goudron paraissent les meilleurs. Le bitume est un des matériaux les plus imperméables connus et a été employé avec succès dans les tuyaux et les réservoirs. Un revêtement épais d'émail bitumineux de bonne qualité, ou de peinture, résiste bien et de même qu'un mélange de chaux et de goudron dure longtemps ; c'est de plus un matériau très bon marché. Après cinq ans d'immersion, une grande partie de la surface bitumineuse, dans l'un des essais, a été dissoute, mais le résultat est honorable. Il y a des marques d'oxydation évidentes sur la plupart de ces substances bitumineuses, prenant l'aspect d'une décoloration de la surface qui passe du noir franc au brun avec le temps. Bien que la plus longue période d'essais de ces matériaux soit d'un peu plus de quatre ans, il y a beaucoup de chances qu'ils auraient pu durer deux ou trois fois plus longtemps. En fait une substance analogue a été appliquée avec succès à un tuyau en acier de l'usine hydroélectrique de Kinlochleven et a montré très peu de signes de détérioration au bout de dix années. Ceci est intéressant en raison de ce que dit Baylis (*Journ. Ind. Eng. Chems.* ; juillet 1927) que « la probabilité de trouver un revêtement durable pour une conduite en fer n'est pas très encourageante ». Cet auteur se réfère à une corrosion où le p_H est égal ou inférieur à 6,5 et il est intéressant de noter que la plupart des ma-

tériaux employés dans ces essais ont pu résister à de l'eau ayant à peu près cette acidité, avec quelque succès.

Après les matériaux bitumineux, l'émulsion d'huile fournit une matière résistant longtemps et qui peut être appliquée sur du béton sec ou humide. L'huile employée avec le plus de succès dans ces émulsions fut l'huile de bois de Chine qui s'émulsionne facilement et sèche en donnant une pellicule imperméable ; le séchage peut être accéléré par l'emploi d'un siccatif convenable. Un autre matériau analogue qui semble donner de bons résultats est un mélange de cette huile avec du ciment portland. Le ramollissement de la surface, caractéristique des revêtements en ciment pur, ne se produit pas avec ce traitement et le résultat après deux ans d'exposition est encourageant.

Parmi les autres traitements de surface, les solutions de savon fixées par un acide, et un mélange de savon, d'huile et de cire peuvent être cités comme exemples. Des matériaux de cette sorte résisteraient très bien dans des conditions moins rigoureuses. Ils n'affectent pas d'une façon appréciable la couleur du béton et peuvent préserver les constructions contre les intempéries ou quand ils sont employés avec d'autres moyens de protection, comme dans le cas d'un traitement final de mortiers ou de bétons riches. Exemple de ce type de traitement : un béton riche de ciment à durcissement rapide ayant été traité avec une application d'huile, il a été constaté que la surface était encore intacte après 400 jours d'immersion.

Le traitement par le silicate de soude a marqué un perfectionnement sur le béton simple même après 300 jours seulement d'exposition. Dans cet exemple particulier, huit applications successives furent faites et leur résultat est typique.

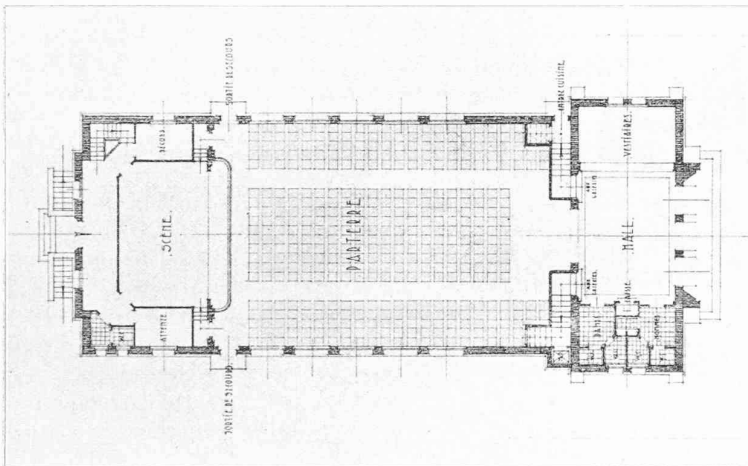
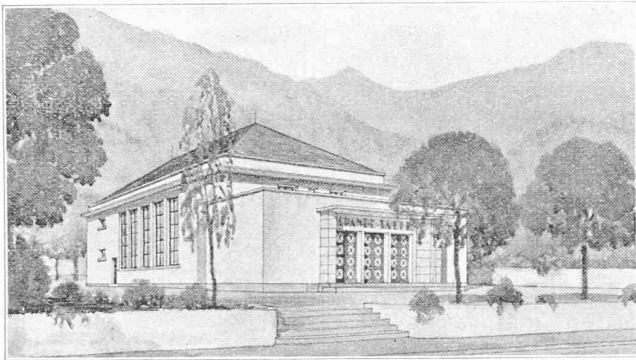
Parmi les incorporations faites au béton, une seule est digne d'être mentionnée, c'est celle dans laquelle une certaine quantité de matériaux en poudre fine a été employée comme remplissage, par exemple l'oxyde rouge, résidu du traitement de la bauxite pour l'extraction de l'alumine. La surface est certainement attaquée mais bien moins que s'il s'agissait de béton simple. Cette matière est mentionnée parce qu'elle remplit le double but de colorer le béton sans que celui-ci perde son pouvoir de résister à l'eau.

Conclusion.

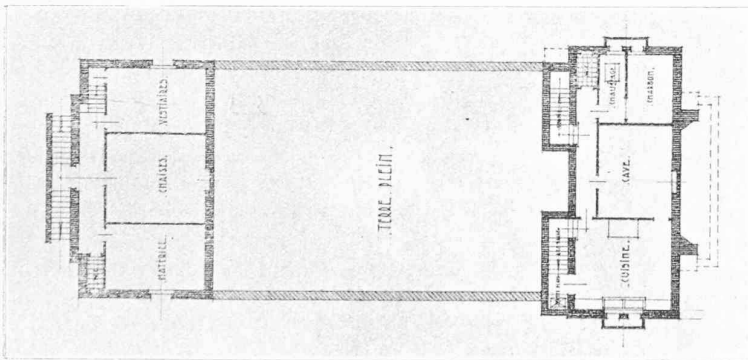
Dans les installations hydroélectriques, la perte de charge dans les conduites a une grande importance, surtout lorsqu'elles ont des dimensions considérables comme, par exemple, la galerie de Lochaber qui a plus de 24 km de long et 4,50 m de diamètre moyen et au sujet de laquelle cette note a été établie. Les expériences qui ont été décrites montrent qu'il est possible de restreindre la détérioration des surfaces en béton et par conséquent les pertes par frottement, mais avec quelques dépenses, et le choix du revêtement à employer dans une conduite en béton devient un problème économique.

Si la surface de revêtement d'un aqueduc se détériore, le coefficient de friction augmente et par conséquent

CONCOURS POUR UNE GRANDE SALLE, A LA TOUR DE PEILZ

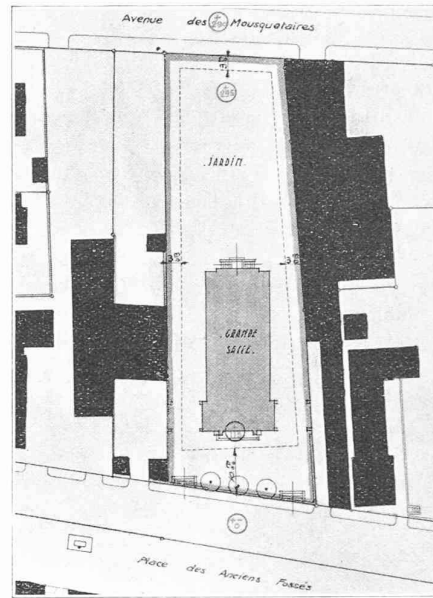


Plan du rez-de-chaussée. — 1 : 400.



Plan du sous-sol. — 1 : 400.

la perte de charge devient plus grande pour un même débit et il y a perte de puissance. Si les matériaux qui sont employés résistent à la corrosion, les surfaces resteront lisses, ce qui équivaut avec le temps à un gain de puissance par rapport à un matériau ordinaire. Mais le problème ainsi établi en général se complique de plusieurs autres facteurs notamment le facteur de charge de la station génératrice. On a montré que l'emploi de béton de ciment alumineux de bonne qualité réduit la détérioration au minimum, mais comme, jusqu'à présent, il coûte environ le double du ciment portland, une décision en ce



Plan de situation. — 1 : 1500.

5^e rang, projet « Papegay I »,
de M. L. Dumas, architecte, à Clarens.

qui concerne son adoption ne peut être prise que si son emploi est économique.

Aucun autre matériau, à l'exception des briques bleues de Staffordshire, ne semble susceptible d'offrir une résistance permanente à l'action corrosive des eaux tourbeuses.

Concours d'idées pour la construction d'une Grande Salle, à La Tour de Peilz.

(Suite et fin).¹

« Papegay I ». — Mauvais accès aux galeries, par deux escaliers étriqués et contournés. Absence d'office. Insuffisance des sorties de secours, du fait de la mauvaise distribution du mobilier de la salle. Les dépendances de la cuisine sont insuffisantes. Les locaux du sous-sol répondent au programme. Grande simplicité et adaptation meilleure au cadre.

« Fronton ». — Plan très simple et réduit. Sous-sol judicieusement aménagé. Façades insuffisantes et d'un caractère trop sommaire, totalement étranger au milieu.

D'une façon générale, le jury a constaté qu'aucun des projets présentés ne pourrait être recommandé sans de sérieux remaniements pour l'exécution. Il déplore qu'aucun des concurrents n'ait cherché à mieux adapter la construction au cadre très caractéristique qui lui était donné, ce qui n'excluait pas, cependant, une recherche dans un sens moderne.

Les concurrents n'ont, en outre, pas suffisamment indiqué la façon dont ils comptaient séparer la salle en deux, comme le demandait le programme.

¹ Voir *Bulletin technique* du 24 août 1929, page 200.