

NRC Publications Archive Archives des publications du CNRC

Fondations dans les sols sujets à des gonflements ou à retraits Hamilton, J. J.

For the publisher's version, please access the DOI link below./ Pour consulter la version de l'éditeur, utilisez le lien DOI ci-dessous.

Publisher's version / Version de l'éditeur:

<https://doi.org/10.4224/40000994>

Digeste de la construction au Canada, 1977-06

NRC Publications Archive Record / Notice des Archives des publications du CNRC :

<https://nrc-publications.canada.ca/eng/view/object/?id=b537e918-7c6c-455e-87ea-463b0e8d1d2f>

<https://publications-cnrc.canada.ca/fra/voir/objet/?id=b537e918-7c6c-455e-87ea-463b0e8d1d2f>

Access and use of this website and the material on it are subject to the Terms and Conditions set forth at

<https://nrc-publications.canada.ca/eng/copyright>

READ THESE TERMS AND CONDITIONS CAREFULLY BEFORE USING THIS WEBSITE.

L'accès à ce site Web et l'utilisation de son contenu sont assujettis aux conditions présentées dans le site

<https://publications-cnrc.canada.ca/fra/droits>

LISEZ CES CONDITIONS ATTENTIVEMENT AVANT D'UTILISER CE SITE WEB.

Questions? Contact the NRC Publications Archive team at

PublicationsArchive-ArchivesPublications@nrc-cnrc.gc.ca. If you wish to email the authors directly, please see the first page of the publication for their contact information.

Vous avez des questions? Nous pouvons vous aider. Pour communiquer directement avec un auteur, consultez la première page de la revue dans laquelle son article a été publié afin de trouver ses coordonnées. Si vous n'arrivez pas à les repérer, communiquez avec nous à PublicationsArchive-ArchivesPublications@nrc-cnrc.gc.ca.

Digeste de la Construction au Canada

Division des recherches en construction, Conseil national de recherches Canada

CBD 184F

Fondations dans les sols sujets à des gonflements ou à des retraits

Publié à l'origine en juin 1977

J. J. Hamilton

Veillez noter

Cette publication fait partie d'une série qui a cessé de paraître et qui est archivée en tant que référence historique. Pour savoir si l'information contenue est toujours applicable aux pratiques de construction actuelles, les lecteurs doivent prendre conseil auprès d'experts techniques et juridiques.

Les sols d'argile qui changent de volume constituent, au Canada et aux États-Unis, le risque naturel le plus coûteux pour les bâtiments construits sur des fondations peu profondes.¹ Dans les seules provinces des Prairies, un million de Canadiens ou plus vivent dans des agglomérations construites sur des sols ayant un potentiel d'expansion très élevé. Dans les régions côtières et dans celles de l'est même de plus grandes populations vivent dans des agglomérations construites sur des argiles ayant un potentiel hautement rétractable. Le **CBD 84F** traitait de la nature des sols sujets à des gonflements et des retraits et donnait des exemples de problèmes pour les fondations peu profondes. Le présent bulletin contient des notions et des détails nouveaux qui résultent d'une étude continue de la question et traite du choix de fondations appropriées.

Reconnaissance des sols pouvant présenter des risques

Au Canada, les dépôts argileux pouvant causer des problèmes peuvent être classés en deux groupes principaux: les argiles rétractables et les argiles gonflables. Les dépôts rétractables, que l'on trouve à une échelle extensive dans les vallées du Saint-Laurent et de l'Outaouais, ont habituellement été formés dans de l'eau de mer ou saumâtre, ils ont une teneur naturelle en eau très forte et contiennent peu ou pas de minéraux argileux gonflables. Ils ont peu tendance à gonfler sous l'effet d'une contrainte réduite et en présence d'eau librement disponible, à moins qu'ils n'aient été séchés auparavant et n'aient subi une réduction de volume de l'ordre de 50 pour cent au-dessous des conditions de sédimentation. Les problèmes de fondations peu profondes causés par ces argiles se limitent presque exclusivement aux tassements de retrait dus à l'influence desséchante des racines d'arbres (**CBD 62F**).

Les sols argileux qui gonflent se rencontrent habituellement dans les dépôts lacustres du centre et de l'ouest du Canada. A cause de leur minéralogie de montmorillonite et d'une teneur en humidité moins forte, lorsque les conditions ambiantes changent, habituellement ils se gonflent ou exercent de fortes pressions sur les structures rigides; mais ils peuvent également présenter

un fort degré de réversibilité retrait gonflement avec modifications de la teneur en humidité. La reconnaissance des risques de problèmes de gonflement ou de retrait est importante dans les premières phases de la planification de l'utilisation des sols et est essentielle pour un bon choix du type de fondations. On peut utiliser une classification (figure 1) basée sur la fraction d'argile en pourcentage et l'indice de plasticité (CBD 43F) pour catégoriser le degré probable de sévérité.² Un sol ayant une teneur en argile supérieure à 25 pour cent et un indice de plasticité supérieur à 30 pour cent est susceptible d'un très grand risque de retrait ou de gonflement. Tout sol ayant une teneur en argile et un indice de plasticité supérieurs à 10 pour cent peut subir au moins un léger gonflement à un léger retrait lorsque les conditions ambiantes changent.

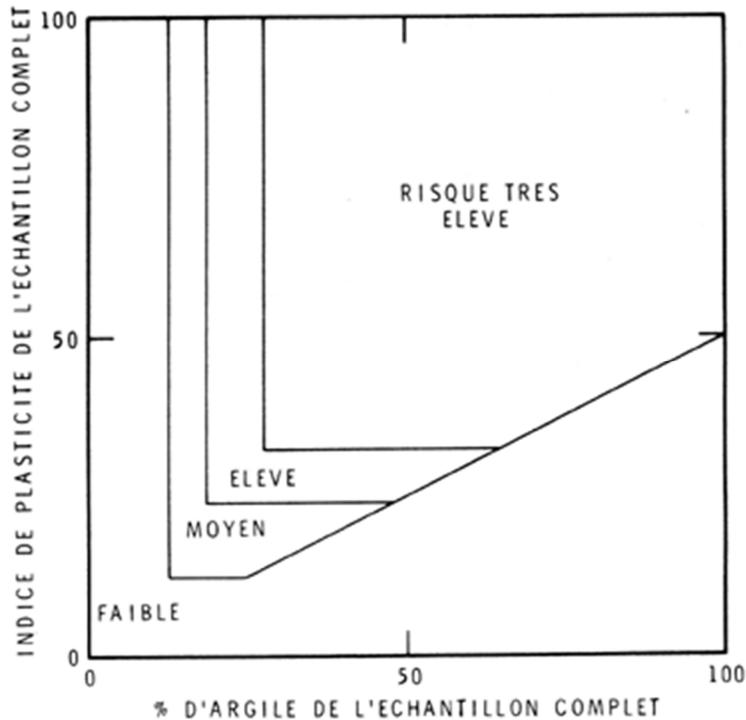


Figure 1. Importance des dommages dus au changement de volume des sols argileux (D'Après Williams (2)).

Choix du type de fondations

La majorité des fondations des petites structures sont choisies pour satisfaire les exigences minimales des règlements ou des normes de construction imposés par les pouvoirs publics ou les organismes de financement. Bien que cela permette d'obtenir une solidité suffisante de la structure et une rentabilité immédiate, les coûts basés sur la durée de vie de même que le rendement des fondations peu profondes creusées dans des dépôts profonds de sols en argile instable sont souvent médiocres.

La stabilité d'une fondation est fonction des couches sous-jacentes du sol jusqu'à des profondeurs supérieures au double de la largeur de la structure (CBD 80F). La profondeur à laquelle le sol peut encore changer de volume (retrait ou gonflement) et le degré de réaction des couches de sol jusqu'à cette profondeur sont d'une importance primordiale pour le choix du type approprié de fondations. La profondeur de l'action du gel est également importante pour les structures qui n'ont pas de pertes de chaleur appréciables pour le sol (CBD 182F). Jusqu'à ce jour les normes et codes du bâtiment ont beaucoup plus insisté sur la profondeur de l'action du gel que sur la profondeur de la zone active des sols argileux gonflables ou rétractables.

Zone active

La zone active est le terme proposé pour décrire la masse de sol (au-dessous et autour d'une structure) qui sera modifiée de façon sensible par la présence de la structure, ses équipements, son aménagement paysager et ses bâtiments voisins. La zone active peut être représentée par un environnement dynamique tridimensionnel influencé par des forces imposées par l'intérieur et par l'extérieur. Les effets des changements cycliques ou à long terme sur la teneur en humidité, la température et la chimie se combinent souvent aux contraintes et aux sollicitations auxquelles le sol est soumis. Le temps, la végétation et les variations climatiques sont des facteurs naturels importants qui modifient la portée et l'activité à l'intérieur de cette zone. Par exemple, la figure 2 montre la différence entre les effets de l'enracinement de profondeur uniforme typique des pâturages et des forêts denses et la profondeur irrégulière de la zone active typique des parcs où les arbres sont très espacés.

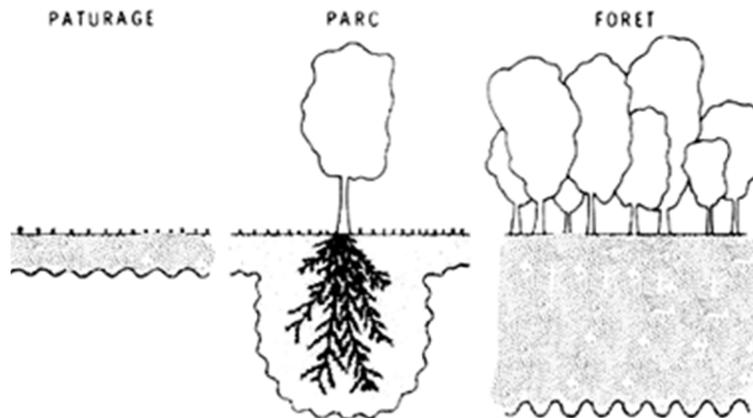


Figure 2. Configurations de la zone active pour différents types et densités de végétation sur un dépôt d'argile profond avec nappe souterraine profonde.

Dans le développement urbain, la construction et l'aménagement paysager ont souvent des conséquences importantes sur l'environnement naturel (figure 3). Une excavation de 5 ou 6 pi pour un sous-sol de maison se traduit par un déchargement net du sol car le poids de la terre enlevée correspond habituellement à plusieurs fois celui de la maison terminée. Ce déchargement entraîne un gonflement non uniforme du sol et un soulèvement différentiel des fondations superficielles. Réciproquement, le poids d'un remblai relativement bas peut être bien plus important que celui du bâtiment construit au-dessus. La chaleur rentre et sort d'un bâtiment, et le drainage du sous-sol et l'irrigation de surface peuvent causer des changements marqués dans la teneur en humidité, le volume ou les contraintes dans un sol. L'asphaltage, l'aménagement paysager et l'irrigation de parties importantes du terrain peuvent aussi avoir une grande influence sur les dépôts d'argile profonds.

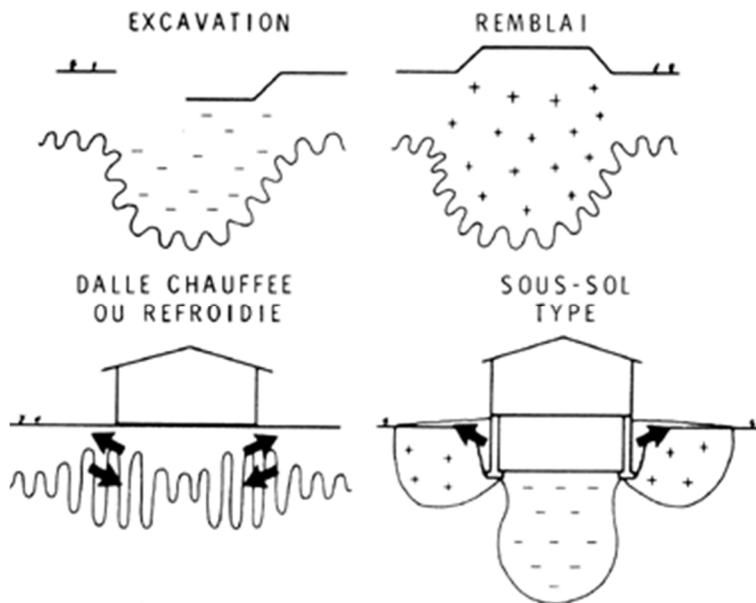


Figure 3. Configurations de la zone active pour différentes influences structurales telles que: réduction de contrainte -, augmentation de contrainte +, et flux de chaleur →.

Conception des fondations

Il y a essentiellement deux méthodes de conception des fondations pour les sols sujets à des gonflements ou à des retraits. Les semelles superficielles étendues (figure 4) et les dalles sur terre-plein sont les plus courantes dans la pratique traditionnelle. Les fondations profondes, qui ont une capacité portante en sol stable au-dessous de la zone active (figure 5), sont fréquemment retenues lorsqu'une analyse de conception est effectuée par des experts géotechniciens.

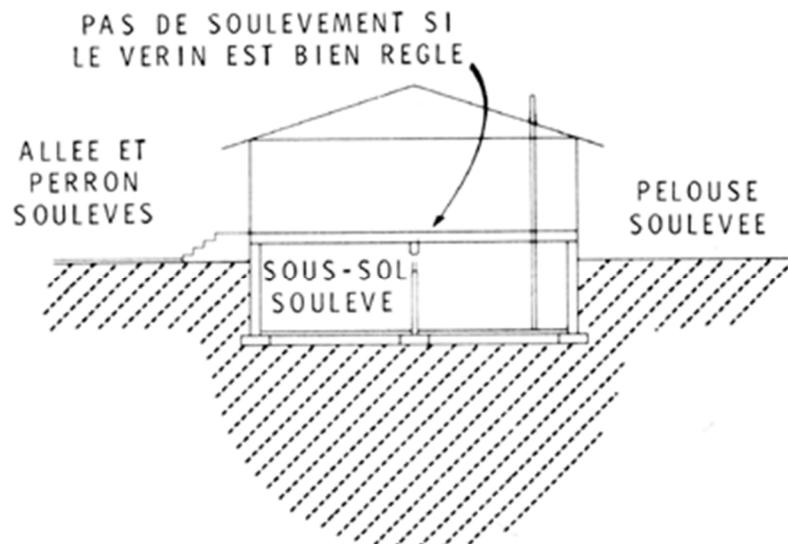


Figure 4. Rendement à court terme typique d'une fondation peu profonde construite sur un dépôt profond de sous-sol gonflable.

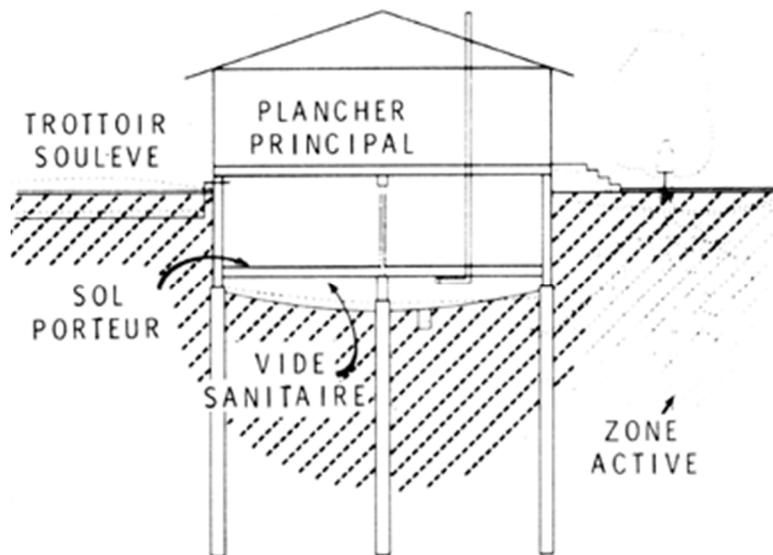


Figure 5. Rendement à long terme typique d'une fondation construite sur un dépôt profond de sous-sol gonflable, avec effets de la croissance des arbres.

Les fondations superficielles peuvent subir d'importants mouvements absolus (totaux) et différentiels des sols présentant un risque de gonflement ou de retrait allant de modéré à fort. Les distorsions atteignent rarement des proportions dommageables une année ou plus après la construction, mais elles continuent à s'amplifier et à causer des problèmes d'entretien pendant toute la durée de vie de la structure. Lorsque la tolérance à la distorsion d'une structure a été dépassée, les problèmes d'entretien réduisent souvent sa durée de service.

Les fondations profondes peuvent éliminer complètement les mouvements absolus et différentiels au sein de la structure principale. Toutefois, pour des profondeurs égales de sous-sols, l'influence du déchargement net de l'excavation jusqu'au niveau du sous-sol peut être plus importante qu'avec des fondations superficielles. Ceci, parce que le poids de la superstructure est transmis à de grandes profondeurs au lieu d'avoir tendance à compenser le poids de sol excavé. Il n'est donc pas rare que les composants supportés par le sol tels que les dalles de sous-sol et les tuyauteries et équipements enterrés au niveau du sol ou à proximité (par exemple les allées, trottoirs, conduites de services et perrons) subissent des mouvements différentiels accentués par rapport à la structure principale. Les éléments de charpente en portée libre au-dessus de vides drainés et de vides sanitaires, les transitions structurales ou en remblai stable entre la structure principale et les sols naturels qui l'entourent, et les connexions flexibles pour les conduits exigent tous une conception très complexe et une construction contrôlée avec soin pour assurer une bonne performance à long terme.

Sur les sols ayant un potentiel de retrait de modéré à fort, l'importance et le taux des mouvements des fondations peu profondes sont directement reliés à l'emplacement et à l'activité des racines d'arbres. En période de sécheresse, les arbres à racines profondes ont causé des mouvements différentiels sévères, de l'ordre de plusieurs pouces durant une seule saison de croissance^{3,4}; et sur de longues périodes, les mouvements différentiels cumulatifs à l'intérieur d'une seule habitation ont dépassé un pied.⁵

Sols d'argile utilisés comme remblai. Les sols riches en argile présentent souvent des problèmes à long terme lorsqu'ils sont utilisés comme remblai. Leur consistance en mottes et leur nature cohérente résultant de techniques d'excavation courantes rend difficile, sinon économiquement et pratiquement impossible, leur recomptage à une teneur en humidité et une densité uniformes qui assurera un tassement futur minimum, un gonflement possible minimum ou des poussées latérales des terres minimales. Au-delà des problèmes évidents de tassements superficiels importants et prolongés, les remblais d'argile exigent des ouvrages de retenue singulièrement plus forts, comme des murs de fondation, pour supporter les pressions

horizontales des terres plus importantes que celles qui sont exercées par des remblais non argileux.

Dalles sur terre-plein. Bien que dernièrement beaucoup de progrès aient été accomplis dans le développement de méthodes de conception pour assurer une rigidité de la dalle suffisante afin de réduire au minimum les distorsions préjudiciables, nul ne peut assurer que ces dalles n'auront pas à subir une inclinaison excessive lorsqu'il se produira des changements non uniformes du volume du sol. Des couches épaisses de sols non argileux recouvrant des dépôts d'argile peuvent réduire les mouvements différentiels de dalles ou de semelles placées au-dessus. Malheureusement, à Ottawa et Winnipeg, les racines des arbres ont parfois pénétré les couches profondes de sorte que le retrait dû au séchage qui en résulte a causé des dommages aux fondations et aux structures situées plus haut.

Semelles étendues. L'avantage de placer des semelles étalées aussi profondément que possible pour réduire au minimum les dangers de la végétation à racines profondes est contre-carré par l'avantage de maintenir les excavations de sous-sol aussi peu profondes que possible pour réduire au minimum l'effet de déchargement-soulèvement. Si on peut prévoir que les réactions à un nouvel environnement seront exclusivement le retrait ou le gonflement, on peut facilement choisir la profondeur la plus souhaitable pour une semelle étalée et un sol de sous-sol. On a utilisé avec succès des fondations flottantes (**CBD 81F**) incorporant des dalles de béton épaisses fortement renforcées pour maintenir les distorsions de la superstructure à des niveaux acceptables (**CBD 54F** et **148F**).

Pieux profonds ou fondations sur pieux. Si l'on fait suffisamment attention pour isoler les coiffes de pieux, les poutres et autres éléments porteurs du sol par des vides adéquats ou des vides sanitaires, les pieux profonds ou les fondations sur pieux sont très efficaces pour les sols présentant un risque élevé de gonflement ou de retrait. Bien qu'apparemment simples de conception et de construction, leur bon potentiel de rendement peut être réduit à néant si l'on n'accorde pas une attention toute particulière à des détails tels que le drainage effectif et le contrôle de l'humidité dans tous les vides et vides sanitaires et les raccords flexibles pour la plomberie et les autres équipements supportés par le sol.

Conclusions

Grâce aux connaissances et aux notions maintenant disponibles concernant le gonflement et le retrait des sols, il y a plusieurs solutions de remplacement efficaces aux fondations traditionnelles. Dans la plupart des grandes villes, les experts géotechniciens contribuent aux procédés de développement qui aboutissent à des solutions économiques. Les autorités responsables de la planification et de la construction devraient exiger des rapports sur les risques géotechniques dans les soumissions d'approbation de subdivisions ou de plans de développement; et ces rapports devraient contenir une évaluation des risques pour les différents ouvrages et des recommandations sur les pratiques de conception et de construction les plus appropriées pour assurer un rendement économique à long terme.

Références

1. Jones, D. E. Jr. et W. G. Holtz. Expansive Soils - the Hidden Disaster. ASCE, Civil Engineering, August 1973, p. 49-51.
2. Williams, A. A. B. Discussion of the Prediction of Total Heave from Double Oedometer Test by J. E. B. Jennings and K. Knight. Transactions, South African Institution of Civil Engineers, Vol. 8, No. 6, 1958.
3. Bozozuk, M. et K. N. Burn. Vertical Ground Movements Near Elm Trees. Géotechnique, Vol. X, No. 1, March 1960, p. 19-32.
4. Burn, K. N. House Settlements and Trees. Proceedings, National Conference on Urban Engineering Terrain Problems, May 1973, Associate Committee on Geotechnical Research, National Research Council of Canada, Division of Building Research, NRCC 13979.
5. Bozozuk, M. Soil Shrinkage Damages Shallow Foundation at Ottawa. Engineering Journal, Vol. 45, No. 7, July 1962, p. 33-37.