

**Zeitschrift:** Bulletin technique de la Suisse romande  
**Band:** 70 (1944)  
**Heft:** 18

**Artikel:** Gèlività des sols et fondation des routes: la force d'aspiration comme critère de gèlività  
**Autor:** Ruckli, R.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-53260>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 17.11.2024

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

# BULLETIN TECHNIQUE

## DE LA SUISSE ROMANDE

Paraissant tous les 15 jours

## ABONNEMENTS :

Suisse : 1 an, 13.50 francs  
Etranger : 16 francs

## Pour sociétaires :

Suisse : 1 an, 11 francs  
Etranger : 13.50 francs

## Prix du numéro :

75 centimes.

Pour les abonnements  
s'adresser à la librairie  
F. Rouge & C<sup>ie</sup>, à Lausanne.

Organe de la Société suisse des ingénieurs et des architectes, des Sociétés vaudoise et genevoise des ingénieurs et des architectes, de l'Association des anciens élèves de l'Ecole d'ingénieurs de l'Université de Lausanne et des Groupes romands des anciens élèves de l'Ecole polytechnique fédérale.

COMITÉ DE PATRONAGE. — Président : R. NEESER, ingénieur, à Genève ; Vice-président : † M. IMER, à Genève ; secrétaire : J. CALAME, ingénieur, à Genève. Membres : *Fribourg* : MM. L. HERTLING, architecte ; P. JOYE, professeur ; *Vaud* : MM. F. CHENAUX, ingénieur ; E. ELSKES, ingénieur ; EPITAUX, architecte ; E. JOST, architecte ; A. PARIS, ingénieur ; CH. THÉVENAZ, architecte ; *Genève* : MM. L. ARCHINARD, ingénieur ; E. MARTIN, architecte ; E. ODIER, architecte ; *Neuchâtel* : MM. J. BÉGUIN, architecte ; R. GUYE, ingénieur ; A. MÉAN, ingénieur ; *Valais* : M. J. DUBUIS, ingénieur ; A. DE KALBERMATTEN, architecte.

REDACTION : D. BONNARD, ingénieur, Case postale Chauderon 475, LAUSANNE.

Publicité :  
TARIF DES ANNONCES

Le millimètre  
(larg. 47 mm.) 20 cts.  
Tarif spécial pour fractions  
de pages.  
En plus 20 % de majoration de guerre.  
Rabais pour annonces  
répétées.



ANNONCES-SUISSES S.A.  
5, Rue Centrale,  
LAUSANNE  
& Succursales.

## CONSEIL D'ADMINISTRATION DE LA SOCIÉTÉ ANONYME DU BULLETIN TECHNIQUE

A. STUCKY, ingénieur, président ; M. BRIDEL ; G. EPITAUX, architecte.

SOMMAIRE : *Géivité des sols et fondation des routes*, par le Dr R. RUCKLI, ingénieur à l'Inspection fédérale des Travaux publics. — HABITATIONS RURALES : *Concours ouvert par la Classe d'agriculture de la Société des Arts de Genève* (suite et fin). — BIBLIOGRAPHIE. — DOCUMENTATION : *Le Plastiment*. — SERVICE DE PLACEMENT.

## Géivité des sols et fondation des routes

### La force d'aspiration comme critère de géivité

par le Dr R. RUCKLI, ingénieur à l'Inspection fédérale  
des Travaux publics<sup>1</sup>.

#### 1. Le gonflement admissible.

La limite entre les sols gélifs et les sols non gélifs n'est pas bien définie. On peut souvent constater des gonflements plus ou moins grands ne causant pas les moindres dégâts. On reconnaît donc un sol comme non gélif, quand le gonflement ne dépasse pas une certaine valeur, qui dépend de la nature du revêtement et de l'infrastructure de la route. Il va de soi qu'un revêtement lourd, en béton par exemple, supporte sans dégâts un plus grand gonflement qu'un simple traitement superficiel, surtout quand il s'agit d'une infrastructure homogène, où le gonflement se produit uniformément sur une grande surface, sans provoquer des fissures et sans gêner le trafic. Si la quantité d'eau accumulée dans les lentilles de glace n'est pas trop grande, l'infrastructure ne se ramollit que peu pendant le dégel, et les dégâts seront minimes. En terrains hétérogènes, il peut déjà se produire des dégâts pendant la période de gel par suite des

gonflements irréguliers. Dans les parties soulevées des revêtements bitumineux se forment des fissures, qui peuvent détruire ceux-ci prématurément ; quand il s'agit d'un revêtement en béton, le danger consiste dans le fait que ces gonflements plus ou moins isolés modifient les conditions d'appui de la dalle d'une façon si défavorable qu'elle peut se briser sous le poids des véhicules.

Ces considérations et les observations faites sur le terrain conduisent à évaluer les gonflements admissibles comme suit :

TABLEAU 1.

Revêtement	Gonflement admissible maximum	
	terrain homogène	terrain hétérogène
Traitements superficiels . .	2 à 3 cm.	1 à 2 cm.
Revêtements lourds en bitume ou en goudron . .	5 à 6 cm.	3 à 4 cm.
Revêtements en béton . .	jusqu'à 10 cm.	4 à 5 cm.

Naturellement ces chiffres n'ont pas une valeur générale et donnent seulement un ordre de grandeur.

#### 2. Fréquence des gonflements et durée des périodes de froid.

On peut poser comme condition devant être remplie que le gonflement admissible maximum n'apparaisse probablement, en moyenne, que tous les dix ans ou même tous les trente ans. On choisira environ dix ans pour les traitements superficiels et trente ans pour les

<sup>1</sup> En complément des articles du même auteur parus sous le même titre dans le *Bulletin technique* des 20 février, 6 mars, 3 avril et 15 mai 1943, nous sommes heureux de publier ici un abrégé des résultats des récents travaux de M. le Dr. Ruckli. (Réd.).

revêtements lourds. Ces deux laps de temps correspondant à la durée d'existence du revêtement. (Il est évident qu'il est inutile d'admettre ces intervalles plus grands.)

Cet intervalle une fois fixé, il reste à déterminer la durée de la période de froid qui apparaîtra probablement une fois pendant ce temps donné. Elle dépend de l'altitude de la contrée considérée. Nous définissons comme période de froid une suite de jours dont la température moyenne reste au-dessous de zéro mais qui peut être interrompue par deux jours de dégel au maximum. La figure 1 montre la relation qui existe entre l'altitude et la durée de la période de froid qui sera probablement atteinte une fois dans l'intervalle donné. Ce sont des résultats de recherches statistiques. On voit bien que les périodes de froid qui apparaissent tous les trente ans sont plus longues que celles qui apparaissent tous les vingt ou dix ans. En résumé, on peut tirer du graphique le tableau suivant :

TABLEAU 2.

Altitude	Durée de la période de froid (y compris un intervalle de dégel de deux jours) qui se produit une fois en		
	10 ans	20 ans	30 ans
400 - 600 m.	40 jours	50 jours	60 jours
600 - 800 m.	50 »	60 »	70 »
800 - 1000 m.	60 »	70 »	80 »
1000 - 1200 m.	70 »	80 »	95 »
1200 - 1400 m.	80 »	95 »	115 »

3. Calcul approximatif du gonflement.

Dücker a introduit un degré de gélivité, qui est le rapport entre le gonflement et la profondeur limite

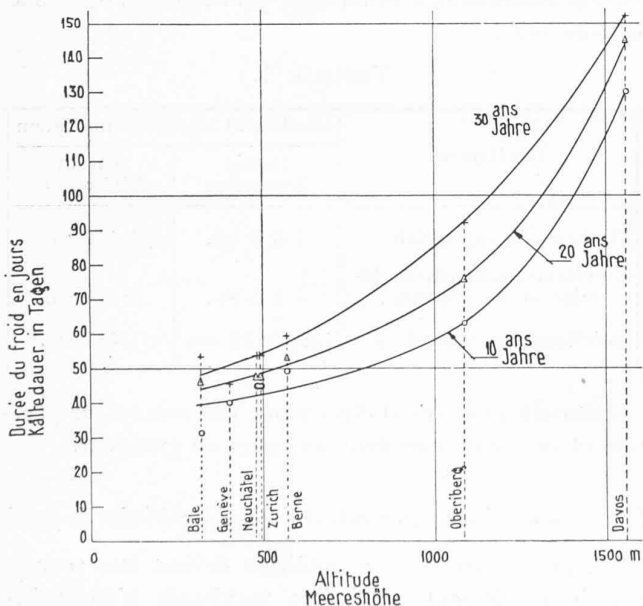


Fig. 1. — Durée en fonction de l'altitude de la période du froid (y compris intervalle du dégel de 2 jours) qui se produira vraisemblablement une fois tous les 10 ans, 20 ans, respectivement 30 ans,

atteinte par le gel dans un petit échantillon de terrain. Mais pour des valeurs égales de ce degré de gélivité, le danger de destruction du revêtement par gonflements varie, car il dépend de conditions initiales imposées par la position de la nappe phréatique, la perméabilité, l'altitude du lieu et, comme nous l'avons vu, la nature du revêtement.

Dans la publication « Gélivité des sols et fondation des routes » parue dans le *Bulletin technique de la Suisse romande*<sup>1</sup>, l'auteur a introduit la notion de force d'aspiration, par laquelle l'eau phréatique est aspirée vers les lentilles de glace<sup>2</sup>. Il semble vraisemblable que cette force soit une constante du sol dépendant étroitement de la perméabilité et de la surcharge. Comme d'autres coefficients géotechniques, elle doit être déterminée dans chaque cas par des essais de laboratoire. Cette force d'aspiration permet le calcul de la pénétration du gel dans le sol et du gonflement de la chaussée, si la température, les coefficients thermiques, le niveau de la nappe phréatique et la perméabilité sont donnés. Ce calcul est assez compliqué et sert plutôt à des recherches spéciales qu'à des travaux pratiques. Mais le praticien a besoin d'un *critère de gélivité* qui permet d'utiliser d'une manière simple et rapide les résultats des essais de laboratoire pour juger du danger de destruction par le gel.

Comme les propriétés géotechniques du sous-sol varient

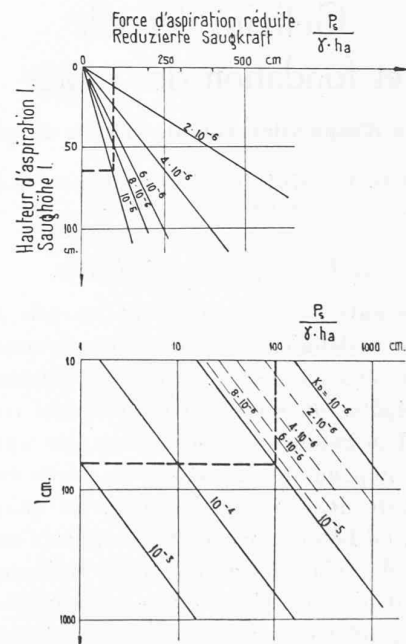


Fig. 2 et 3. — Relation entre la hauteur qui sépare la nappe phréatique de l'empierrement (hauteur d'aspiration) et la force d'aspiration réduite  $\frac{P_s}{\gamma h_a}$  pour diverses perméabilités  $k_D$ . Valeurs déterminées en posant comme condition que le gonflement, de 1 cm., n'est atteint ou dépassé qu'une fois pendant la durée d'existence L du revêtement.

<sup>1</sup> Voir *Bulletin technique* 1943, p. 37, 49, 77 et 119.  
<sup>2</sup> *Bulletin technique*, n° 4, 20 février 1943, p. 43.

si l'on considère même une petite étendue de la chaussée, il serait illusoire de pousser les calculs très loin pour obtenir des résultats exacts. On se contente d'une méthode d'approximation grossière, en faisant les hypothèses suivantes :

a) La profondeur de pénétration du gel est supposée constante et confondue avec la profondeur du niveau inférieur de l'empierrement.

b) La variation avec le temps de la profondeur atteinte par le gel dans le sous-sol, et par conséquent la variation de l'absorption d'eau, sont donc négligées. Par suite, la vitesse de gonflement est aussi une constante.

c) La force d'aspiration  $\frac{P_s}{\gamma}$  se calcule selon la formule

$$\frac{P_s}{\gamma} = \frac{h \cdot l}{1,09 \cdot k_D \cdot t} \quad (1)$$

où  $h$  est le gonflement,  $l$  la hauteur d'aspiration,  $k_D$  la perméabilité,  $t$  la durée de l'essai et 1,09 le coefficient de dilatation de l'eau qui gèle.

Soit  $h_a$  le gonflement admissible et  $T$  la durée de la période de froid tirée de la figure 1 ou du tableau 2, on peut écrire :

$$\frac{P_s}{\gamma \cdot h_a} = \frac{l}{1,09 \cdot k_D \cdot T} \quad (2)$$

$\frac{P_s}{\gamma \cdot h_a}$  est la force d'aspiration réduite, c'est-à-dire la force qui provoque un gonflement de un centimètre. Pour une certaine perméabilité, elle est proportionnelle à la distance qui sépare la nappe phréatique du dessous de l'empierrement (hauteur d'aspiration  $l$ ). Cette fonction peut être représentée par un faisceau de courbes, où  $k_D$  joue le rôle de paramètre (fig. 2). Si on choisit une échelle logarithmique, le faisceau prend la forme d'une série de lignes parallèles (fig. 3).

Le graphique (fig. 3) peut nous servir de *critère géotechnique et climatologique de gélivité* comme suit :

Au laboratoire de géotechnique, on trouve par essais les valeurs de  $\frac{P_s}{\gamma}$  et de  $k_D$ . Pour obtenir la force d'aspiration réduite, on divise  $\frac{P_s}{\gamma}$  par le gonflement  $h_a$  admissible tiré du tableau 1. Sur la ligne de  $k_D$  du graphique (fig. 3) correspondant à l'altitude et à la durée d'existence du revêtement, on trouve facilement la distance minimum  $l_{min}$  qui doit séparer la nappe phréatique du dessous de l'empierrement. Si en réalité le niveau de la nappe phréatique dépasse la cote ainsi définie, il y a

danger de gel, et si elle reste au-dessous de cette limite, il n'y a pas de danger.

Les figures 4, 5 et 6 illustrent l'application de ce critère. Supposons que le gonflement admissible soit  $h_a = 5$  cm. et qu'on ait trouvé au laboratoire  $\frac{P_s}{\gamma} = 500$  cm. et  $k_D = 10^{-5}$  cm/min.

La force d'aspiration réduite est donc :

$$\frac{P_s}{\gamma \cdot h_a} = 100$$

Selon les conditions initiales imposées, on obtient comme valeur de la distance minimum devant séparer la nappe phréatique de l'empierrement (hauteur d'aspiration) :

- a) Conditions favorables :  
Altitude 400-600 m. Durée d'existence du revêtement  $L = 10$  ans.  
De la figure 4, on tire  $l_{min} = 62$  cm.
- b) Conditions moyennes :  
Altitude 600-800 m.  $L = 20$  ans.  
Fig. 5 :  $l_{min} = 95$  cm.
- c) Conditions rigoureuses :  
Altitude 1200-1400 m.  $L = 30$  ans.  
Fig. 6 :  $l_{min} = 180$  cm.

Donc, pour un même sol, mais placé dans des conditions différentes, la nappe phréatique devra rester à 62, 95 ou même 180 cm. au-dessous de l'empierrement

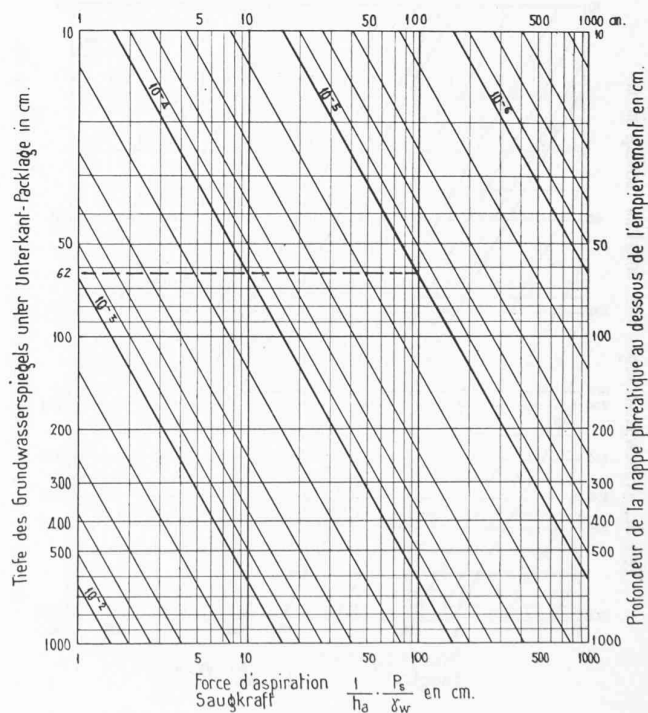


Fig. 4. — Critère géotechnique et climatologique de gélivité,

Altitude	400 — 600 m.
Intervalle $L$	10 ans
Durée du froid	40 jours
Probabilité du gonflement	0,10.

<sup>1</sup> Voir *Bulletin technique de la Suisse romande*; n° 4, 20 février 1943, p. 44, équation (2).

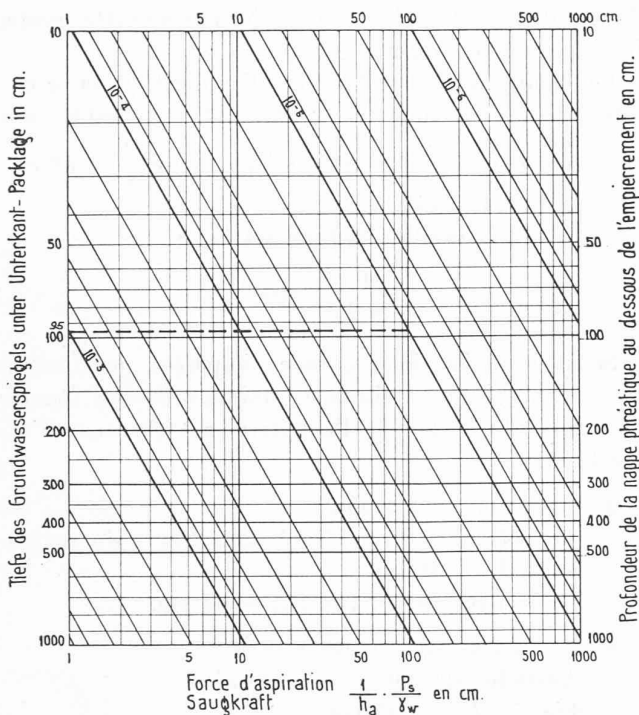


Fig. 5.

Critère géotechnique et climatologique de gévilité.

Altitude m	400—600	600—800	800—1000
Intervalle $L$ , années	30	20	10
Durée du froid, jours	60	60	60
Probabilité du gonflement	0,033	0,05	0,10

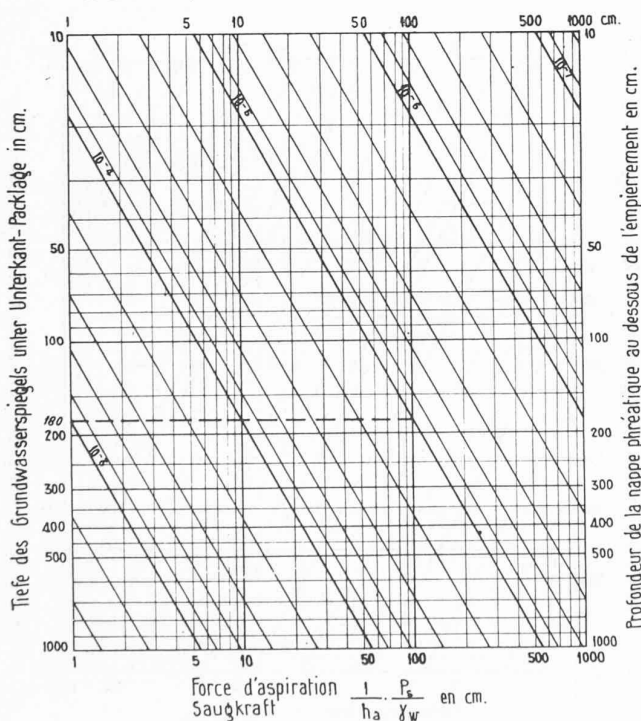


Fig. 6.

Critère géotechnique et climatologique de gévilité.

Altitude m	1200—1400
Intervalle $L$ , années	30
Durée du froid, jours	115
Probabilité du gonflement	0,033

pour qu'il n'y ait pas de dégâts par le gel. Si la hauteur d'aspiration est inférieure aux valeurs données par ces trois chiffres, on devra prendre les mesures nécessaires pour abaisser le niveau de la nappe phréatique ou empêcher l'ascension de l'eau par une couche isolante ou une couche brisant la capillarité.

## HABITATIONS RURALES

### Concours ouvert par la Classe d'agriculture de la Société des Arts de Genève.

Extrait du rapport du jury.

(Suite et fin.)<sup>1</sup>

#### B. Maison commune.

Dix-huit projets sont écartés pour insuffisance d'adaptation au problème posé ou pour réels défauts dans les relations fonctionnelles des différentes parties du plan.

Cinq autres projets sont éliminés ensuite comme faisant preuve d'une étude plus serrée ou de qualités architecturales indéniables, mais révélant cependant certains défauts ou lacunes importants dans la composition.

Le jury passe ensuite encore en revue tous les projets éliminés et procède au classement des 5 projets restant en présence. Il donne de ceux-ci une critique détaillée. Puis, conformément au programme, il décerne trois prix de 1400 fr., 1000 fr. et 800 fr.

L'ouverture des enveloppes révèle comme suit les noms des lauréats :

1<sup>er</sup> prix, 1400 fr. — projet « Campagnard » — M. et Mme Liv et A. Rivoire.

2<sup>me</sup> prix, 1000 fr. — projet « Regain » — M. G. Bréra, architecte.

3<sup>me</sup> prix, 800 fr. — projet « Campagne III » — M. R. Tschudin, architecte.

Le jury constate que les concurrents ont été intéressés par ce problème nouveau pour Genève et se sont attachés à présenter des études soignées et clairement exprimées en général.

Il est heureux d'avoir pu discerner des projets présentant un réel intérêt et qu'il a pu primer.

Il tient toutefois à faire remarquer que le problème n'a pas été suffisamment étudié dans tous ses détails et notamment en ce qui concerne le logement des ouvriers saisonniers et permanents qui était un des points importants du programme.

A ce point de vue, la séparation des dortoirs pour ouvriers saisonniers, logés dans un bâtiment indépendant et des chambres pour ouvriers permanents, groupés dans le bâtiment des services généraux, est celle qui convient.

D'autre part, les concurrents, sauf de rares exceptions, n'ont pas non plus résolu de façon satisfaisante le problème des douches et de leurs vestiaires. La disposition généralement adoptée est celle qui convient à des équipes sportives, mais non pas à des ouvriers agricoles.

<sup>1</sup> Voir Bulletin technique du 19 août 1944, p. 214.