

NRC Publications Archive Archives des publications du CNRC

Les eaux de fond
Legget, R. F.

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/10.4224/40001004>

Digeste de la construction au Canada, 1967-11

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

<https://nrc-publications.canada.ca/eng/view/object/?id=f633f005-c632-42fa-a98e-b76b7068cf6b>

<https://publications-cnrc.canada.ca/fra/voir/objet/?id=f633f005-c632-42fa-a98e-b76b7068cf6b>

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 82F

Les eaux de fond

Publié à l'origine en novembre 1967

R.F. Legget

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.

Quelques Digestes précédents, traitant des sols et des fondations, ont mentionné l'importance de la présence d'eaux souterraines. En dépit des conséquences que celles-ci peuvent avoir pour les travaux en profondeur, leur comportement paraît encore mystérieux, même à ceux qui possèdent les notions de base du génie civil. Le fait que les sourciers sont encore largement mis à contribution pour la découverte d'eaux souterraines indique bien la méconnaissance des principes fondamentaux en régissant la présence et les déplacements. Le présent Digeste sera consacré à l'exposé de ces principes, et plus particulièrement de l'importante question de la présence d'eaux de fond lors des travaux de fondations. Un grand nombre de fouilles sont sèches, et par conséquent les eaux de fond n'y posent pas de problème. Dans le cas où l'on rencontre les eaux souterraines, les difficultés qu'elles entraînent seront beaucoup moins embarrassantes et coûteuses si l'on connaît bien leur comportement physique et si l'on applique les méthodes de lutte idoines.

Le cycle de l'eau

L'eau existe sous une forme quelconque presque partout sous la surface du sol. Elle est toujours en mouvement, car les eaux souterraines ont un comportement dynamique et non statique, phénomène qu'on apprécie à sa juste valeur quand on connaît le cycle parcouru par l'eau. L'expression "Cycle de l'eau" résume sa circulation naturelle, dont les différents aspects doivent être connus au moins dans leurs grandes lignes par les personnes averties. L'importance croissante qu'on attache à la propreté des eaux du domaine public, et les problèmes connexes que pose la pollution, soulignent la valeur de cette affirmation. Le cycle de l'eau devrait être parfaitement familier à toute personne s'occupant des conditions souterraines.

Quand la pluie tombe sur le sol, on voit une partie de l'eau s'écouler directement dans les rigoles d'égouttement, les ruisseaux ou tout creux de terrain qui la conduiront en surface vers les rivières, puis à la mer. Une partie des eaux de pluie cependant ne ruisselle pas à la surface, mais s'infiltre dans le sol. Une certaine proportion sera retenue par capillarité dans la couche superficielle humifère lui donnant ainsi la consistance normale de sol mouillé, sauf à la suite

d'une sécheresse prolongée. La plus grande partie des eaux de pluie qui s'infiltrent dans le sol traverseront lentement cette couche supérieure aérée, dans les interstices de laquelle l'air est présent avec l'eau, jusqu'à ce qu'elle atteigne la nappe qui s'est accumulée dans le sol depuis les dernières pluies. C'est l'eau contenue dans ce réservoir naturel constitué par les interstices du sol qu'on qualifie de nappe phréatique.

Les eaux souterraines perdent leur mystère quand on les envisage sous cet angle. Il s'agit là d'un phénomène d'une importance extrême pour le bien-être de l'humanité. En effet, l'eau ainsi accumulée dans le sol n'y reste pas immobile. Elle se déplace sous l'influence de la gravité dans la direction de la pente décroissante de la ligne de charge. Cette pente sera souvent déterminée par les niveaux hypsométriques de la surface du sol, mais les eaux en mouvement finiront par atteindre un point d'émergence, par suintement au travers du lit d'un lac ou d'une rivière, ou comme source au flanc d'une colline. La présence de sources est une indication certaine du niveau de la nappe phréatique dans la colline d'où elles sourdent. Les eaux de source ruissellent normalement à la surface et se dirigent vers les cours d'eau, les rivières, puis finalement à la mer. La transpiration des végétaux et l'évaporation qui se produit à la surface des nappes d'eau et du sol renvoient continuellement les eaux à l'atmosphère sous forme de vapeur. Celle-ci se condense en nuages qui produisent à leur tour des précipitations de neige ou de pluie. C'est de cette façon que l'étonnant cycle de l'eau boucle son éternel mouvement (voyez la figure n° 1).

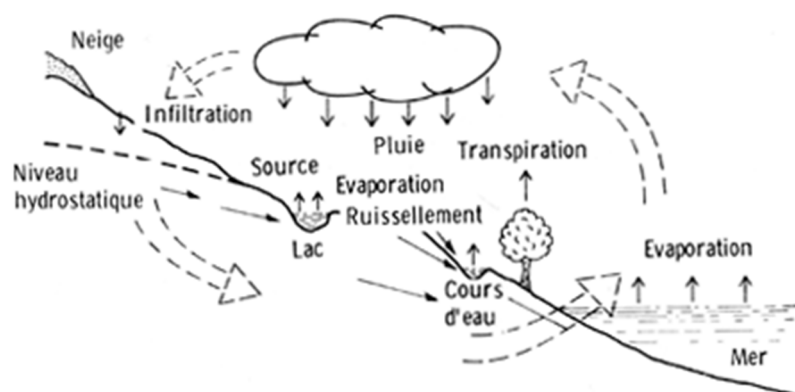


Figure 1. Cycle de l'eau

Le niveau hydrostatique

Le niveau de la surface du vaste réservoir caché des eaux souterraines est indiqué approximativement par celui de l'eau dans les puits, bien que dans certains cas ces indications soient beaucoup trop sommaires. De même, ce niveau est indiqué par celui qu'atteignent les eaux après équilibre dans les trous des sondages de reconnaissance hydrologique. On qualifie cette surface de niveau hydrostatique. La nappe phréatique correspondante a une surface qui n'est presque jamais parfaitement plane. Elle peut ne se trouver que très légèrement inclinée, juste assez pour induire un lent déplacement latéral de la masse d'eau sous-jacente, mais il semble indispensable qu'elle ne soit pas parfaitement horizontale en raison des qualités dynamiques des eaux souterraines.

Le niveau hydrostatique n'est pas non plus constant en un certain endroit. Il variera selon la nature des eaux qui y sont emmagasinées. Dans les régions tempérées que caractérisent les pluies hivernales, et parfois les précipitations nivales, le niveau hydrostatique atteindra son maximum au cours de l'hiver ou au début du printemps, puis baissera doucement au cours de l'été. C'est cette décroissance normale de la masse des eaux souterraines qui maintient un certain ruissellement dans les rivières et les fleuves tout au cours de l'année, même en l'absence de pluie. Il est en conséquence normal que le niveau hydrostatique s'abaisse au cours de l'été. Par contre, si le niveau hydrostatique s'abaisse trop par suite d'un pompage excessif, les autorités publiques devront se préoccuper de la situation de la nappe phréatique.

Les phénomènes décrits ci-dessus se produisent dans les couches géologiques en position normale. Certaines structures géologiques peuvent causer l'emprisonnement des eaux souterraines dans une couche aquifère recouverte d'une strate imperméable. Les eaux ainsi emprisonnées se trouveront parfois soumises à de fortes pressions; lors du percement des couches imperméables sus-jacentes, au cours du forage d'un puits par exemple, l'eau peut remonter et même jaillir du trou de forage, constituant ainsi un puits artésien. Si le niveau de l'eau s'arrête juste au-dessous de la surface du sol, on le qualifie de puits à niveau d'eau affleurant. Ces phénomènes particuliers ne se rencontrent pas souvent dans les travaux d'excavation, mais se montrent très gênant et réclament l'intervention d'un spécialiste s'ils se produisent.

Déplacements des eaux souterraines

La mobilité des eaux de fond est indiquée non seulement par les variations du niveau de la nappe phréatique, mais aussi par des déplacements latéraux de la masse d'eau, dont le niveau hydrostatique n'indique que la surface. La facilité de déplacement des eaux dépend de la porosité des sols qui les contiennent. On rencontre les eaux souterraines dans bien des types de roches dites compactes, particulièrement le grès qui est parfois très poreux. Même les roches granitiques peuvent être aquifères en raison de l'existence de fissures ou de diaclases qui constituent des voies de pénétration pour les eaux. Il est cependant plus aisé de concevoir le déplacement des eaux au travers de masses de sable ou de gravier, qui sont des matériaux si évidemment perméables.

Il existe des méthodes pratiques pour calculer le débit des eaux de fond en tout endroit avant d'y entreprendre les travaux d'excavation, en se fondant sur des essais in situ ou sur des essais d'échantillons de sol en laboratoire. On peut ainsi calculer la quantité d'eau qui pénétrera dans une fouille et la façon dont elle apparaîtra. Il est particulièrement utile de connaître la direction de l'écoulement. S'il se produit vers le bas, les parois de la fouille deviendront plus stables, mais il en serait autrement en cas d'écoulement vers le haut ou vers l'intérieur de la fouille.

La variation annuelle du niveau hydrostatique est de grande importance pour l'exécution des travaux de fondations. Les données pertinentes peuvent être facilement réunies au cours de l'exécution du programme préliminaire d'étude du sous-sol, si un plan raisonnable d'études a été établi, qui prévoit un laps de temps suffisant avant le début des travaux de construction. S'il n'existe pas d'eaux de fond sous pression capable de les faire jaillir en surface, et que le niveau hydrostatique soit plus élevé que le fond des trous des forages de reconnaissance, le niveau de la nappe phréatique y sera indiqué après un certain temps d'équilibrage. S'il est possible, on choisira un certain nombre de trous de forage en des endroits intéressants et on les tubera de tuyaux de terre cuite poreuse munis d'écrans à mailles très fines là où ils traversent des couches de sable fin. Ces tubages seront laissés en place et coiffés d'un capuchon, qu'on pourra enlever pour mesurer la hauteur du niveau hydrostatique à des intervalles réguliers, en vue d'établir sans difficulté le diagramme des variations du niveau hydrostatique.

Qualité des eaux de fond

Les eaux emmagasinées dans le sol ont été filtrées jusqu'à un certain point par leur passage au travers des couches de terrain, mais ce ne sont pas des eaux pures chimiquement. Elles peuvent contenir de faibles teneurs de produits chimiques, et si le sol lui-même contient des sels solubles, ils seront entraînés dans certaines conditions. Dans l'Ouest canadien, la présence de sulfate de soude dans les eaux souterraines est d'importance particulière. Quand ces eaux viennent au contact du béton, comme celui qui constitue les fondements, elles risquent de le détériorer et de provoquer de graves difficultés. Il est donc important d'étudier la nature des eaux avant d'entreprendre les travaux de construction. Si le sulfate de soude y est présent, le constructeur devra employer un ciment spécial résistant à son attaque pour tout ouvrage de substruction.

Les eaux souterraines et les fondations

Il est clair que le maître d'oeuvre devra disposer du plus grand nombre de données possible au sujet des eaux de fond, avant même d'entreprendre les travaux d'excavation d'une fouille si celle-ci doit être profonde. Cette connaissance est également nécessaire à l'architecte, comme celle des variations possibles du niveau hydrostatique, pour lui permettre de tracer des fondations dont l'utilisation se révélera satisfaisante et économique. Si le niveau hydrostatique se trouve en dessous du niveau le plus bas de la fouille, les travaux pourront commencer sans difficulté, et les fondations seront construites plus facilement et plus économiquement.

Si le niveau hydrostatique atteint et dépasse au cours de l'année la base des fondations, l'architecte devra autant que possible prévoir l'établissement d'un système de drainage aux alentours des fondations. Sinon, il devra tenir compte de la pression hydrostatique sur les murs des fondations. Il devra également calculer l'effet de ces pressions sur les planchers bétonnés des fondations, qui pourrait entraîner des modifications dans le tracé de ces dernières. La pression d'une colonne d'eau de trois pieds, par exemple, exercera une poussée suffisante pour faire flotter tout un étage d'un édifice normal en béton armé.

Si les fondations doivent être établies sur des pieux de bois, une raison supplémentaire de déterminer les variations éventuelles du niveau hydrostatique existe; en effet le bois est un excellent matériau de construction jouissant d'une très bonne durabilité s'il est maintenu soit toujours sec, soit toujours humide. Les alternances de dessiccation et d'imbibition, cependant, sont à l'origine de la détérioration de la plupart des bois, y compris les espèces utilisées normalement pour les pieux des fondations. Par conséquent, si l'on peut déterminer d'avance que le niveau hydrostatique variera annuellement à la profondeur atteinte par les pieux en bois, la nécessité apparaîtra d'étudier à nouveau le tracé des fondations pour éliminer cette cause de détérioration. De nombreuses difficultés découlant de ce phénomène se sont déjà produites, et il ne faut pas hésiter à encourir les dépenses supplémentaires qui permettront de l'éviter.

Protection contre les eaux souterraines

La présence d'eaux de fond doit bien entendu être considérée comme un corollaire fréquent des travaux de fondation atteignant les strates profondes. Il est nécessaire d'obtenir des renseignements exacts sur les conditions physiques affectant la nappe phréatique sous le terrain à bâtir au cours de l'exploration préalable du sous-sol, et de posséder ainsi une connaissance aussi précise que possible des variations maximales du niveau hydrostatique. Ces données devront être transmises aux soumissionnaires chaque fois et autant qu'il sera possible dans les documents habituels constituant l'appel d'offres.

Le maître d'oeuvre qui détermine les meilleures méthodes de construction dispose de divers moyens pour lutter contre la présence d'eaux de fond au cours des travaux d'excavation. S'il s'attend à n'en trouver qu'une faible quantité tout au fond de la fouille, dans un sol relativement stable, il peut utiliser un réseau d'égouttement par tranchées établies au périmètre de la fouille, et conduisant à des puisards d'où l'eau est pompée vers l'extérieur. Il est cependant nécessaire, même dans ces cas simples, de s'inquiéter des effets possibles du drainage sur la solidité des terrains et des immeubles avoisinants. Dans les régions où le sous-sol est compressible, l'abaissement du niveau hydrostatique peut entraîner un affaissement important du sol et des constructions qui y sont assises.

Les travaux d'excavation doivent être menés à bien sans que les eaux souterraines causent de gêne aux alentours de la fouille. Si le sol s'y prête, on établit un type spécial d'exhaure utilisant des appareils ingénieux mais simples, appelés *puits filtrants*. Ils consistent en tuyaux de faible diamètre, munis à leur extrémité inférieure d'une crépine à mailles très fines, de conception particulière. On enfonce ces tubes dans le sol en rang assez serré à l'entour de la future fouille, puis on les relie par des tuyaux collecteurs à un système de pompage convenable. On procède habituellement à l'exhaure avant de commencer les travaux d'excavation, de façon que les matériaux soient égouttés lors de leur enlèvement. Ceci est rendu possible en raison des phénomènes d'écoulement des eaux dans les matériaux poreux.

Le simple croquis de la figure n° 2 montre ce qui arrive au niveau hydrostatique quand on procède à l'exhaure d'un sol poreux à l'aide de puits filtrants, par exemple. Il suffit d'imaginer en trois dimensions l'aspect de ce rabattement de la nappe phréatique pour comprendre que le système d'exhaure crée une dépression conique dans la surface hydrostatique. Si les propriétés du sol soumis à exhaure sont connues, il est possible de calculer les dimensions du cône; l'insertion des tuyaux d'exhaure selon un réseau tel que les cônes se recoupent permet de rabattre le niveau hydrostatique sous le terrain à construire, et seulement sous celui-ci, dans les limites du rayon d'action du réseau de puits filtrants. La direction de l'écoulement sera modifiée dans le périmètre de la fouille, et la nappe phréatique restera abaissée jusqu'à la profondeur prévue par l'hydrologue tant que les pompes fonctionneront. Un réseau de puits filtrants conçu par un spécialiste sera d'une aide inappréciable pour les travaux d'excavation, illustrant ainsi de façon frappante l'application de principes scientifiques aux techniques un peu terre-à-terre de la construction.

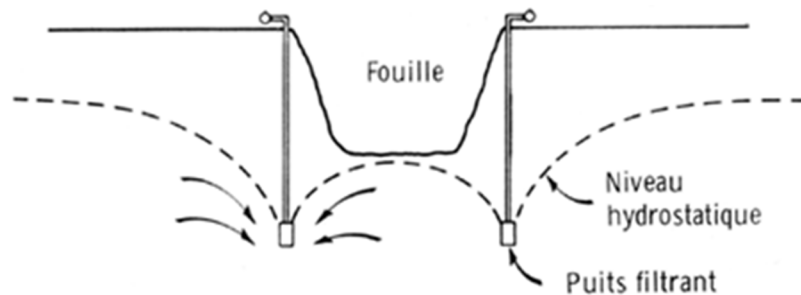


Figure 2. Rabattement de la nappe phréatique par exhaure.

Nous avons mentionné ci-dessus quelques-uns des effets de la présence des eaux de fond. Les fondations profondes, dont le drainage est impossible, requièrent l'imperméabilisation des fondements en béton. Les meilleures méthodes de protection contre les eaux consisteront à prévoir dans le cahier des charges la fabrication, la mise en place et la maturation de béton d'excellente qualité, l'utilisation de joints efficaces, soigneusement établis et vérifiés avant bétonnage. Dans ce cas, le tracé de l'ensemble des fondations doit tenir compte de l'existence d'importantes pressions hydrostatiques.

En ce qui concerne les fondations peu profondes qu'on peut munir d'un système de drainage, et comprenant un sous-sol de maison ordinaire par exemple, il suffira d'établir soigneusement au périmètre de la fouille un drain d'une pente convenable, relié à un égout ou à une autre sortie, pour obtenir le même résultat qu'un réseau plus complexe de puits filtrants. Le remplissage de la fouille où le drain est placé doit être exécuté soigneusement avec des matériaux poreux compactés. L'humidité régnant dans nombre de sous-sois de maisons reflète trop souvent l'attention insuffisante accordée à cette facette du tracé des fondations et souligne en conséquence la nécessité d'avoir une bonne connaissance de la nature et du comportement des eaux souterraines, ainsi que des façons de parer aux difficultés possibles. C'est l'objectif que visait le présent Digeste.