

GUIDE D'INSTALLATION DE FORAGE POUR L'ALIMENTATION EN EAU



**destiné aux
PAYS EN VOIE
DE DÉVELOPPEMENT**

TROISIÈME ÉDITION

**« Plus de gens meurent
à cause de l'eau non potable que de
toutes les formes de violence,
y compris la guerre. »**

— Secrétaire général de l'ONU *Ban Ki-moon*

**« Lorsqu'ils sont correctement
réalisés, les forages pour
l'alimentation en eau
potable & les services
d'installation de pompe en
font davantage pour prolonger
la moyenne de durée de vie et
améliorer la qualité de la vie
dans les pays en voie de
développement que tous les
médecins réunis. »**

- *Anonyme*

GUIDE D'INSTALLATION DE FORAGE POUR L'ALIMENTATION EN EAU

**destiné aux
PAYS EN VOIE
DE DÉVELOPPEMENT**

Troisième Édition

Août 2014

Traduction Français Juin 2015

Auteur principal & rédacteur :
Stephen J. Schneider, BSME, MGWC
steve@schneiderwater.com

Copyright © 2014 par Stephen J. Schneider

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être utilisée ou reproduite, mémorisée dans un système de recherche de données ou transmise sous aucune forme ou de quelque manière, électronique, mécanique, photocopie, enregistrement ou autre, sans la permission écrite de Stephen J. Schneider.

REMERCIEMENTS

Les personnes suivantes ont contribué par leurs commentaires ou leur soutien à faciliter l'élaboration de ces directives :

Organisations :

Allegra Print & Imaging
American Water Resources Association
Gregg Drilling & Testing, Inc.—John Gregg, President, BSGE
Loughborough University WEDC
Moody's of Dayton, Inc.
National Ground Water Association
National Ground Water Research & Educational Foundation
Rural Water Supply Network
Schneider Equipment, Inc. / Schneider Water Services
University of Oklahoma WATER Center
Water4

Personnalités :

Keg Alexander	Lynn Bartholomew
Art Becker, CPG, MGWC	Jessica Bentz
Michael E Campana, Ph.D	Lawrence Cerrillo, CPG
Kamran N. Choudhri	Dr. Kerstin Danert
Luis Antonio Domínguez Jr.	Kyle Doran
Stephen Douglas	Lloyd Duplantis
Martha Espinoza	Rodrigo Estrada
Emmanuel Evans	Scott Fowler, CWD/PI
Trisha Freeman	Jaime Gallardo
Kevin Gill	Matt Hangen
John W. Henrich, MGWC	Kyle Hoover
Raul Ibarra	David K. Kreamer, Ph.D
Michael Langer	Osear Larrea
Dany Lopez	W. Richard, Laton, Ph.D, PG, CHG, CPG
Michael Maldonado	Ibrahim Mamadou
Darwin Martinez	Sandy Masters
Kevin McCray, CAE	Christopher McKeand
Daniel T. Meyer, MGWC	Jennifer Michel
Evan Miles	Alex Mora
Jon Naugle	Bwire S. Ojiambo, Ph.D
Sunny Pannu	Michael Paulson
Rachel Paulson	John Pitz

Gonzalo Pulido	Ron Reed
Gabriel Sabogal	David A. Sabatini, Ph.D, PE
Manuel Salamanca	Jennifer Schneider
Karen T. Schneider, RN, MSN	Kriss D. Schneider
Miriam E. Schneider, RN, MSN	Ronnie K. Schneider, MS, ME
Robert Schultz	Dr. Stephen E. Silliman
Floyd Sippel	Stuart Smith, CGWP
Daniel Stephens	Ralph Taylor Jr., CWD
Keith Thompson	Therese Ure
Vincent Uhl, CPG, CPH	Albino Vasquez
Ingrid Verstraeten	Eduardo Villarreal
Mary Waldo, Ph.D	Jaynie Whinnery, BSME
Tami Woolfe	Lei Yang, Ph.D, PE

Photos / images :

National Ground Water Research & Education Foundation
 Robert Wright, Orthodox Presbyterian Uganda Mission
 Pedro J. de Velasco R. S.J.
 Luis Antonio Domínguez Hernández
 W. Richard Laton, PhD, PG, CHG, CPG
 Google Images
 Stephen J. Schneider, BSME, MGWC
 United States Geological Society

Des ébauches de ces directives ont été diffusées à des milliers de personnes outre leur soumission à discussion ou ont été utilisées à l'occasion de nombreuses conférences (voir Préface). L'auteur principal reconnaît que d'autres personnes ont fourni des informations et des commentaires. Toutefois, leurs noms n'ont pas été documentés à tous les événements. Il présente ses sincères excuses à toute personne ou groupe qu'il aurait omis de reconnaître ou qu'il aurait mal reconnu par inadvertance.

Remerciements particuliers à :

Mon épouse Miriam – Son soutien enthousiaste, sa participation et sa conviction ont contribué à la réalisation de la première édition – ainsi qu'aux éditions suivantes – de ce guide.

Luis G. Verplancken, S.J. (décédé), à ceux qui continuent de poursuivre sa vision et les Tarahumaras à qui ils se sont dévoués et à qui ils se dévouent encore – Ils continuent de m'inspirer.

Stephen J. Schneider, Principal Author & Editor
 steve@schneiderwater.com

PRÉFACE

Des exposés présentés par des personnes travaillant dans les pays en voie de développement ont engendré d'autres discussions lors de l'Expo 2008 de la National Ground Water Association (NGWA), sur le besoin d'une standardisation.

Ces discussions ont abouti à l'élaboration d'un avant-projet de guide (à l'origine désignés comme standards) pour les forages d'approvisionnement en eau et leurs superstructures destinés aux pays en voie de développement.

La version initiale de ce guide fut présenté pour la première fois pour observations et commentaires lors de la conférence *Groundwater for the Americas* en juin 2009 à Panama City, au Panama où le concept et la version initiale du document ont suscité beaucoup d'intérêt.

Les versions suivantes ont été présentées pour examen et commentaires en :

- Octobre 2009, à l'occasion de l'*International WaTER Conference, University of Oklahoma*, Norman, OK
- Décembre 2009, lors de l'Expo NGWA à New Orleans, LA
- Novembre 2010, lors de la conférence annuelle de l'*American Water Resources Association (AWRA)* à Philadelphie, PA.

Des contributions considérables, si bien nationales qu'internationales, ont résulté de ces conférences, des échanges par e-mail, ou à travers le Web et d'autres discussions et commentaires. Le document a pu être finalisé et la 1^e édition a été publiée en octobre 2011. Il fut présenté pour la première fois en 2011 lors de l'*International WaTER Conference* à Norman, OK.

La première édition a été accueillie avec enthousiasme. De nombreux commentaires constructifs ont ensuite été fournis résultants de la 2^e édition (2012). D'autres idées et commentaires ont conduit à cette 3^e édition, surtout depuis la 36^e conférence internationale WEDC à Nakuru, au Kenya en 2013. Nous espérons et nous attendons que des commentaires et suggestions continuent de nous parvenir, ce qui donnera lieu à d'autres améliorations.

Ces directives sur les forages sont destinées à soutenir ceux qui travaillent avec les systèmes d'eaux souterraines dans les pays en voie de développement.

Le document est un outil de référence, éducatif et administratif spécialement conçu pour les personnes qui sont étroitement impliquées dans l'amélioration de la qualité et la quantité de l'eau dans les pays en voie de développement.

Les soutiens apportés par les organisations gouvernementales et non gouvernementales (ONG), en particulier celles participant à l'amélioration de la qualité et de la quantité d'eau potable dans les pays en voie de développement, sont encouragés.

TABLE DES MATIÈRES

1	Objectif & utilisation	1
2	Disponibilité des eaux souterraines	4
3	Coûts et avantages	5
4	Définitions.....	6
5	Localisation du forage	9
6	Méthodes de forage.....	11
7	Produits de forage.....	12
8	Étanchéité de la surface annulaire du forage	13
9	Mélange des aquifères et fuite	27
10	Cuvelage et tubages	27
11	Autres matériaux du forage	33
12	Verticalité et alignement	33
13	Développement du forage	34
14	Aménagements de surface	34
15	Désinfection	35
16	Tests.....	37
17	Désaffectation d'un	40
18	Documentation.....	42
19	Sécurité du personnel	47
	Annexe I – Concevoir un plan du massif filtrant	48
	Annexe II – Concevoir un plan du forage : avantages et inconvénients	52
	Références et ressources.....	54
	À propos de l’auteur & du rédacteur principal.....	55

1 OBJECTIF & UTILISATION

Ces directives sont considérées comme des exigences minimales en matière de protection de base des ressources en eaux souterraines et concernant l'hygiène et la sécurité de ceux qui développent et utilisent les ressources. Ces directives visent à répondre aux problèmes liés à la construction d'un forage d'approvisionnement en eau, au matériel de pompage et à la maintenance. Les forages d'approvisionnement en eau comprennent les forages destinés à l'usage domestique, municipal, communautaire, industriel, commercial, ainsi qu'à l'irrigation et/ou à l'utilisation d'approvisionnement en eau du bétail en plus des puits de stockage et de récupération d'eau dans les aquifères. Ces directives sont encouragées à servir d'outil d'instruction et de formation ainsi que de guide de terrain à usage courant pour ceux qui effectuent le travail.

Ces directives peuvent également servir de base pour établir des normes nationales, régionales ou locales dans les régions où il n'existe pas de normes ou quand celles-ci sont très limitées. A la page 54, la référence No. 4 est donnée comme exemple de standards pour les forages. Ce guide peut également servir à l'établissement de spécifications techniques dans les appels d'offre ainsi qu'aux accords hydrophilanthropes.

Ce document n'est pas destiné à inclure ou à limiter les moyens innombrables, les méthodes et conceptions de travail, sauf le cas échéant, dans des situations particulières. Il appartient aux responsables de la construction de déterminer les moyens, les méthodes et la conception qui s'imposent. Cependant, ce guide n'encourage pas la construction des puits ouverts, étant donné qu'il n'existe pas de consensus solides quant à la pertinence de ce type d'ouvrage. Les puits excavés ou creusés à la main sont sources de préoccupations importantes pour la sécurité des personnes impliquées dans la construction, l'entretien et l'utilisation de ces puits.

En outre, la difficulté de construire et de maintenir un système d'approvisionnement sain, exempt d'agents pathogènes nocifs en utilisant les puits ouverts, va à l'encontre des bonnes pratiques, sauf s'il n'existe pas une solution alternative raisonnable.

Dans ces situations, la construction de ces puits devrait être considérée comme une pratique préliminaire ou temporaire, sauf s'ils sont construits conformément aux recommandations de ce document.

La construction de forage d'eau n'est pas un travail d'amateur.

Il est toujours recommandé, autant que faire se peut, que des gens, des entreprises ou des organismes sur place suffisamment qualifiés et de bonne réputation soient encouragés à effectuer des travaux sur lesquels porte ce document. Toutefois, lorsque ces personnes ou entités ne sont pas disponibles, ce guide peut être utilisé pour aider à la formation de citoyens locaux afin qu'ils deviennent des prestataires de services qualifiés. Il devrait également être mis à la disposition de ceux qui utilisent les systèmes d'alimentation en eau souterraine comme un guide pour faciliter, à long terme, l'utilisation sûre et saine des ressources en eaux souterraines ainsi que leur protection.

S'il existe des normes, des règles ou des lois en vigueur et applicables par d'autres autorités, les critères les plus restrictifs pour chaque exigence doivent être respectés. Ces directives ne sont pas destinées à remplacer les lois ou normes locales, municipales, provinciales, nationales ou autres ; elles sont destinées à compléter ces lois ou normes, ou en l'absence de celles-ci, à être considérées comme la norme minimale. Le respect doit être accordé à toutes les licences, les permis, les constructions et aux autres lois applicables dans chaque zone de chaque pays.

Ces directives sont rédigées en utilisant une formulation qui propose davantage une recommandation qu'une obligation. Par exemple, vous remarquerez l'utilisation de « devrait » pour la plupart des besoins. Ce choix a été posé parce que dans de nombreuses zones rurales non développées, la disponibilité des matières mentionnées dans ce document ou le coût de la conformité peuvent être inappropriés si l'on considère les vies qui sont en jeu. Si on souhaite suivre ces directives comme une exigence impérative, il conviendra de remplacer « doit ou « doivent » par « devrait » ou « devraient ».

Référez-vous aux définitions de l'article 4, pages 7 et 8. Pour une publication utilisant le langage strictement approprié, contactez l'auteur principal.

CYCLE HYDROLOGIQUE

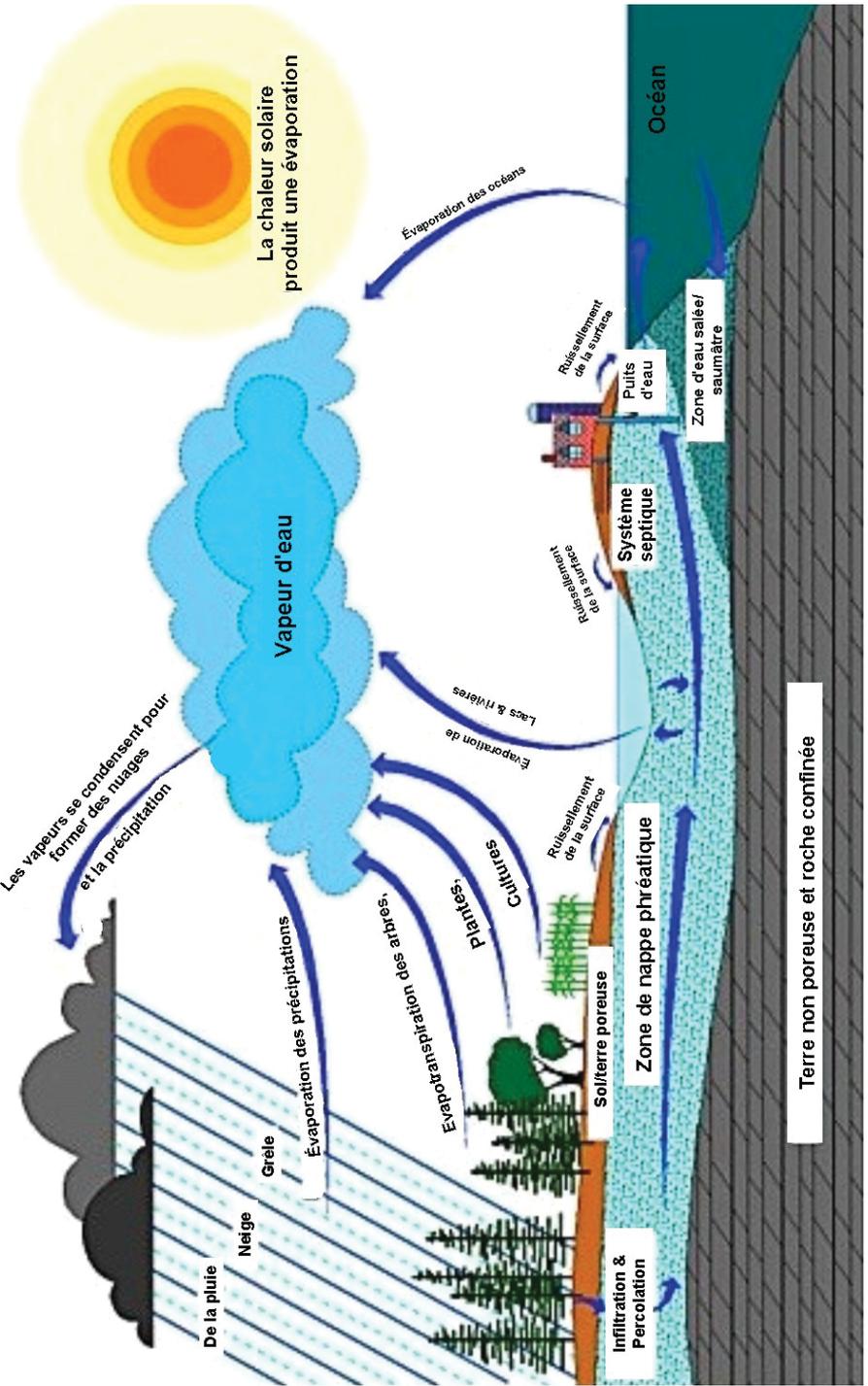


FIGURE 1

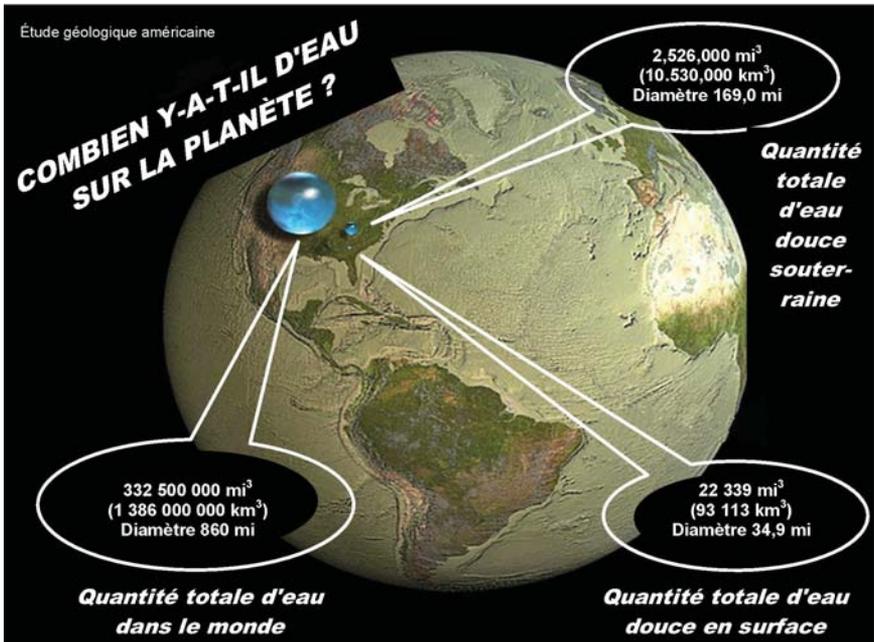
2 DISPONIBILITÉ DES EAUX SOUTERRAINES

L'eau est en mouvement perpétuel, comme exposé par l'illustration du cycle hydrologique (Figure 1). Notre planète possède la même quantité d'eau aujourd'hui qu'elle n'en possédait hier et n'en possédera demain. L'eau est recyclée naturellement par la nature en dépit de son constant détournement, de son utilisation et de la dégradation de sa qualité par l'homme. La terre agit souvent comme un filtre naturel pour une grande partie de l'eau douce de la planète, en particulier pour filtrer les agents pathogènes les plus nocifs.

La plupart de l'eau liquide sur terre est salée ; moins d'1 % de toute l'eau de la planète est considérée comme eau douce (Figure 2). Cependant, il peut être surprenant de constater que sur la totalité des eaux douces de la planète, il existe 100 fois plus d'eaux douces sous la terre qu'en surface.

Avec l'épuisement des réserves disponibles d'eau douce en surface qui contiennent souvent des agents pathogènes nocifs ou des produits chimiques, les eaux souterraines portent en elles la promesse de nos futurs approvisionnements.

FIGURE 2



3 COÛTS ET AVANTAGES

En 2012, J. Whinnery (référence n° 6 de la page 54) a développé une analyse coûts-avantages (ACA) qui a comparé ces critères sur des forages correctement achevés par rapport à ceux dont les finitions avaient été négligées. L'ACA a révélé ce qui suit :

- Un système d'approvisionnement bien construit, exploité et entretenu fournit près de 40 fois plus d'avantages que de coûts.
- Approximativement 5 fois plus de valeurs nettes sont réalisées du seul fait de la mise en œuvre d'un programme de fonctionnement et d'entretien (Maintenance Program ou O&M).
- Les forages fournissant une eau localisée de mauvaise qualité ne devraient pas être considérés comme acceptables. La construction de tels forages aboutit à une valeur négative, c'est-à-dire qu'elle génère plus de coûts que de bénéfices (un rapport bénéfice-coût inférieur à 1).
- Un forage correctement construit aura au moins 3 fois plus de valeur nette qu'un forage dont la construction est de qualité inférieure. Le multiplicateur tend vers l'infini si la qualité de l'eau a également été compromise dans le forage de qualité inférieure.
- Une construction de qualité inférieure qui aboutit à la contamination des eaux souterraines ou à l'endommagement des aquifères ne devrait pas être considérée comme acceptable.

Bien que cela ne soit pas spécifiquement analysé à l'ACA, il peut être déduit que la construction de forage qui compromet la qualité des aquifères ou qui entraîne la perte de pression dans les aquifères (par exemple, le mélange des nappes phréatiques ou une pression artésienne incontrôlée), aura des impacts négatifs qui se traduira par une réduction des grands avantages, en plus des coûts supplémentaires de réparation ou des mesures d'atténuation. Ces impacts négatifs aboutiront très certainement à une valeur nette négative.

4 DÉFINITIONS

Aquifère : Formation géologique, groupe de formations, ou partie d'une formation contenant un matériau saturé et perméable capable de transmettre l'eau en quantité suffisante pour approvisionner des forages ou des sources et contenant une eau similaire dans toutes ses caractéristiques telle que le niveau piézométrique, les caractéristiques chimiques et la température.

Aquifère artésien : Un aquifère confiné dans lequel l'eau souterraine s'élève au-dessus du niveau auquel il a été rencontré, indépendamment que l'eau s'écoule à la surface du terrain ou pas.

Annulus : L'espace entre le diamètre extérieur d'un tubage ou d'un cuvelage et la paroi du trou de forage ou le diamètre intérieur d'un autre tubage ou cuvelage. Il est synonyme de l'espace annulaire.

Cuvelage : Tuyau dans le forage ne faisant pas partie d'une pompe, mais qui sert à garnir la parois du forage pour éviter son effondrement. Un joint d'étanchéité annulaire n'est jamais placé autour d'un cuvelage.

Devra/Devront : Signifie que la déclaration utilisée exprime une condition obligatoire ou une obligation qui ne permet aucune exception.

Devrait/Devraient : Signifie que la déclaration utilisée exprime une exigence ou une obligation qui prévoit une exception uniquement si des conditions extrêmes le justifient.

Doit/Doivent : Signifie que la déclaration utilisée exprime une condition obligatoire ou une obligation qui ne permet aucune exception.

Eau potable : Eau suffisamment sûre pour être consommée par les humains et comportant un risque faible de préjudice immédiat ou à long terme.

Entrée d'eau du forage : Crépine ou intervalle perforé d'un forage, conçu pour permettre à l'eau d'y pénétrer.

Fluide de forage : Eau, air ou boue (avec ou sans additifs) injecté au fond du trou pendant la réalisation du forage. Les fonctions du fluide

de forage consistent à stabiliser le trou, transporter ou contenir temporairement les déblais, refroidir le trépan de forage.

Forage/Puits : Toute ouverture artificielle ou naturelle modifiée artificiellement, mais néanmoins réalisée, par laquelle l'eau souterraine est recherchée ou à travers laquelle cette dernière s'écoule sous la pression naturelle ou est artificiellement retirée ou injectée. Normalement les forages sont de petits diamètres et les puits sont assez large afin de permettre à un puisatier de rentrer pour les cruser.

Formation consolidée : Matériaux qui sont devenus fermes et homogènes à travers des processus naturels de formation de roche. Ceux-ci incluent, sans s'y limiter, le basalte, le grès, l'argilite, le schiste, le calcaire, la dolomite et le granit.

Formation non consolidée : Sédiment qui se produit naturellement, vaguement cimenté ou peu induré, comprenant l'argile, le sable, le limon et le gravier.

Hauteur piézométrique : Niveau atteint par la nappe sous l'effet de la pression. Elle est habituellement exprimée en mètres [pieds].

Massif filtrant : Sable, gravier ou matériau fabriqué (par exemple, des billes de verre) placé entre la paroi du trou du forage et la crépine afin de filtrer l'eau et empêcher l'admission des matériaux dans le forage. Le massif filtrant devrait être propre, bien arrondi et uniformément en matériau siliceux. Voir l'annexe I.

Melange: Ecoulement ou fuite des eaux souterraines à partir d'un forage (ex: par le casing, le liner, la crépine ou l'espace annulaire entre le tubage et le trou) d'un aquifer à un autre aquifer, par l'effet de la gravité ou la pression artésienne.

Niveau statique de l'eau (NSE): Niveau de l'eau dans un ouvrage qui n'est pas affecté par l'exploitation des eaux souterraines. Les effets de l'exploitation de la nappe incluent le pompage à partir des autres forages, l'écoulement des eaux à partir des forages artésiens et la remontée à la fin du pompage. Le NSE est généralement exprimé en mètres [pieds]

en dessous d'un point spécifique, tel que le haut du tubage ou la surface du sol. Pour les forages artésiens jaillissants, il peut être exprimé sous forme de pression (kPa) ou mesuré de la surface du sol au sommet de l'eau.

Perméabilité : Aptitude d'une formation à transmettre de l'eau.

Peut/Peuvent : Signifie que la déclaration utilisée exprime une spécification qui est suggestive, optionnelle et non obligatoire.

Remblai : Matériau non organique placée à un endroit du forage ou dans l'espace annulaire mais qui n'est pas un joint d'étanchéité, ni massif filtrant, ni un stabilisateur de formation. Il peut être utilisé pour fournir un support temporaire ou permanent aux tubages du forage, au cuvelage ou casing, au massif filtrant ou le stabilisateur de formation ou au joint d'étanchéité. Le remblai peut également servir de barrière pour éviter la fuite d'un produit d'étanchéité liquide avant qu'il ne se solidifie.

Stabilisateur de formation : Sable ou gravier placé dans l'espace annulaire du forage entre la paroi du trou et l'entrée d'eau du forage pour apporter un soutien temporaire ou de longue durée au trou de forage. Le stabilisateur de formation n'est pas conçu pour empêcher le matériau de formation de pénétrer dans le forage par l'entrée d'eau de ce dernier.

Surface piézométrique : Surface imaginaire représentant le niveau qu'atteindra la nappe dans un forage résultant de la pression sous laquelle elle est soumise dans l'aquifère.

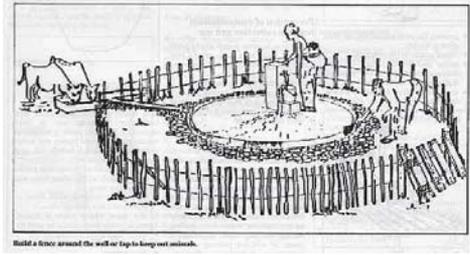
Transmissivité : Vitesse à laquelle l'eau est transmise par une unité de largeur de l'aquifère sous un gradient hydraulique.

Tubage : Tuyau permanent faisant parti du forage et débordant au dessus du sol, autour duquel est placé un joint annulaire. Le tubage d'un forage peut comporter plusieurs diamètres reliés a des réducteurs par soudage, par filetage, par collage ou au minimum deux mètres de chevauchement si la jonction est au dessus du niveau statique de l'eau.

5 LOCALISATION DU FORAGE

Chaque forage devrait être situé dans une zone qui se trouve à :

- au moins 30 mètres [98 pieds] de toute zone d'élimination de déchets humains (par exemple, fosse septique, latrines),
- au moins 15 mètres [49 pieds] des aires de dépôt d'aliment ou d'évacuation des eaux usées (exemple : cuisines et/ou zones d'évacuation des eaux de lessive),
- au moins 30 mètres [98 pieds] de toute zone d'alimentation d'animaux confinés, d'hébergement d'animaux ou de stockage de fumier, et
- au moins 150 mètres [492 pieds] de toute décharge de déchets solides (décharge public) ou de déchets chimiques ou d'une zone d'élimination de déchet industriel.



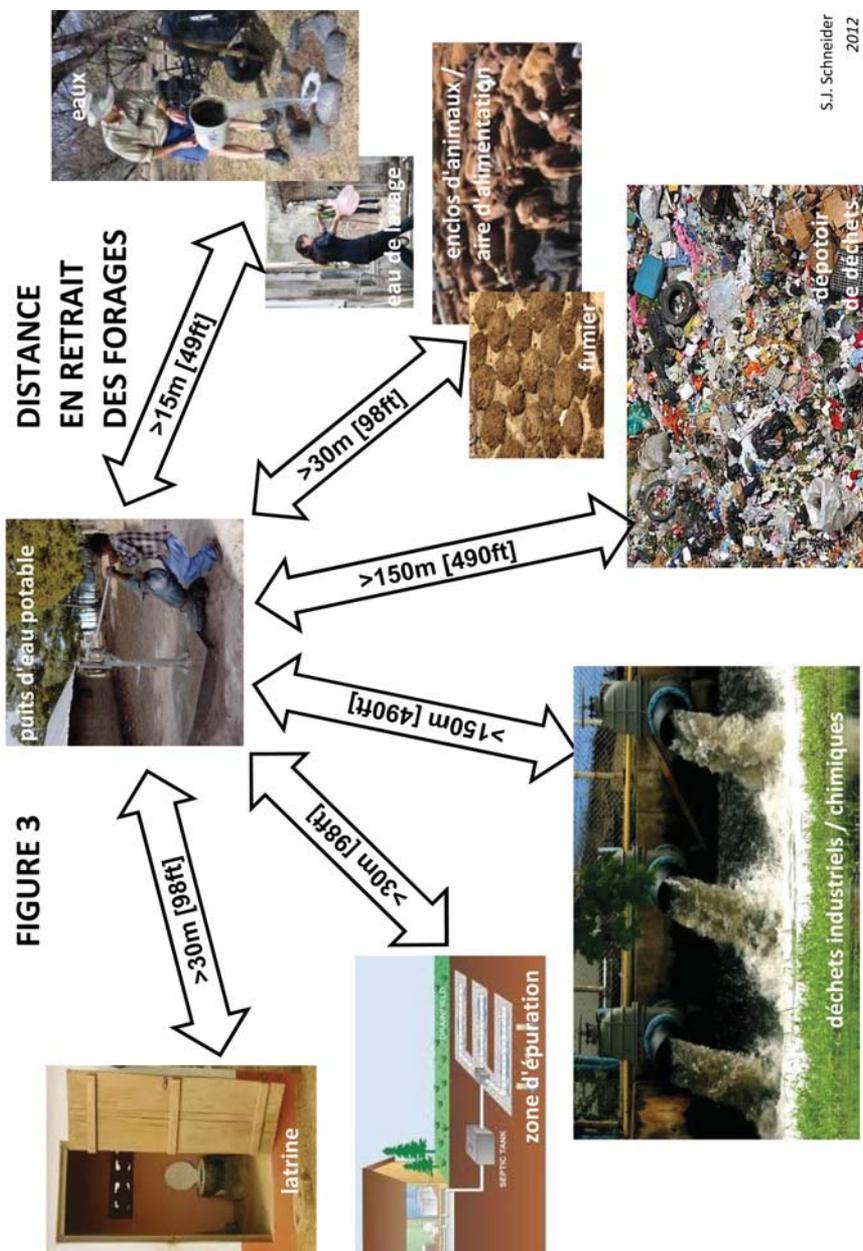
Voir Figure 3, page 10.

En outre, chaque forage devrait être situé dans une zone qui est :

- dans la mesure du possible, en amont des zones précédemment citées (au point le plus élevé du terrain, ou, si la direction d'écoulement des eaux souterraines est connue, au point du toit de la nappe le plus élevé),



Eau de surface entrant dans un puits traditionnel.



- raisonnablement accessible aux bénéficiaires s'il est aussi le point de distribution d'eau pour les particuliers,
- protégé de la pollution provenant des animaux en divagation,
- en dehors des plaines inondables et des zones sujettes aux inondations régulières causées par la ruissellement des eaux pluviales de surface (par exemple, s'il est établi en dehors d'une plaine inondable depuis 100 ans sans autres critères spécifiés ci-après), sauf si le forage a un joint de surface annulaire plus large que celui spécifié ici et que son tubage est prolongé au-dessus du niveau de crues connu comme étant le plus élevé,
- à proximité d'une source d'alimentation électrique si le forage doit être raccordé à une pompe électrique,
- raisonnablement disponible pour l'entretien ultérieur du forage, et
- protégée contre le vandalisme.



6 MÉTHODES DE FORAGE

Il existe une variété de techniques de construction de forage disponibles. La méthode à utiliser doit prendre en considération l'équipement disponible, les compétences du personnel, la conception du forage et la géologie. Pour plus de détails à ce sujet, un professionnel (par exemple, un foreur licencié ou certifié ou un hydrogéologue ou un ingénieur qualifié et expérimenté dans les techniques de construction des forages et de la conception) devrait être employé pour aider à déterminer la conception du forage, les méthodes de construction, et le choix des équipements. Encore une fois, **ce domaine n'est pas réservé aux amateurs**. Les méthodes de forage courantes utilisées aujourd'hui comprennent :

- Le forage au câble (percussion)
- Le rotary à air comprimé
- Le rotary à la boue
- Le forage à la tarière
- Le rotary à circulation inverse

Des variations et des combinaisons de ces méthodes sont souvent utilisées dans la construction d'un forage.

La plupart des méthodes sont mécanisées; néanmoins, les techniques de forage manuel appliquant une ou plusieurs des méthodes ci-dessus sont parfois utilisées pour la construction de forages peu profonds généralement dans des formations favorables non consolidées. Le forage manuel ne doit pas être confondu avec le creusage à la main ou l'excavation des puits. Le forage manuel est un procédé de forage dans lequel l'action de forage (par exemple, rotation, soulèvement ou rabaissement de la tarière) est effectué par des individus et non par la machine. Le forage manuel exige que les travailleurs soient en excellente condition physique et bien formés à la technique utilisée.

7 PRODUITS DE FORAGE

L'introduction de contaminants pendant la construction d'un forage pose toujours un problème.

L'eau utilisée dans la construction d'un forage doit être potable. Si une source d'eau potable n'est pas disponible, l'eau de la construction doit être désinfectée avant d'être utilisée.



Le forage doit être protégé des eaux de ruissellement qui pourraient y pénétrer au cours de la construction.

Les matériaux organiques de toute nature ne doivent pas être utilisés comme partie d'un fluide de forage ou pour empêcher la perte d'eau, etc. Ceci inclut, mais n'est pas limité aux :

- déchets animaux (par exemple la bouse de vache),
- compost ou terre contenant des racines ou autres types de végétation,
- noix ou coques,
- produits du bois, et
- produits à base de pétrole.

Si des pertes de circulation de fluide de forage sont constatées, il existe sur le marché des produits inertes appropriés. Un agrégat minéral inerte peut également contrôler de façon satisfaisante une zone de perte de circulation. Souvent, un changement de méthode de forage est nécessaire (par exemple en utilisant une méthode qui favorise l'utilisation du tubage en cours de forage).

8 ÉTANCHÉITÉ DE LA SURFACE ANNULAIRE DU FORAGE

Chaque forage **doit** avoir un joint de surface annulaire entourant le tubage permanent pour empêcher les contaminants peu profonds et de surface de pénétrer dans le forage. Le joint doit s'étendre à au moins 5 mètres [16,4 pieds] sous la surface du sol ou au-dessus de l'aquifère visé si la partie supérieure de l'aquifère se trouve à moins de 5 mètres [16,4 pieds] sous la surface du sol. Il faut savoir que les nappes phréatiques inférieures à 5 mètres [16,4 pieds] sont beaucoup plus sujettes à la contamination et, dans la mesure du possible, une source plus profonde devrait être recherchée.

Une profondeur d'étanchéité supplémentaire peut être nécessaire pour :

- **empêcher le mélange des aquifères (voir la section 9, à la page 27),**
- **contrôler de manière satisfaisante les fuites des conditions des aquifères artésiens à l'intérieur ou à la surface d'un forage, ou**
- **empêcher correctement les contaminants de pénétrer dans un forage.**

En plus de ce qui précède, les joints de surface annulaires devraient dépasser d'au moins 1,5 mètres [4,9 pieds] dans une formation de très faible perméabilité (c'est-à-dire l'argile, roche résistante) située en dessous de 5 mètres [16,4 pieds], le cas échéant. Ceci est particulièrement important pour une zone sujette aux inondations. Si une formation de faible perméabilité n'est pas présente, l'étanchéité doit répondre à la profondeur minimale mentionnée ci-dessus et s'étendre également au-dessous de la partie supérieure du niveau d'eau statique. La conception et la profondeur appropriée du joint d'étanchéité dépend souvent des conditions géologiques locales.

Le joint d'étanchéité de la surface annulaire est un des éléments les plus importants d'un forage. (voir les figures 4-9)

MATÉRIAUX D'ÉTANCHEITE – Les produits d'étanchéité ne doivent contenir aucune matière organique. Ils doivent avoir une très faible perméabilité. Parmi les matériaux d'étanchéité, on peut citer:

- **LE COULIS DE CIMENT** – Un mélange de ciment de Portland et d'eau aux proportions d'environ une part d'eau pour deux parts en poids de ciment (par exemple 21,5 kg [47 livres] ou 21,5 litres [5,7 gallons d'eau] pour 43 kg [94 livres] de ciment).
- **BENTONITE SOUS FORME DE GRAVILLONS** – Gravillons de sodium de bentonite, conditionnés pour le commerce, destinés pour l'étanchéité des forages. Les gravillons devraient avoir une taille nominale de 1 à 2 cm [$\frac{3}{8}$ - $\frac{1}{2}$ pouces].
- **LE BÉTON** – Un mélange de ciment de Portland, d'eau et d'agrégats. L'agrégat devrait être du sable et/ou du gravier propre. Sa taille devrait être inférieure à 2,5 cm [1 pouce]. Sa teneur en ciment devrait représenter au moins 15 % du poids.

Si les produits d'étanchéité mentionnés ci-dessus ne sont pas disponibles localement, des matériaux locaux devront être recherchés afin d'avoir le meilleur produit pouvant servir à créer une faible porosité, des matériaux non organiques pouvant être correctement placés dans l'espace annulaire, et qui ne retréciraient pas de façon mesurable. Le fluide de forage, les déblais de forage, ou une combinaison de ceux-ci ne doivent pas être considérés comme un produit d'étanchéité acceptable.

Tableau 1

DIAMÈTRES DE FORAGE MINIMUM POUR LES INTERVALLES DE JOINT ANNULAIRE

Critères	Matériaux D'étencheité								
	coulis de ciment	coulis de ciment	coulis de ciment	bentonite	bentonite	bentonite	bentonite	bentonite	béton
Diamètre de forage additionnel minimum (supérieur au plus grand diamètre extérieur du tubage ou ses raccords, ceinture ou autre jointures)	>4cm [>1,6in]	>8cm [>3in]	>4cm [>1,6in]	>8cm [>3in]	>8cm [>3in]	>8cm [>3in]	>8cm [>3in]	>8cm [>3in]	>20cm [>8in]
A. Profondeur de l'intervalle de joint en dessous de la surface du sol	<30m [98ft]	toute	toute	<30m [98ft]	<300m [980ft]	<300m [980ft]	<300m [980ft]	<300m [980ft]	toute
B. Eau dans l'intervalle de joint	non autorisé	autorisé	autorisé	non autorisé	non autorisé	non autorisé	non autorisé	<150m [<492ft]	non autorisé
C. Liquide de forage (boue) dans l'intervalle de joint	non autorisé	autorisé	autorisé	non autorisé	non autorisé	non autorisé	non autorisé	non autorisé	non autorisé
D. Conduite de coulis utilisée dans l'espace annulaire	non	oui	non	non applicable	non				
E. Mortier placé à travers le boîtier via des bouchons de cimentation pu une conduite de coulis	non	non	oui	non applicable	non				
F. Accouplement, lanterne ou autre dispositif circonférentiel utilisé sur le boîtier	autorisé	autorisé	autorisé	autorisé	non autorisé	autorisé	autorisé	non autorisé	autorisé

Le diamètre additionnel de l'intervalle de joint doit être compatible avec le scellant sélectionné et les critères A à F.

S.J. Schneider - 2012

MISE EN PLACE DU JOINT D'ÉTANCHEITÉ– Un trou de forage surdimensionné doit être construit pour contenir le matériau d'étanchéité. Le tubage doit être centré dans le trou de forage pour s'assurer que le joint l'entoure totalement dans tout l'intervalle d'étanchéité. Les types et les emplacements des dispositifs de centrage varient avec le matériau d'étanchéité utilisé, la profondeur de l'intervalle d'étanchéité et la méthode de mise en place du joint. La taille de l'espace annulaire dépend du matériau d'étanchéité, de la profondeur du joint d'étanchéité, de la façon dont le joint est placé, de la taille du tubage et du type de jonction des tubages (voir tableau 1, page 15) :

• **MISE EN PLACE DU COULIS DE CIMENT** – (voir les figures 4-9)

⇒ Le coulis de ciment peut être placé en le déversant depuis la surface à condition que :

- ◆ il ne soit pas placé dans l'eau stagnante ou un fluide de forage liquide comme de l'eau limoneuse ou de la boue,
- ◆ l'agrandissement du diamètre du forage soit supérieur d'au moins 4 cm au diamètre extérieur du tubage, ses points de raccordement, les réducteurs ou autres accessoires montés sur le tubage, dont le diamètre est le plus grand, et
- ◆ il soit placé à des profondeurs inférieures à 30 mètres [98 pieds].

⇒ Le coulis de ciment peut être placé dans de l'eau stagnante ou un fluide de forage, ou à des profondeurs supérieures à 30 mètres [98 pieds] quand il est placé par pompage à l'aide d'un tuyau à coulis (trémie) depuis la partie inférieure de l'intervalle d'étanchéité en remontant jusqu'à la surface. Les deux méthodes suivantes sont disponibles :

1. Le tuyau d'écoulement du coulis de ciment est placé dans l'espace annulaire. Le tuyau doit être immergé dans le coulis en tout temps pendant le pompage. Il doit être complètement retiré de l'annulus après la fin du placement du coulis. L'agrandissement du diamètre du forage devra être d'au moins 8 cm supérieur au diamètre extérieur du tubage ou ses points de raccordement, les réducteurs ou autres accessoires montés sur le tubage, dont le diamètre est le plus grand.

2. Tuyau du coulis de ciment placé à l'intérieur du tubage.
Cette méthode fait remonter le ciment à l'extérieur du tubage. Il existe plusieurs méthodes qui utilisent cette approche et elle ne devrait être utilisée qu'**avec une formation adéquate** et en tenant compte des conséquences qui pourraient subvenir (par exemple, si le coulis ne remonte pas à la surface avant son durcissement). L'élargissement du diamètre du forage dans la portion où le joint sera placé par cette méthode devra être d'au moins de 4 cm supérieur au diamètre du tubage ou ses points de raccordement, les réducteurs ou autres accessoires montés sur le tubage, dont le diamètre est le plus grand.

- **MISE EN PLACE DE BENTONITE SOUS FORME DE GRAVILLONS**–
(voir les figures 4-9)

⇒ S'il n'y a pas d'**eau ou de fluide de forage** dans l'espace annulaire, les gravillons de bentonite devraient être placés comme suit :

- a. Forer à un diamètre d'au moins 8 cm plus large que le diamètre extérieur du tubage ou ses points de raccordement, les réducteurs ou autres accessoires montés sur le tubage, dont le diamètre est le plus grand,
- b. Versez les gravillons de bentonite à partir de la surface à un rythme contrôlé ne dépassant pas 50 kg [110 livres] par minute,
- c. Vérifiez le haut du joint périodiquement pendant le placement pour vous assurer que les gravillons ne créent pas un blocage.
- d. Si le tubage a des connexions, réducteurs ou autres accessoires montés sur le tubage, éviter de placer le joint au delà de 30 mètres de profondeur, et
- e. S'il est utilisé des tubages dont les points de jonction sont du même diamètre extérieur et il n'y a pas d'accessoires montés sur le tubage, éviter de placer le joint au delà de 300 mètres de profondeur [980 pieds].

⇒ S'il y'a de l'eau **dans l'espace annulaire mais pas de boue de forage**, les gravillons de bentonite devraient être placés comme suit :

- a. Forer à un diamètre d'au moins 8 cm plus large que le tubage ou ses points de raccordement, les réducteurs ou autres accessoires montés sur le tubage, dont le diamètre est le plus grand,
- b. Tamisez les gravillons de bentonite lors de la pose pour enlever la poussière et les particules fines avec un tamis d'environ 6 mm [$\frac{1}{4}$ po] formé dans un demi-cercle et incliné



Gravillons de bentonite avant (à gauche) et après (à droite) hydratation initiale. Les gravillons de bentonite sont placés autour d'un tuyau blanc en PVC positionnés dans un tube en plastique transparent (pour une démonstration). Les gravillons sont retenus à l'aide d'un "shale trap".

vers l'espace annulaire du forage à un angle pour contrôler que le taux des gravillons n'excède pas 11 kg [24 livres] par minute,

c. S'il est utilisé un tubage comportant des raccords, réducteurs ou autres accessoires montés sur le tubage ne pas les placer au delà de 15 mètres sous l'eau, et

d. S'il est utilisé un tubage de même diamètre que les points de jonction sans accessoires montés sur le tubage, ne pas placer les gravillons au delà de 150 m sous l'eau.

⇒ Dans des environnements arides, la bentonite placée à 5 mètres [16 pieds] de la surface du terrain devrait être hydratée avec de l'eau propre et non contaminée peu de temps après sa mise en place.

⇒ Les gravillons de bentonite ne devraient pas être placés dans de l'eau ayant une teneur de solides totaux dissous (TDS) supérieur à 800 milligrammes par litre [parties par million], sans l'autorisation du fabricant.

- **Mise en place du BÉTON** – (voir les figures 4-9)

⇒ Le béton ne doit jamais être placé en présence d'eau stagnante à moins qu'il puisse être introduit à travers un tuyau de coulis (tremie), ce qui est souvent difficile à réaliser.

⇒ S'il n'y a pas d'eau ou d'autre fluide dans l'intervalle du joint d'étanchéité et que le béton est versé à partir de la surface, le diamètre du trou surdimensionné doit être au moins 20 cm [8 pouces] plus grand que le diamètre extérieur du tubage ou ses points de raccordement, les réducteurs ou autres accessoires montés sur le tubage, dont le diamètre est le plus grand.

Dans tous les cas de mise en place de joint d'étanchéité annulaire, la quantité de matériau d'étanchéité utilisée en réalité devrait être vérifiée comme étant suffisante pour remplir le volume de l'espace annulaire lorsqu'il est fermé (voir tableau 2).

TABLEAU 2 – VOLUMES ANNULAIRES

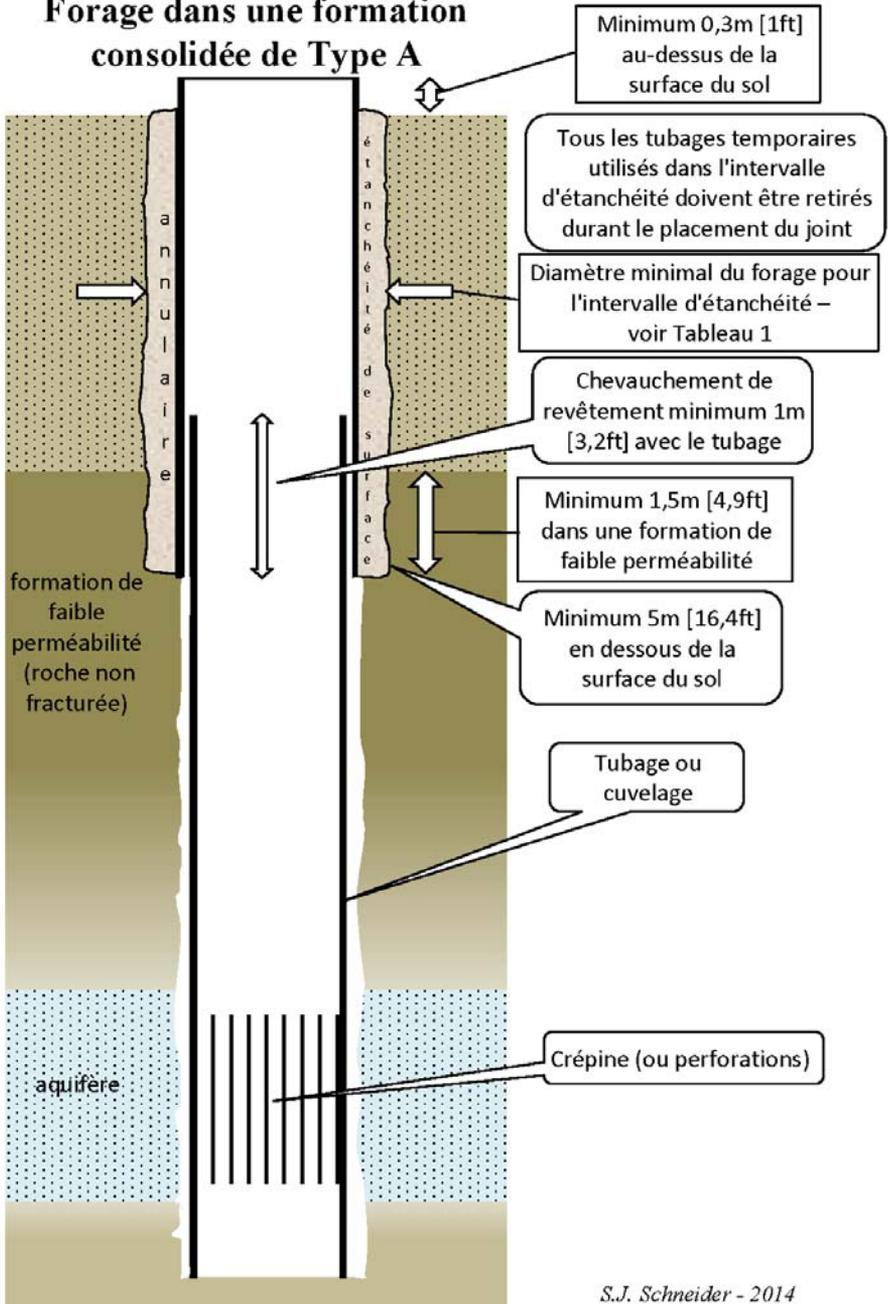
S.J. Schneider - 2012

Diamètre du forage (cm)		UNITÉS ISO (MÉTRIQUE)										
		Ciment pur : 1205 kg ciment sec/m ³ de coulis Gravillons de bentonite : 1080 kg/m ³										
		DIAMÈTRE EXTÉRIEUR DU TUBAGE (cm)										
		5	10	12	15	20	25	30	35	40	45	50
5	5	0.06	0.09	0.10	0.12	0.14	0.18	0.22	0.26	0.29	0.33	0.37
10	5	0.06	0.09	0.10	0.12	0.14	0.18	0.22	0.26	0.29	0.33	0.37
12	5	0.06	0.09	0.10	0.12	0.14	0.18	0.22	0.26	0.29	0.33	0.37
15	5	0.06	0.09	0.10	0.12	0.14	0.18	0.22	0.26	0.29	0.33	0.37
20	5	0.06	0.09	0.10	0.12	0.14	0.18	0.22	0.26	0.29	0.33	0.37
25	5	0.06	0.09	0.10	0.12	0.14	0.18	0.22	0.26	0.29	0.33	0.37
30	5	0.06	0.09	0.10	0.12	0.14	0.18	0.22	0.26	0.29	0.33	0.37
35	5	0.06	0.09	0.10	0.12	0.14	0.18	0.22	0.26	0.29	0.33	0.37
40	5	0.06	0.09	0.10	0.12	0.14	0.18	0.22	0.26	0.29	0.33	0.37
45	5	0.06	0.09	0.10	0.12	0.14	0.18	0.22	0.26	0.29	0.33	0.37
50	5	0.06	0.09	0.10	0.12	0.14	0.18	0.22	0.26	0.29	0.33	0.37
60	5	0.06	0.09	0.10	0.12	0.14	0.18	0.22	0.26	0.29	0.33	0.37
75	5	0.06	0.09	0.10	0.12	0.14	0.18	0.22	0.26	0.29	0.33	0.37
90	5	0.06	0.09	0.10	0.12	0.14	0.18	0.22	0.26	0.29	0.33	0.37
		VOLUME DE L'ESPACE ANNULAIRE (Mètres cubiques / Mètres de profondeur)										

Diamètre du forage (pouces)		UNITÉS ANGLAISES										
		Ciment pur : 76 lb ciment sec/ft ³ de coulis Gravillons de bentonite : 68 lb/ft ³										
		DIAMÈTRE EXTÉRIEUR DU TUBAGE (in)										
		2	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20
2	2	0.07	0.11	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
4	2	0.07	0.11	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
5	2	0.07	0.11	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
6	2	0.07	0.11	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
8	2	0.07	0.11	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
10	2	0.07	0.11	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
12	2	0.07	0.11	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
14	2	0.07	0.11	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
16	2	0.07	0.11	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
18	2	0.07	0.11	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
20	2	0.07	0.11	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
24	2	0.07	0.11	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
30	2	0.07	0.11	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
36	2	0.07	0.11	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
		VOLUME DE L'ESPACE ANNULAIRE (Pieds cubiques/ Pieds de profondeur)										

FIGURE 4

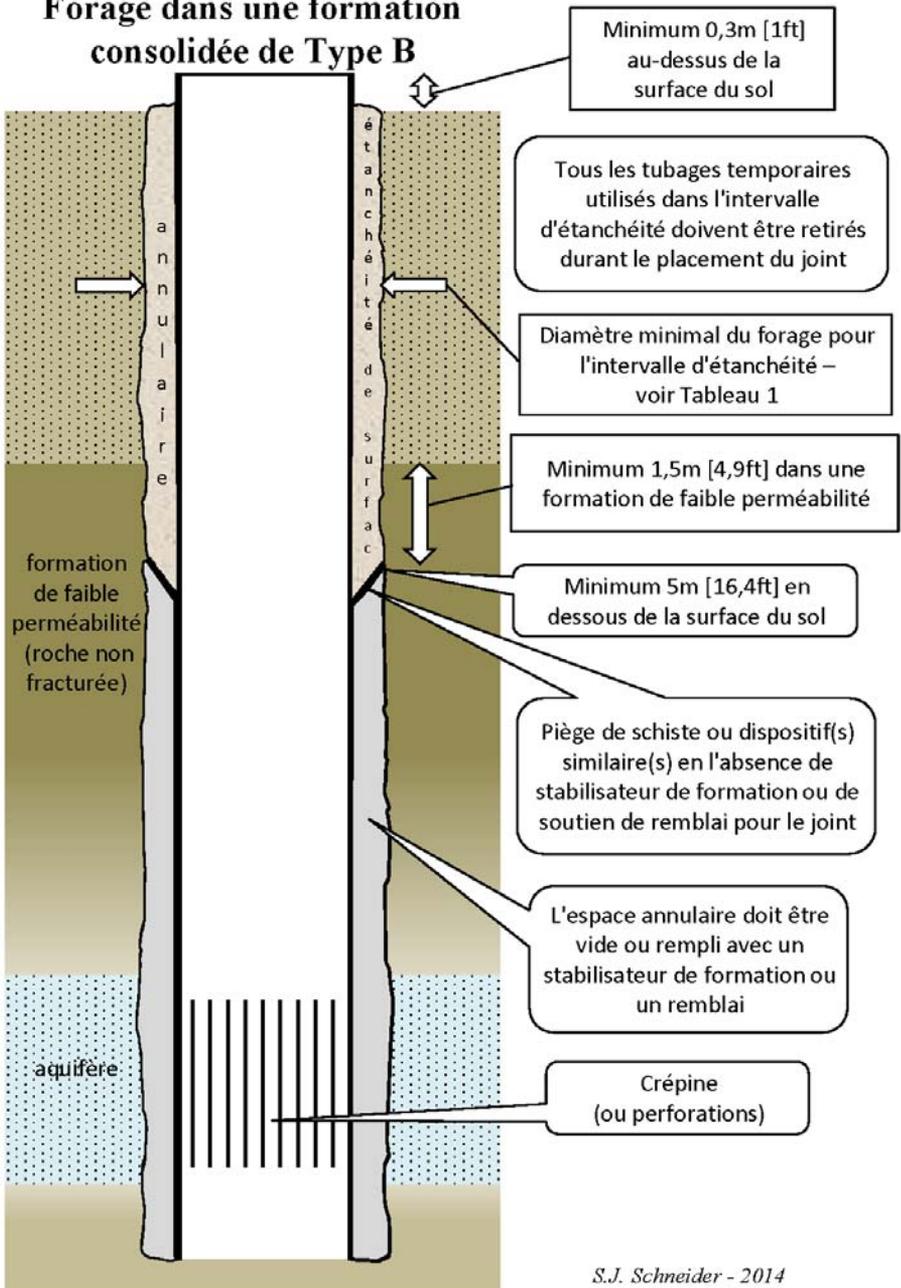
Forage dans une formation consolidée de Type A



S.J. Schneider - 2014

FIGURE 5

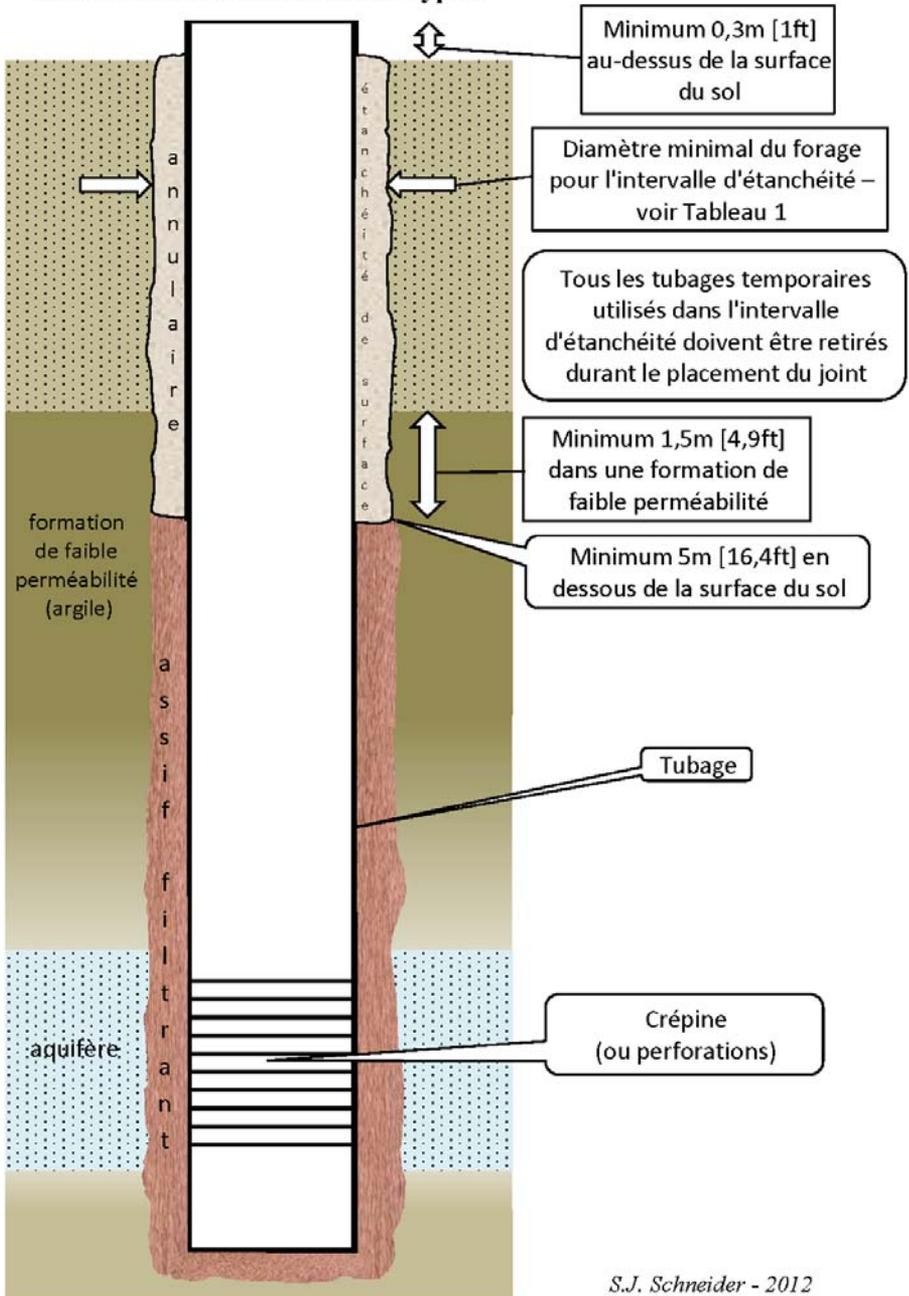
Forage dans une formation consolidée de Type B



S.J. Schneider - 2014

FIGURE 6

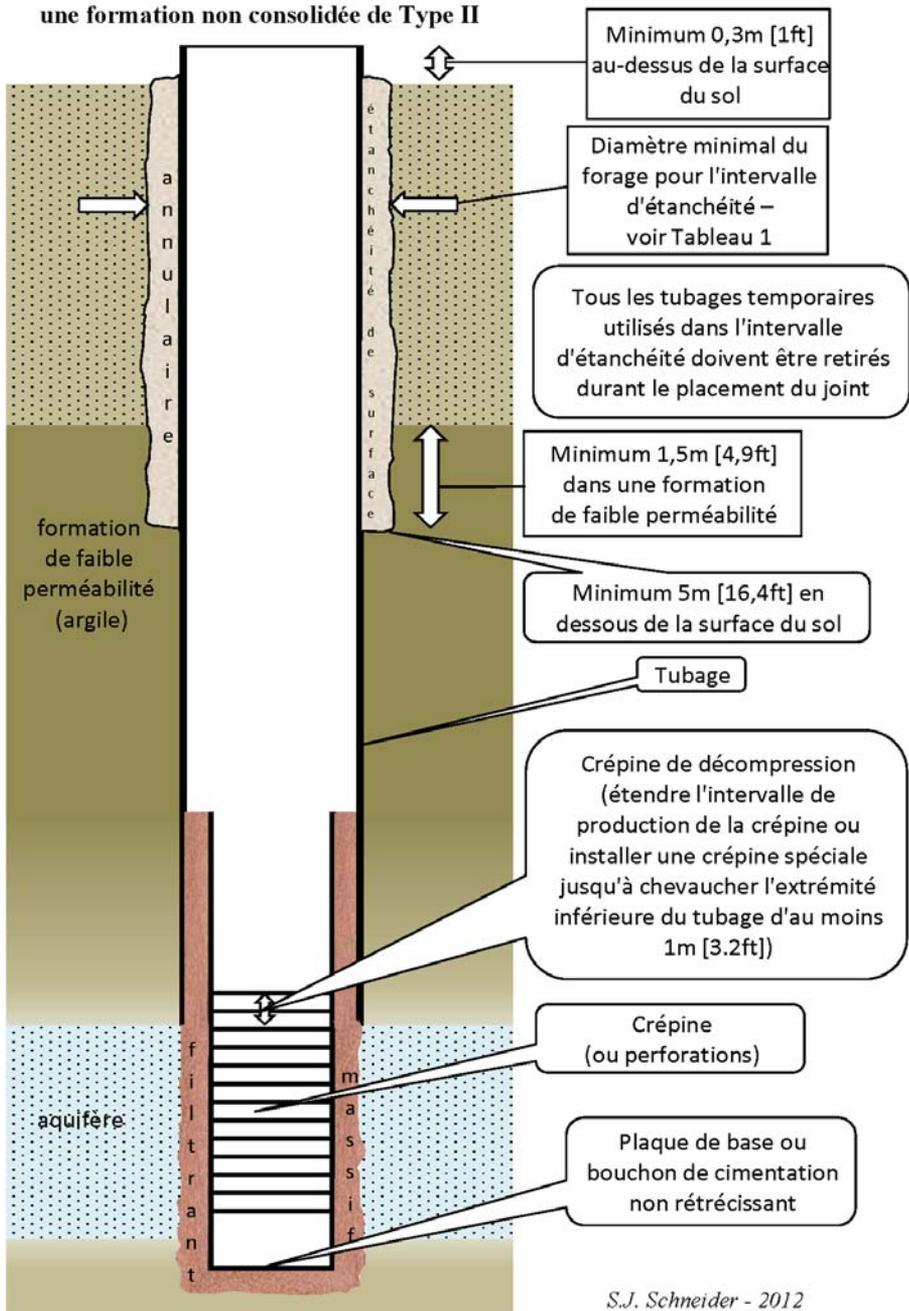
Forage équipé avec un massif filtrant dans une formation non consolidée de Type I



S.J. Schneider - 2012

FIGURE 7

Forage équipé avec un massif filtrant dans une formation non consolidée de Type II



S.J. Schneider - 2012

FIGURE 8

Forage équipé avec un massif filtrant dans une formation non consolidée de Type III

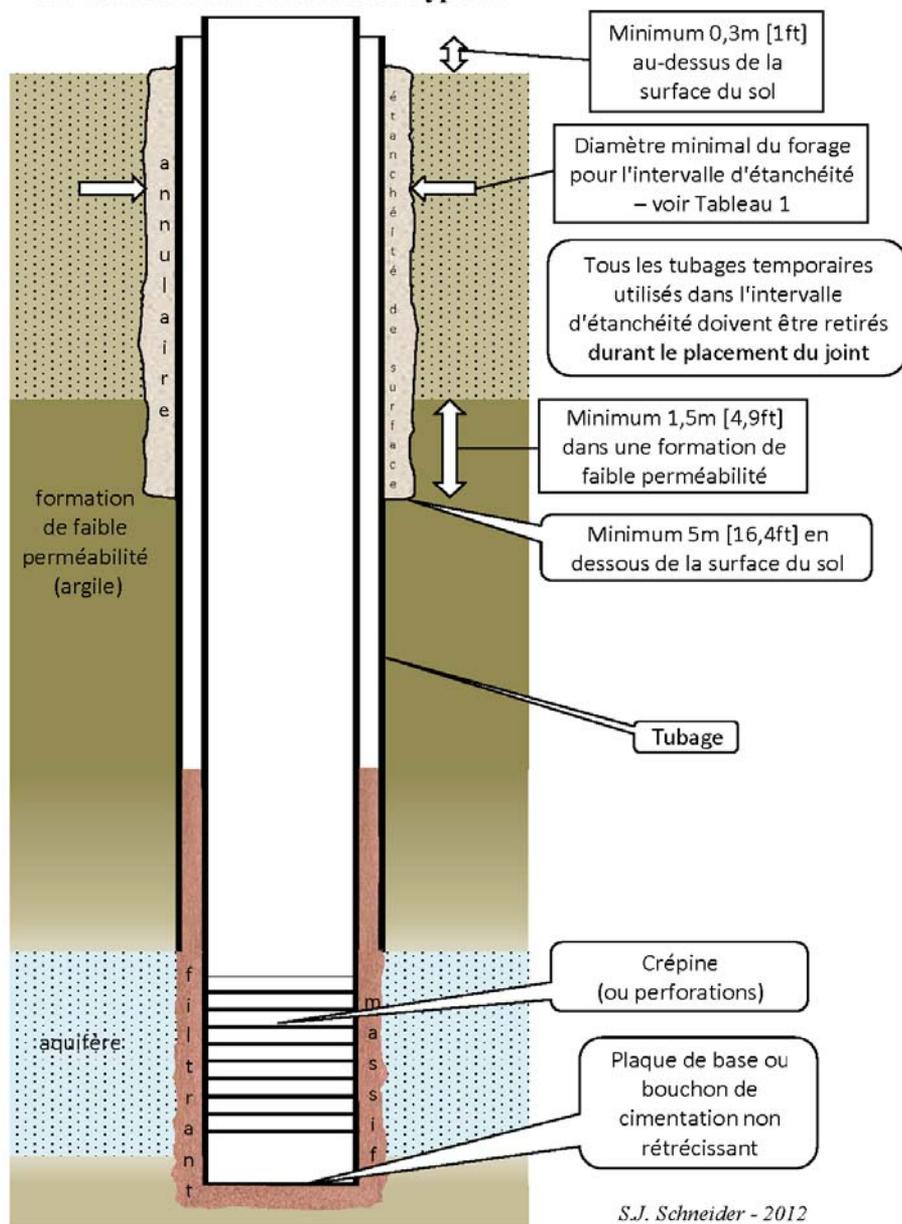
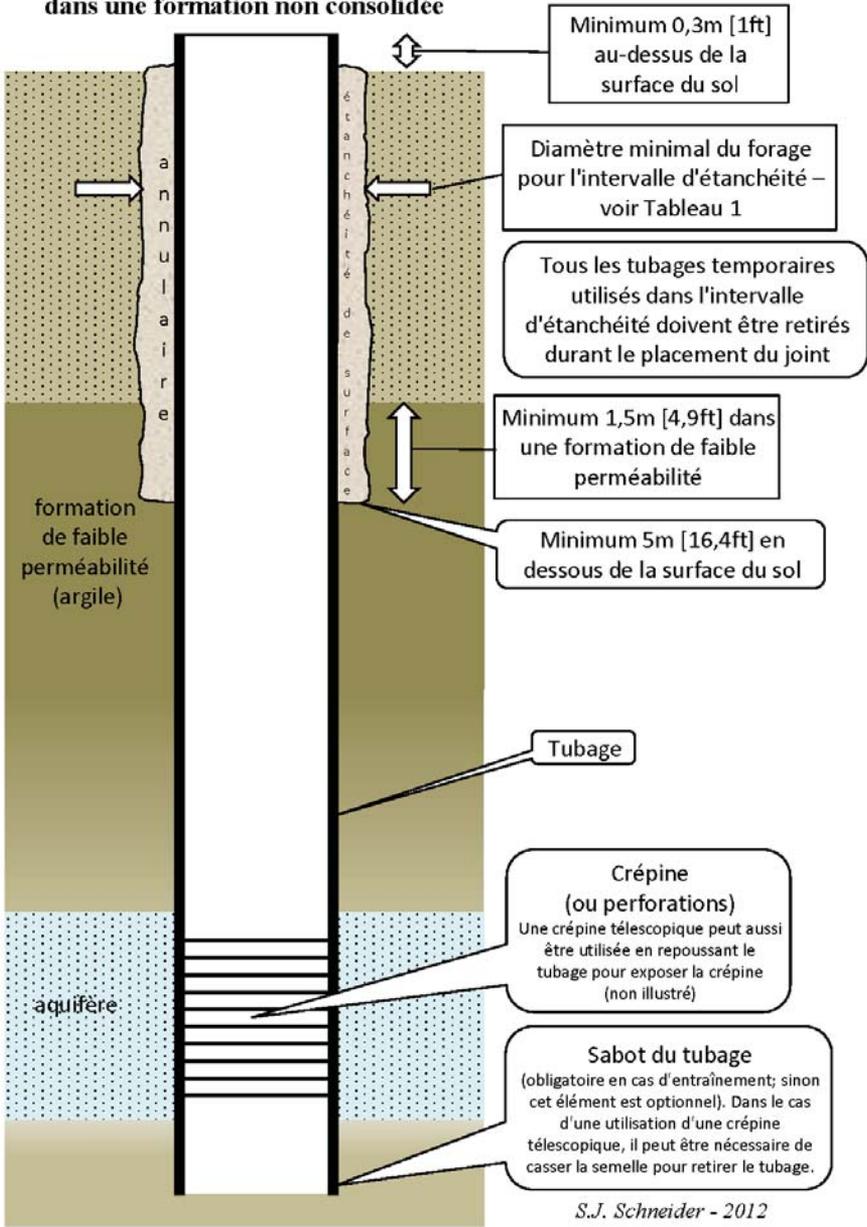


FIGURE 9

**Forage naturellement développé
dans une formation non consolidée**



S.J. Schneider - 2012

9 MÉLANGE DES AQUIFERES ET FUITE

Voir la section 4, pages 6 et 7, pour les définitions de l'aquifère, l'aquifère artésien, le mélange des aquifères et la hauteur piézométrique.

Quand plusieurs aquifères sont traversés pendant la réalisation d'un forage, ce dernier doit être construit de façon à éviter le mélange et la fuite des eaux souterraines par gravité ou par pression artésienne d'un aquifère à un autre ou d'un aquifère à une formation non saturée qui pourrait absorber l'eau sur une longue période. Cela permettra d'éviter la propagation des eaux contaminées ou de faible qualité à d'autres formations et éviter la baisse du niveau piézométrique des eaux dans les aquifères. Il ne devra y avoir ni de remontée ni de descente d'eau à partir du forage ni de l'intérieur, ni de l'extérieur du tubage ou du cuvelage quand le forage n'est pas exploité et les conditions de la nappe recouvertes. La prévention pourra s'effectuer par la prolongation du joint de surface ou la mise en place d'un joint d'étanchéité annulaire supplémentaire inférieur (voir Figures 11 et 12, page 31 et 32).

10 TUBAGE ET CUVELAGE

Voir la section 4, pages 6 et 7, pour les définitions de tubage et de cuvelage.

Les tubages et les cuvelages doivent être en PVC (chlorure de polyvinyle) ou en tuyau d'acier noir répondant aux spécifications du Tableau 3, page 30. Le tubage en PVC devrait être protégé contre l'exposition à long terme à la lumière du soleil (rayons ultraviolets). La protection peut comprendre un tubage externe de protection en acier, un recouvrement en béton (ou boîte de maçonnerie) et un couvercle, un édifice, une pompe, etc.

Tout tubage devrait être neuf ou comme neuf. Il devrait être nettoyé de tout contaminant et inspecté contre tout dommage mécanique, trous, usures, etc. Le tubage en PVC ne devrait jamais être installé par le battage. Si vous installez par le battage un tubage en acier, un sabot du tubage est recommandé.

Le diamètre du tubage et/ou du cuvelage devra être dimensionné pour faciliter l'installation des équipements de pompage. Généralement, le diamètre intérieur du tubage et cuvelage dans la chambre de pompage doit être plus grand d'au moins 1 cm [½ pouce] que la section la plus large des composants de la pompe si cette section mesure moins de 10 cm [3.9 pouces] de diamètre. Des dégagements plus larges sont toujours préférables et doivent être prévus pour les grosses pompes.

ATTENTION: Si le coulis de ciment d'étanchéité est utilisé autour d'un tubage en PVC, des précautions doivent être prises pour éviter l'exposition du PVC à l'excès de chaleur d'hydratation venant du durcissement du ciment qui peut déformer le tuyau de façon permanente.

Le coulis de ciment placé dans de trop vastes zones du forage (par exemple, des cavernes, cavités, zones d'érosion) entraînera une augmentation significative de la chaleur susceptible d'aboutir à cette situation, ce qui pourrait rendre le forage inutilisable et nécessiter son démantèlement. Si le tubage en PVC est scellé avec du ciment, de l'eau froide peut être diffusée dans le forage pendant le début du processus de durcissement (au moins 24 heures)

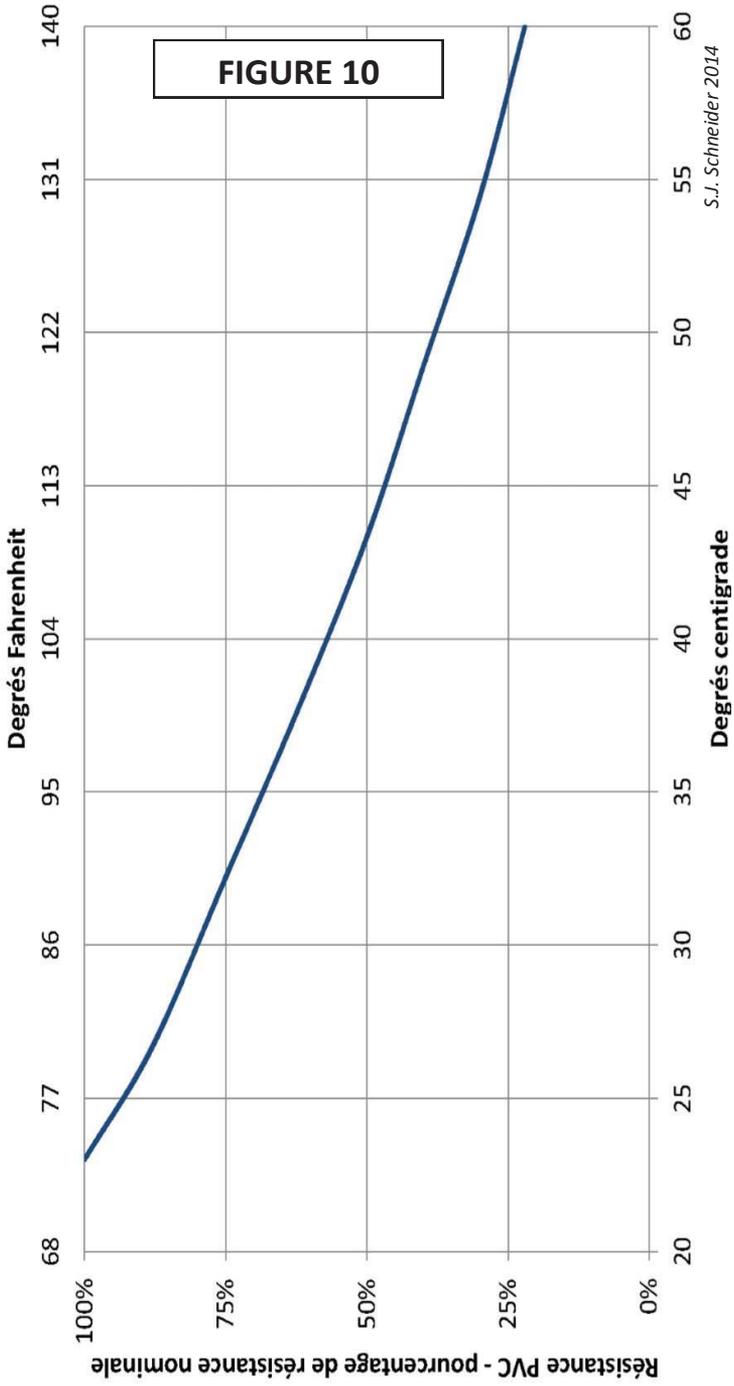


PVC effondré à cause de la chaleur excessive. Le PVC perd rapidement sa résistance lorsque la température augmente (voir figure 10, page 29).

pour tenter d'éviter d'endommager le tubage. Néanmoins, il est préférable d'utiliser un tubage en acier (si disponible) lors du scellement avec du ciment.

Résistance PVC vs Température

Remarque : Hausse de température du ciment la chaleur d'hydratation peut approcher 45°C [113°F]



S.J. Schneider 2014

TABLEAU 3 – MATÉRIAUX DE TUBAGE & REVÊTEMENT

diamètre mm [in]	profondeur maximale	matériau	épaisseur de paroi minimale	normes de matériau suggéré
< 127 [5]	Note A	acier à faible teneur en carbone	calibre 40	ASTM A53B, API 5L, AS 1395, A120
≤ 355 [14]	Note A	acier à faible teneur en carbone	6,35 mm [0,25 in]	ASTM A53B, API 5L, AS 1396
> 355 [14]	Note A	acier à faible teneur en carbone	9,53 mm [0,375 in]	ASTM A53B, API 5L, AS 1397
toute	30m [98ft]	PVC	SDR 26 (Note B)	ASTM F480, ASTM D2241, ASTM D1785, AS/NZS 1477
toute	60m [196ft]	PVC	SDR 21 (Note B)	ASTM F480, ASTM D2241, ASTM D1785, AS/NZS 1478

Note A : La profondeur maximale et les épaisseurs de paroi doivent être prises en compte en fonction des pressions hydrostatiques naturelles sur le tubage ou le revêtement durant la cimentation et le pompage. Une augmentation de l'épaisseur des parois pourrait être nécessaire en fonction des méthodes de forage (par ex. le battage), la profondeur et d'autres facteurs qui peuvent augmenter la charge sur la colonne et/ou la force de compression. Consulter des professionnels techniques dans ces situations.

Note B : SDR = Rapport de dimension standard = diamètre extérieur du tubage / épaisseur du tubage. En cas d'utilisation seulement comme revêtement dans des formations consolidées, la limite de profondeur ne s'applique pas à SDR 21.

L'acier inoxydable est généralement trop onéreux mais peut être conseillé pour des applications ASR ou d'autres situations spécifiques. La tolérance d'épaisseur de paroi est souvent utilisée autant que possible (moins 10%) pour ce matériau. En aucun cas, l'épaisseur de paroi obtenue ne doit être inférieure à 4,77 mm [0,188 in]. La Note A s'applique spécialement à ces applications.

La fibre de verre est moins résistante que le PVC, est normalement moins disponible et plus coûteuse; par conséquent, aucune spécification n'est donnée dans le présent document car il est improbable qu'elle soit sélectionnée comme matériau pour le tubage ou le revêtement.

FIGURE 11

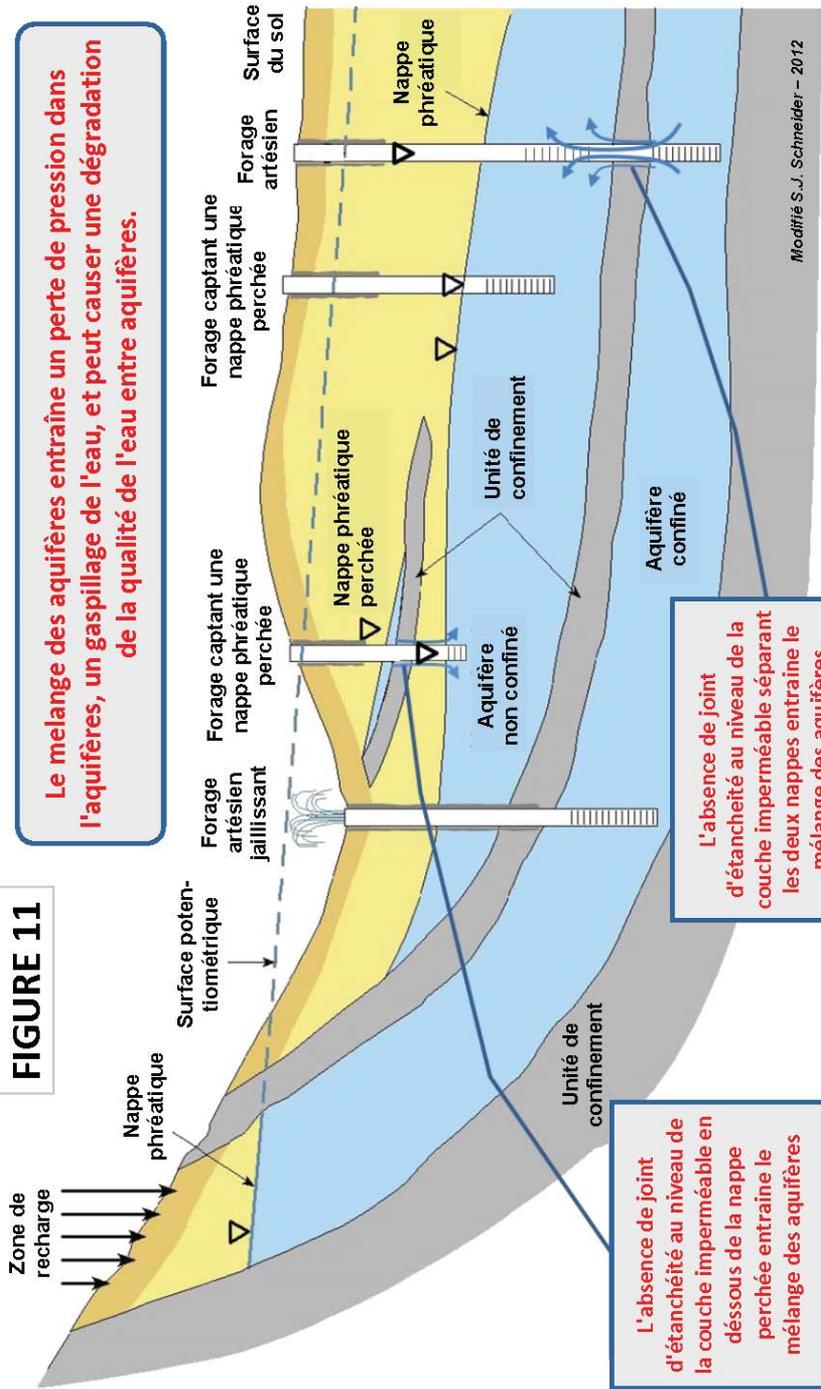
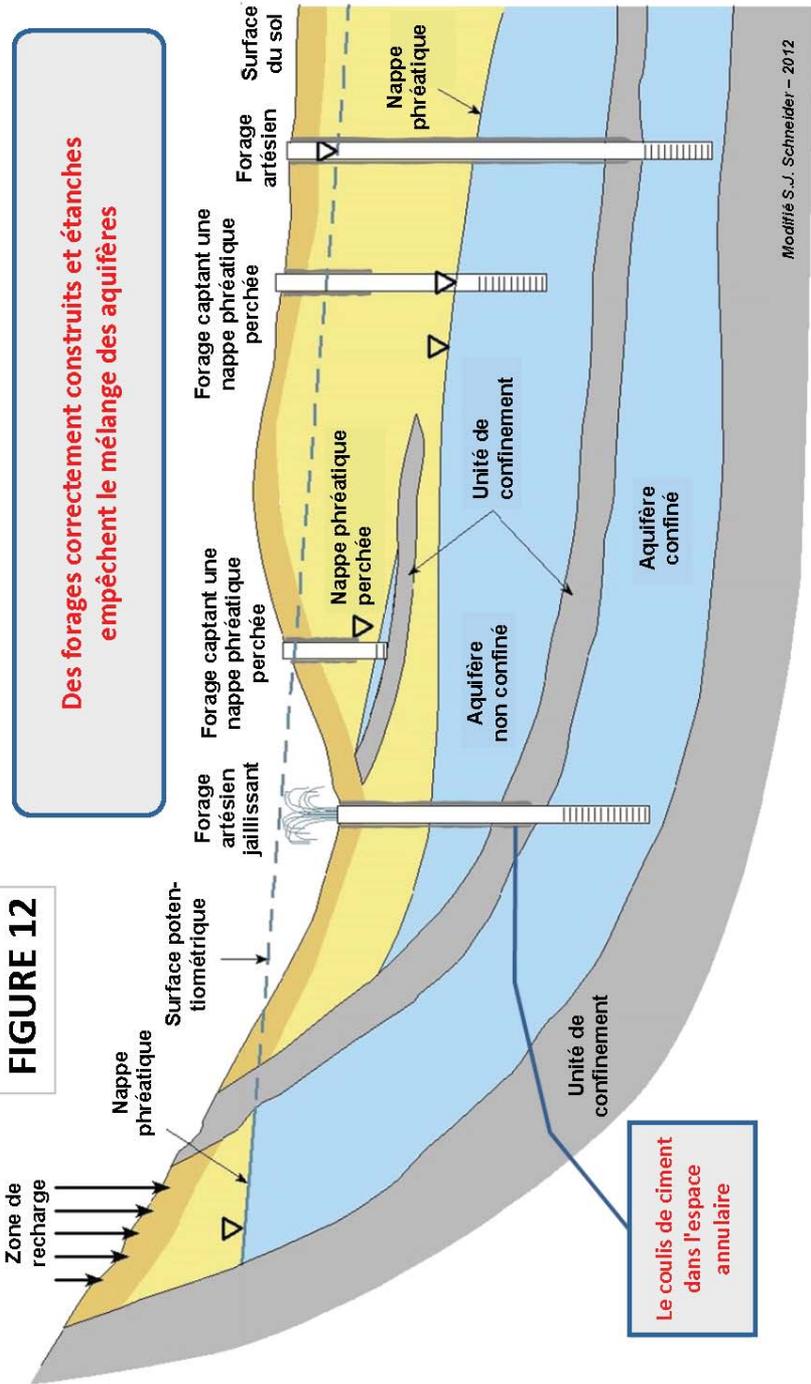


FIGURE 12



Modifié S.J. Schneider – 2012

Modifié d'après Harlan et autres, 1989

11 AUTRES MATÉRIAUX DU FORAGE

Les autres matériaux de forage, dont, sans être limitatif, le gravier ou massif filtrant, le remblai, les crépines, les tampons, les bouchons, et les "shale traps", doivent être propres et exempt de matière organique avant d'être placés dans le forage. Une bonne conception, la sélection des matériaux et l'installation par du personnel qualifié assureront une complétion de forage satisfaisante pour l'utilisation prévue. **Une mauvaise conception des crépines ou des massifs filtrants est la cause la plus fréquente d'ensablement dans un forage.** Ces forages entraînent les pannes prématurées des pompes, la dégradation des joints d'étanchéité de surface par affaissement, le déplacement ou la rupture du tubage et une mauvaise qualité d'eau. Ces forages sont souvent abandonnés sans démantèlement approprié. De nombreuses publications sont disponibles pour aider à bien concevoir et choisir les crépines, massif filtrant et autres matériaux spécifiques (voir Annexe I, page 48, et Référence n° 3, page 54).

12 VERTICALITE ET ALIGNEMENT

La verticalité d'un forage d'approvisionnement en eau et l'alignement sont extrêmement importants car ces forages sont généralement équipés de pompe ou accessoires de pompage fond de trou. Une verticalité et un alignement acceptables facilitent la finition et les opérations d'entretien.

Sauf spécification contraire, la déviation de la verticale ne doit dépasser 1%. En d'autres termes, il ne doit pas dériver de la verticale de plus de 0,3 mètre à 30 mètres [1 pied sur 100 pieds].

Il ne devrait y avoir aucun virage ou courbe notables, en particulier dans la partie du forage où les pompes ou les équipements de pompage doivent être installés. Un décalage d'alignement excessif rend l'installation de la crépine, du cuvelage, de la pompe et des autres matériaux d'installation, ainsi que leur retrait, difficiles ou impossibles. En outre, il provoque une usure excessive ou prématurée de l'équipement de la pompe ou du tubage du forage ou du cuvelage. L'alignement du forage doit être tel que l'assemblage de ses crépines et tubage et du matériel de pompage puissent s'effectuer librement.

13 DÉVELOPPEMENT DU FORAGE

Tous les forages d'approvisionnement en eau devraient être développés afin de s'assurer qu'ils ne produisent pas de sable en excès pouvant provoquer une panne prématurée de l'équipement de pompage et/ou compromettre l'intégrité structurelle du forage. Il est recommandé de ne pas excéder 25 milligrammes de sable par litre d'eau [parties par million]. Une filtration supplémentaire à la surface peut encore être souhaitable, en particulier pour l'eau potable. Le développement améliore également l'efficacité du forage. Il existe de nombreuses publications disponibles pour aider à la sélection de la bonne approche, des outils à utiliser et du moment où les utiliser lors de la construction d'un forage.

14 FINITION DE SURFACE

Les alentours immédiats du forage doivent comporter une pente permettant d'évacuer les eaux.

Si le forage est équipé d'une pompe à main, une dalle en béton surélevée doit être placée autour du forage. La dalle de protection doit dépasser d'au moins 10 cm [4 pouces] le niveau le plus élevé du sol autour du forage. Le tubage devrait se prolonger au-dessus de la dalle de béton aussi haut que le matériel de pompage le permettra. La dalle de protection en béton devra s'étaler autour du forage au moins un mètre [3 pieds] dans toutes les directions. La dalle de protection devrait être conçue pour évacuer l'eau loin du forage, qu'il s'agisse d'eau de pluie ou de déversement.



Amménagement de forage avec une dalle correcte et drainage

Si le forage n'est pas équipé d'une pompe à main, le tubage doit dépasser d'au moins 0,3 mètre [1 pied] la surface la plus élevée du sol autour du forage.

La jonction entre le tubage et l'équipement de pompage doit être étanche pour tout forage. Si le forage est équipé d'une pompe manuelle et d'une dalle en béton, le socle de la pompe en contact avec la dalle en béton devrait être étanchéifié pour empêcher toute entrée de liquide.

Tous forage doit être équipé d'un conduit d'aération pour éviter l'aspiration sous vide des contaminants. Ce dernier doit comporter un tamis pour empêcher les insectes de pénétrer dans le forage. Le conduit doit être placé à au moins 0,3 mètre [1 pied] au-dessus de la dalle de béton ou sur le sol le plus élevé autour du forage, selon celui qui est le plus élevé. Le conduit d'évacuation devrait être orienté vers le bas pour empêcher tout liquide (et contaminants) de s'introduire dans le forage, à travers le conduit. Le conduit devrait être de conception robuste pour éviter les dommages causés par le vandalisme et l'environnement.

Tous les forages devraient être équipés d'une ouverture d'accès afin de mesurer le niveau de l'eau. L'ouverture d'accès devrait avoir au moins 1,5 cm [0,6 pouce] de diamètre. Elle devrait être complètement fermée (par exemple à l'aide d'un écrou bien serré ou d'un verrou) lorsqu'elle n'est pas utilisée pour en empêcher l'accès au personnel non autorisé. Les forages profonds doivent être équipés d'un tuyau de sonde, normalement joint à l'équipement de pompage, destiné à faciliter les mesures du niveau de l'eau. Le tuyau de sonde doit avoir au moins 1,5 cm [0,6 pouce] de diamètre.

15 DÉSINFECTION

Tous les forages et l'équipement installé à l'intérieur doivent être désinfectés avant leur utilisation. Le chlore est un désinfectant couramment utilisé. Une concentration de 50 mg/l [ppm] est communément acceptée pour la désinfection.

Le tableau 4, à la page 36 contient des exemples de quantités d'agents de chlore pour atteindre la concentration initiale de 50 mg/l [ppm]. Selon la chimie du forage et autres aspects à prendre en considération, du chlore supplémentaire peut être nécessaire pour effectuer la désinfection complète. Le chlore nécessite une durée de contact pour être efficace. Au moins 12 heures de contact devraient être permises. Le chlore est plus lourd que l'eau. Une agitation à l'intérieur du puits se traduira par une meilleure désinfection.

TABLE 4
DÉSINFECTANT AU CHLORE REQUIS
pour une CONCENTRATION de 50 mg/l [ppm] dans 30 MÈTRES
[98 PIEDS] d'EAU dans un FORAGE

Diamètre du trou		Volume du trou		65% Poids sec*		5% Liquide**	
centimètres	pouces	litres	gallons	grammes	onces	litres	onces
5.1	2	62	16	5	0.2	0.1	2
10.2	4	247	65	19	0.7	0.2	8
12.7	5	386	102	30	1.0	0.4	13
15.2	6	556	147	43	1.5	0.6	19
20.3	8	988	261	76	2.7	1.0	33
25.4	10	1544	408	119	4.2	1.5	52
30.5	12	2224	587	171	6.0	2.2	75
35.6	14	3027	800	232	8.2	3.0	102
40.6	16	3953	1044	304	10.7	4.0	134
45.7	18	5003	1322	384	13.6	5.0	169
50.8	20	6177	1632	474	16.7	6.2	209
61.0	24	8894	2350	683	24.1	8.9	301
76.2	30	13898	3672	1067	37.6	13.9	470
91.4	36	20012	5287	1537	54.2	20.0	677

*65% de poids sec correspond souvent à du chlorure de calcium granulaire.

**5% de liquide correspond souvent à de l'eau de Javel.

La quantité des autres composés requis pour obtenir la même concentration est proportionnelle aux concentrations en pourcentage ci-dessus.

La quantité des composés ci-dessus requis pour obtenir une concentration autre que 50 mg/l [ppm] est proportionnelle aux quantités ci-dessus.

Chaque fois que l'équipement interne du forage est installé ou réinstallé, il doit être nettoyé et désinfecté avant l'installation et l'utilisation. Si le forage est, ou pourrait-être, utilisé pour l'alimentation humaine, il doit aussi être testé pour l'E. coli (voir l'art. 16, p. 37). Avant leur réinstallation, les équipements retirés d'un forage pour réparation ne devraient jamais être placés directement sur le sol et devraient être protégés contre l'exposition à la végétation, aux rongeurs et aux autres animaux.



Protégez la pompe et le tuyau contre tout contact direct avec le sol lors de l'installation et de la maintenance.

16 TESTS

Les forages devraient être testés pour mesurer leur rendement (débit) et vérifier les paramètres de potabilité de base. Un dispositif approprié pour mesurer le niveau de l'eau au fond du forage est requis pour tout projet de construction ou d'entretien du forage. Le niveau statique du forage devrait être mesuré avant le test de débit. En générale, les tests de débit sur les forages à faible capacité et faible demande se font avec la pompe permanente.



Mésure de débit avec un seau sur un forage domestique

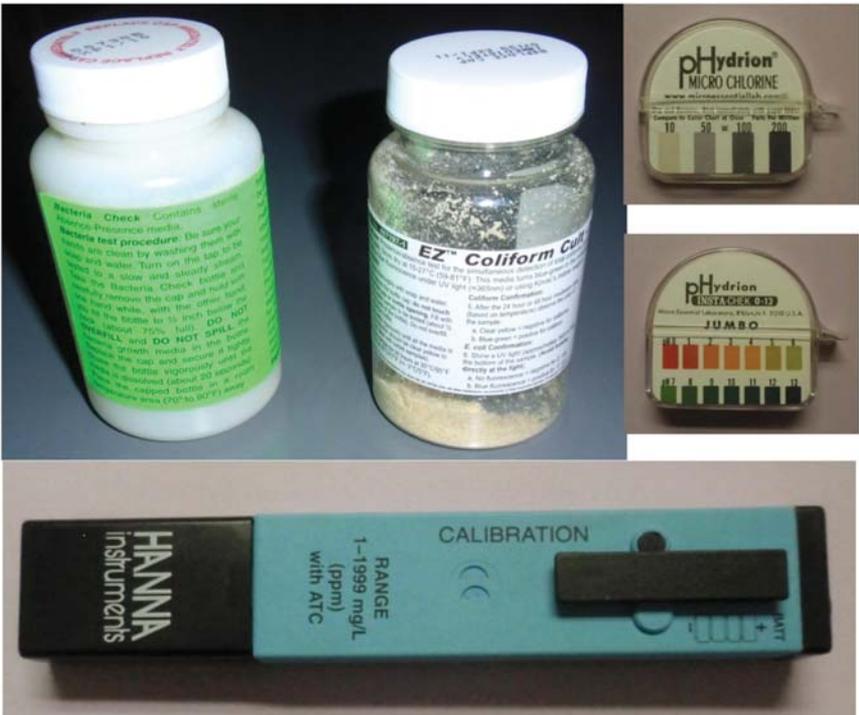


Mesure du débit d'un tube d'orifice de puits municipal

Souvent, un calcul simple en utilisant le temps nécessaire pour remplir un récipient dont le volume est connu, est utilisé pour déterminer le débit. La durée du test pour les forages de petite capacité doit être d'au moins une heure. Les forages à large demande (par exemple, pour l'irrigation, la communauté) devraient être testés plus d'une heure, parfois 24 heures ou plus, s'ils sont censés fonctionner en permanence pendant plusieurs jours. Le rendement des forages à large demande devrait être mesuré au moyen de dispositifs plus sophistiqués de mesure (par exemple, les débitmètres et des tubes d'orifice). Ces dispositifs permettent de déterminer plus exactement le débit. En outre, le niveau de l'eau pendant le pompage devrait être relevé régulièrement tout au long du test de rendement des forages à large demande afin d'extrapoler les données graphiquement pour prévoir le niveau d'eau pendant le pompage à long terme. Ces données sont également utiles pour déterminer l'efficacité du forage et les caractéristiques de l'aquifère telles que la transmissivité. Chaque forage doit être testé pour la potabilité après que tous les désinfectants aient été retirés du forage et avant la première utilisation pour la consommation humaine.

La potabilité consiste à tester l'eau contre l'Escheichia coli (E. coli). **Aucune E. coli ne doit être présente.** Une méthode simple pour tester les E-coli est d'effectuer un test de bactéries coliformes. S'il n'y a pas de bactéries coliformes, il n'y a pas d'E. coli ; toutefois, un test de coliformes positif ne signifie pas nécessairement que l'E. coli est présente. Si un test de coliformes se présente positif, il est recommandé que le forage soit échantillonné et analysé de nouveau (car il n'est pas rare d'obtenir un faux positif) ou qu'il soit échantillonné à nouveau spécifiquement pour les tests de l'E. coli.

D'autres tests devraient être envisagés en fonction de l'utilisation prévue du forage et des minéraux et contaminants connus ou soupçonnés dans la région. Ces autres tests comprennent, mais sans s'y limiter : les nitrates, l'arsenic, le fluorure, la salinité, les radionucléides.



Essais de base: coliformes, chlore, pH, matières dissoutes totals (MDT)

17 DÉSAFFECTATION D'UN FORAGE

Tout forage non réussi pendant la réalisation, ou endommagé et non récupérable, ou repris en raison d'une contamination, devrait complètement être désaffecté. La restauration des barrières entre les aquifères et entre la surface du sol et le premier aquifère, doit être assurée lors de la désaffectation du forage au moyen de joints d'étanchéité spécifiés précédemment. Le(s) tubage(s) et le(s) cuvelage(s) devraient être enlevés au cours de la désaffectation si cela est possible et faisable.

Les gravillons de bentonite ne seront utilisés que dans les portions du forage sans tubage et sans cuvelage. Les gravillons de bentonite pourront être utilisés à l'intérieur d'une portion équipée d'un forage dont la documentation prouve une bonne mise en place du joint d'étanchéité conformément aux recommandations de ce document. S'il est utilisé du coulis de ciment à l'intérieur du tubage ou du cuvelage, ces derniers devront être complètement perforés afin de permettre au coulis de migrer à l'extérieur du tubage ou du cuvelage.

Le béton peut être utilisé pour la désaffectation dans la partie du trou de forage non tubé qui se trouve au-dessus du niveau de l'eau dans le forage au moment de la pose. Il peut aussi être placé à l'intérieur du tubage mais seulement si la documentation prouve une bonne mise en place à l'extérieur du tubage, du joint d'étanchéité annulaire. Le béton peut également être utilisé pour désaffecter les puits creusés, mais seulement à partir de 1 mètre [3 pieds] au-dessus du niveau statique de l'eau et à des profondeurs ne dépassant pas 15 mètres [49 pieds]. Dans tous les cas de désaffectation, le volume de matériau d'étanchéité réellement utilisé doit être vérifié comme étant suffisant pour remplir le volume de l'espace que l'on est en train de sceller (voir le tableau 5, page 41).

Si une désaffectation permanente n'est pas souhaitable ou possible, tous les forages doivent être correctement sécurisés afin d'empêcher les enfants d'y accéder et afin d'empêcher toute matière étrangère ou contaminante d'y pénétrer.

**TABLEAU 5 – VOLUMES DU FORAGE & QUANTITÉ MINIMUM
DE SCELLEANT REQUISE POUR LA MISE HORS SERVICE**

Diamètre du trou		Volume du trou		Gravillons de bentonite		Ciment pur*	
centimètres	pouces	l par m de profondeur	de profondeur	kg par m de profondeur	lb par pied de profondeur	kg par m de profondeur	lb par pied de profondeur
5,1	2	1,9	0,02	2,0	1,4	3,3	2,3
10,2	4	8,4	0,09	9,2	6,2	15,1	10,1
12,7	5	13,0	0,14	14,2	9,6	23,4	15,8
15,2	6	18,6	0,20	20,3	13,7	33,5	22,5
20,3	8	32,5	0,35	35,6	23,9	58,6	39,4
25,4	10	51,1	0,55	55,9	37,6	92,1	61,9
30,5	12	73,4	0,79	80,3	53,9	132,2	88,9
35,6	14	99,4	1,07	108,7	73,1	179,1	120,4
40,6	16	130,1	1,40	142,2	95,6	234,4	157,5
45,7	18	164,4	1,77	179,8	120,9	296,3	199,1
50,8	20	202,5	2,18	221,5	148,9	364,9	245,3
61,0	24	291,7	3,14	319,0	214,4	525,6	353,3
76,2	30	456,2	4,91	498,9	335,3	821,9	552,4
91,4	36	656,8	7,07	718,3	482,7	1183,5	795,4

*Poids de ciment sec mélangé à de l'eau pour former un coulis de ciment.

Le rapport de coulis ciment/eau est de 1,9 kg/l [16 lb/gal ou 94 lb sk/6 gallon eau]



18 DOCUMENTATION

ENREGISTREMENT D'UN FORAGE

Une fiche ou un registre devrait être réalisé et maintenu sur chaque forage (y compris les forages en cours de désaffectation). La documentation devrait comprendre :

- L'emplacement du forage – deux méthodes doivent être enregistrées pour minimiser les risques d'erreurs :
 1. Le GPS (global positioning system), et
 2. La description officielle de la propriété ou autre critère de localisation vérifiable utilisé localement.
- Le numéro d'identification - Ce numéro unique d'identification devra être inscrit ou attaché en permanence dans/sur la dalle en béton ou le tubage débortant du forage (ou encore sur l'équipement de pompage si les deux premiers cas ne s'appliquent pas). Le numéro d'identification/nomenclature devra être enregistré sur tous les documents du forage contenant les autres informations spécifiées dans ce document et il conviendra d'indiquer l'endroit où est noté le numéro sur le forage.
- Le propriétaire ou l'utilisateur du forage – déterminer s'ils sont les propriétaires, les utilisateurs ou les deux.
- Le nom et/ou l'organisation du constructeur du forage.
- La profondeur forée et la profondeur du tubage installé.



GPS – Outil indispensable pour informer sur la localisation des puits

- La description des formations traversées selon la profondeur, y compris : le(s) matériau(x) prédominant(s), la couleur, la taille et la dureté ou la texture.
- La profondeur du joint d'étanchéité annulaire et les matériaux utilisés.
- La profondeur et la hauteur de tous les tubages et cuvelages, les diamètres, les types de matériaux (par exemple, PVC, acier) et les spécifications ou les épaisseurs des parois.
- La description complète (matériaux, taille, quantité, etc.) et l'emplacement selon la profondeur de toutes perforations, crépines, massif filtrant, et tout autre élément composant le forage.
- La date et la profondeur du niveau statique de l'eau.
- La date et résultats du test de rendement.

La fiche ou l'enregistrement des détails de construction de chaque forage devrait être déposé conformément à la réglementation locale. Une copie devrait aussi être fournie aux personnes chargées de



Un numéro d'identification de forage permanent ou la nomenclature doivent se trouver sur chaque forage et dans la documentation connexe

l'exploitation et de l'entretien du forage et elle devrait également être déposée dans un registre centralisé en ligne sécurisé qui fournit un accès au public.

(Exemple de formulaire sur la page suivante)

Les documents sont utilisés pour faciliter l'exploitation et l'entretien du forage, pour faciliter la désaffectation appropriée du forage dans le futur, et identifier et quantifier la disponibilité des ressources en eau souterraine dans la région.

ENREGISTREMENT DE LA POMPE

Un dossier devrait être créé par l'installateur de la pompe et tenu à jour par le propriétaire/ exploitant de la pompe

installée dans le forage. Le dossier devrait contenir le type de la pompe (par exemple à main, submersible solaire, à manège, etc.) des tuyaux, et les dimensions des tiges selon le cas, la profondeur de l'ensemble, le voltage et le phasage si l'alimentation est électrique, le fabricant, le modèle, le numéro de série et toute autre information pertinente. (Exemple de formulaire à la page 46).

ENREGISTREMENT DE LA QUALITÉ DE L'EAU

La documentation de tous les tests de qualité de l'eau devrait être tenue à jour par le propriétaire / exploitant. Les registres devraient inclure : les dates et les résultats des tests chimiques effectués, le nom de la personne ayant obtenu l'échantillon, l'emplacement de la source de l'échantillon, la date à laquelle l'échantillon a été prélevé, le nom du laboratoire ou la personne ayant effectué l'analyse, et la méthode utilisée de (s) test (s).



Mesure du niveau statique avec une sonde électrique

DOSSIER D'INSTALLATION DE LA POMPE

N° ID forage / nomenclature _____

Propriétaire _____

Type de propriétaire : Terrain___ Utilisateur___ Les deux___

Date d'installation _____

Type de pompe _____

Fabricant _____

Numéro de modèle _____ N° de série _____

avec alimentation électrique : Volts _____ Phase _____ Amps _____

Type de tuyau / colonne _____

Tuyau / Colonne : Diamètre intérieur _____ Longueur _____

Taille, type & matériau de tige / axe _____

Accès niveau d'eau ? Tube sonde___ Bouchon___ Aucun___

Accès niveau d'eau : Diamètre _____ Matériau _____

Chambre de pompage du forage (par ex. tubage) : Diamètre intérieur _____ Matériau _____

Niveau d'eau statique _____

Profondeur du forage _____

Installateur _____

Toutes les profondeurs rapportées sont en : Mètres___ Pieds___ Repère* _____

Tous les diamètres rapportés sont en : Millimètres___ Pouces___

Autres informations : _____

* Le repère est la référence à partir de laquelle toutes les profondeurs sont mesurées
(par ex. surface du sol, dessus de la dalle etc.)

19 SÉCURITÉ DU PERSONNEL

La construction de forage et l'installation de pompes impliquent généralement l'utilisation d'équipements motorisés dont certains fonctionnent au-dessus des opérateurs. Les outils et les équipements peuvent être lourds et souvent tombent. De la poussière est souvent générée lors de l'opération de forage et les matériaux d'étanchéité peuvent dégager des poussières nocives lors de leur utilisation. Un équipement de protection individuelle (EPI) doit toujours être utilisé en fonction de l'opération.

Les EPI recommandés incluraient probablement :

- Un casque de chantier
- Des gants
- Un masque antipoussières
- Une protection oculaire
- Chaussures en cuir
- Une protection auditive



ANNEXE I

Massif filtrant (gravier) – Analyses et sélection

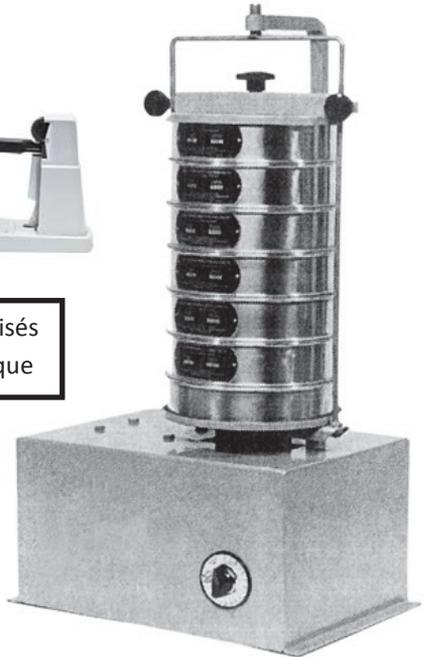
Aquifère de sable – Procédures

1. Choisissez les zones porteuses d'eau (ZPE) potentiellement utilisables.



Balance, vibreur et tamis utilisés pour l'analyse granulométrique

2. Effectuez une analyse granulométrique (voir figure 13, page 50) dans chacune des ZPE sélectionnées dont vous aurez identifié visuellement qu'elles sont potentiellement porteuses des meilleurs matériaux. Une analyse par tamisage n'a pas besoin d'être effectuée sur chaque échantillon prélevé.



3. En effectuant l'analyse granulométrique, identifiez la ZPE qui sera utilisée ayant les meilleurs matériaux. Dans certains forages, une ZPE désignée peut avoir des matériaux plus fin que vous le souhaiteriez et s'il y a suffisamment de ZPE plus grossières disponibles, la ZPE la plus fine peut ne pas être utilisée. Dans ce cas, la conception du forage devrait ne pas avoir d'ouvertures d'entrée d'eau à proximité des ZPE les plus fines inutilisées; c'est-à-dire, il ne devrait pas y avoir d'ouvertures à partir d'au moins 2 mètres (6 pieds) en dessous et au moins 1 mètre (3 pieds) au-dessus d'une ZPE fine. Une plus grande distance de séparation fournira une meilleure garantie que cette ZPE n'engendrera pas des venues de sable dans le forage.

4. Sur la base des résultats de l'analyse granulométrique de la ZPE pour les meilleurs matériaux qui seraient exposés, multiplier les 70% des tailles retenues par un facteur de 4 à 6. Le résultat est la plage des valeurs cibles pour les 70% de taille retenue par le massif filtrant.

5. Effectuer une analyse granulométrique sur tout matériau proposé comme massif filtrant dont une analyse n'aurait pas déjà été faite précédemment. Les matériaux proposés comme massif filtrant devront:

- a. Être propre,
- b. Être constitués de grains bien arrondis,
- c. Contenir au moins 90 % de quartz ou de silice, et
- d. Avoir une taille uniforme. Un coefficient d'uniformité (CU – le rapport de la taille retenue de 40 % à la taille retenue de 90 %) inférieur à 2,5 est préféré.

6. À partir des matériaux proposés comme massif filtrant, sélectionnez, ceux qui ont une taille de 70 % de rang de valeur cible identifiée à l'étape 4 ci-dessus ; les plus grossiers sont préférables si le UC est <2,5.

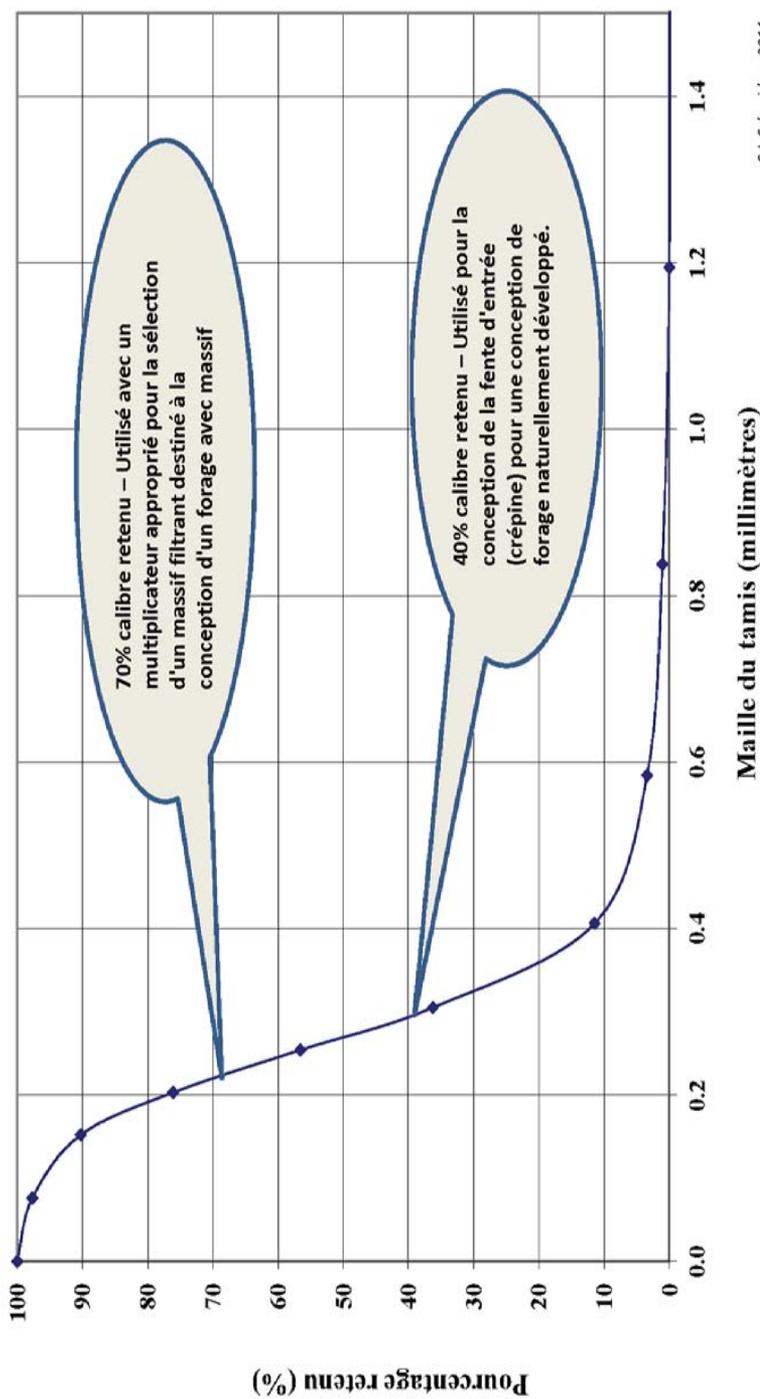
7. Sélectionnez une ouverture d'entrée d'eau du forage (largeur de fente) qui ne soit pas supérieure aux 90 % de la taille retenue pour le matériau de massif filtrant sélectionné.



Un exemple de matériau de massif filtrant

8. Construire le forage de telle sorte que l'épaisseur du massif filtrant ne soit pas inférieure à 25 mm [1 pouce] en tout point autour de la crépine et pas supérieur à 100 mm [4 pouces]. Un massif filtrant épais est plus difficile à développer et un massif filtrant mince est plus difficile à mettre en place correctement (par exemple, le comblement de l'espace libre ou la séparation des particules peuvent se produire). L'épaisseur préférée est comprise entre 40 mm [1,5 pouce] et 70 mm [3 pouces].

Graphique d'analyse granulométrique (exemple)



Aquifères de sable & de gravier

Utilisez les modifications suivantes apportées aux procédures des aquifères sableux:

- Si le pourcentage de sable dans la formation est estimé à plus de 50 % et la majorité du sable est inférieur à 2 mm [0,08 pouce], alors, lors de l'analyse granulométrique (procédure aquifère sableux # 2, page 48), ne pas prendre en considération tous les matériaux retenus sur les tamis de plus de de 10 mm [3/8 pouce].
- Si le pourcentage de sable dans la formation est estimé à peu près équivalent à la quantité de gravier, ou s'il y a plus de gravier que de sable et que la majorité du sable est supérieure à 0,5 mm [0,02 po], alors, au cours de la procédure de l'aquifère de sable, # 4, page 49, utilisez un facteur de multiplication de 6 à 8, au lieu de 4 à 6 pour les 70 %.

Sol & Agrégats : Terminologie et Taille

Limons et argiles	Moins de 0.08 mm (0.003in)
Sable fin	de 0.08 mm (0.003in) à 0.43 mm (0.02in)
Sable moyen	de 43 mm (0.02in) à 2,0 mm (0.08in)
Sable grossier	de 2.0 mm (0.08in) à 4,8 mm (0.19in)
Gravillons	de 4.8 mm (0.19in) à 19 mm (0.75in)
Gravier grossier	de 19 mm (0.75in) à 75 mm (2.9in)
Galets	75 mm (2.9in) à 300 mm (11.8in)
Rochers	supérieur à 300 mm (11.8in)

Référence n° 2, p. 54 : Système unifié de classification des sols

ANNEXE II

Conception du forage, avantages et inconvénients

Comparaison de conception de forage dans une formation consolidée

Type A

- Un cuvelage est optionnel (mais recommandé)
- Le cuvelage peut être retiré, si nécessaire, pour les modifications futures ou pour des travaux de réhabilitation.
- Les informations sur la formation et les ZPE devraient être obtenues avant d'installer et sceller le tubage afin de s'assurer qu'ils sont bien situés.

Type B

- Peut accueillir un trou de forage de diamètre uniforme de haut en bas ce qui peut être bénéfique à la technique de fonçage de forage à la boue.
- Peut coûter plus que la conception de type A.
- Les bactéries peuvent s'accumuler dans la zone annulaire entre le joint et l'entrée du forage ; si c'est le cas, il peut être difficile de les éliminer.

Comparaison de conception de forage dans une formation non consolidée

Forage développé naturellement

- Nécessite un échantillonnage, une analyse granulométrique et une sélection de crépine très précis afin d'éviter le pompage excessif de sable. Des couches minces de sable fin ou de limon créent souvent un problème de production de sable.
- Peut être construit avec un tubage du même diamètre interne pour toute la profondeur (la crépine et le tubage ont les mêmes diamètres) ou avec une crépine télescopique (la crépine rentre à l'intérieur du tubage et elle est exposée en soulevant le tubage).
- A généralement un coût de construction initial inférieur à une conception avec massif filtrant.
- De moins en moins couramment utilisé au vu du pourcentage élevé des succès à long terme obtenus avec les des conceptions au massif filtrant.

Massif filtrant Type I

- Conception de massif filtrant la moins coûteuse.

- Le diamètre intérieur uniforme sur toute la profondeur permet sur un développement plus facile et une future réhabilitation.
- La pompe peut être facilement installée au sommet de la crépine du forage maximisant ainsi le rabattement de la nappe.
- Ne prévoit pas de reconstitution du massif filtrant. Non recommandé pour les aquifères peu profond ou des situations où la hauteur disponible est limitée pour les massifs de réserve.
- Le joint d'étanchéité annulaire ne devrait pas être achevé avant que le développement soit terminé. Peut nécessiter un tubage temporaire pour être utilisé dans l'intervalle d'étanchéité afin de maintenir l'intégrité de forage jusqu'à ce que le joint soit placé.

Massif filtrant Type II

- Peut reconstituer le massif filtrant. (nécessite généralement le retrait de la pompe).
- Difficile de mesurer le niveau du massif filtrant, en particulier s'il y a une pompe dans le forage.
- Plus cher que la conception avec massif filtrant Type I.
- Le diamètre intérieur non uniforme augmente la difficulté et le coût de développement et de réhabilitation future.
- La profondeur de la chambre de pompage (c'est-à-dire le diamètre intérieur du forage au dessus de la crépine) est inférieure à celle qui sera disponible avec une conception de Type I ou III.

Massif filtrant Type III

- Conception la plus chère.
- Permet de contrôler le niveau du massif filtrant depuis la surface sans enlèvement de la pompe.
- Peut accueillir le réapprovisionnement du massif filtrant depuis la surface sans enlever la pompe.
- Le diamètre intérieur uniforme sur toute la profondeur rend plus faciles le développement et la réhabilitation future.
- Une pompe peut être installée au sommet de de la crépine maximisant ainsi le rabattement.

RÉFÉRENCES (par ordre alphabétique)

1. Anderson, K. E., *Ground Water Handbook*
2. ASTM International, *Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)* ASTM D2487
3. Driscoll, F.G., *Groundwater and Wells* Deuxième Edition
4. National Ground Water Association, *ANSI/NGWA-01-14 Water Well Construction Standard*
5. National Ground Water Association, *Lexicon of Groundwater and Water Well System Terms*
6. Whinery, J., *A Well Construction Cost-Benefit Analysis: For Water Supply Well Guidelines for use in Developing Countries*

RESSOURCES

National Ground Water Research and Educational Foundation (NGWREF)

« Le *National Ground Water Research and Educational Foundation*, également connu sous NGWREF, se concentre sur les activités éducationnelles, de recherches et caritatives liées à une compréhension des eaux souterraines par le public. »

<http://www.ngwa.org/Foundation>

Rural Water Supply Network (RWSN)

« Le RWSN est un réseau mondial de professionnels et de praticiens travaillant à élever le niveau des connaissances et des preuves, des techniques et de compétences professionnelles, des pratiques et des politiques de l'approvisionnement en eau en milieu rural et ainsi accomplir la vision d'un service durable de distribution d'eau pour tous en milieu rural ». <http://www.rural-water-supply.net>

Water, Engineering and Development Centre (WEDC) de l'Université de Loughborough

« Le *Water, Engineering and Development Centre* est l'un des principaux établissements d'enseignement et de recherche au monde où développer les connaissances et la capacité en matière d'eau et d'assainissement pour le développement durable et l'aide d'urgence ».

<http://wedc.lboro.ac.uk>

À PROPOS DE L'AUTEUR & DU RÉDACTEUR PRINCIPAL

Stephen J. Schneider (Steve) gère la division de forage à la Schneider Water Services de Saint-Paul, OR, États-Unis, une entreprise qui emploie environ 25 personnes dans des activités liées à l'eau, y compris: des services de forage, installation de pompe et système de distribution, et de traitement de l'eau. **Élevé dans l'industrie**, il continue à travailler pour la même entreprise depuis plus de 37 ans.

Avec un baccalauréat en ingénierie mécanique de l'Université d'État de l'Oregon, Steve a travaillé pour le ministère américain de la Défense comme un ingénieur civil, dont la fonction comprenait la rédaction/édition de nombreuses spécifications techniques. Il possède des licences de forage dans les États de l'Oregon, de Washington et de l'Idaho et des licences d'installation de pompes dans l'Oregon et dans l'État de Washington. Il est un maître entrepreneur en eaux souterraines (MGWC) de la National Ground Water Association (NGWA).

Steve a présenté des séminaires et des ateliers éducatifs via des webinaires et en personne aux NGWA Expos, aux Sommets sur les eaux souterraines de la NGWA, aux conventions Oregon Ground Water Association (OGWA), aux conférences internationales WEDC, et lors d'autres événements. Il a été le premier conférencier non gouvernemental sur la nécessité de l'éducation permanente en matière de règles sur la construction des forages en Oregon.

Steve a également siégé au sein des organisations suivantes :

- Comité consultatif des eaux souterraines de l'Oregon, y compris à titre de président
- Comités consultatifs sur les règles de la construction de forage en Oregon et d'autres comités
- Comité de surveillance sur l'élaboration des normes NGWA
- Groupe d'intérêt sur les pays en voie de développement de la NGWA, y compris à titre de président
- Comité politique & code à la NGWA, y compris à titre de président
- Groupe de travail du Maître de conférences McElhiney à la NGWA
- Première séance de planification stratégique de la NGWA
- Séances de rédaction d'articles de la NGWA
- Conseil d'administration d'HydrOG, y compris en tant que président
- Comité des affaires gouvernementales de l'HydrOG, y compris à titre de président

- Comités réunions / conférence OGWA
- Association Pacific NW Ground Water; y compris en tant que vice-président
- National Ground Water Research & Education Foundation (NGWREF), pour la période 2011-2014 en tant que président

Steve continue à être actif au sein des groupes d'intérêts des pays en voie de développement de la NGWA et il y a effectué plusieurs déplacements, et continue de travailler avec, une mission au Mexique qui développe l'approvisionnement en eau souterraine pour les Indiens Tarahumara autochtones.

Une version PDF de ce livre et une analyse connexe sur les coûts et avantages sont disponibles à l'adresse :

http://www.schneiderwater.com/pdf/Hydrophilanthropy_Well_Guidelines.pdf

Également disponible sur [schneiderwater.com](http://www.schneiderwater.com)

Cliquez sur Hydrophilanthropie

Cliquez sur le livre d'images des directives sur les puits.

« En janvier 2012, l'Association Nationale Ground Water a tenu à féliciter cette initiative et attend avec intérêt son évolution continue pour recenser les meilleures pratiques en matière de protection des eaux souterraines et de conception, construction, exploitation et maintenance de forage d'eau ».

*Pour plus d'informations, contactez l'auteur principal :
Stephen J. Schneider—steve@schneiderwater.com*

APPUIS et/ou SOUTIENS FINANCIERS

Fournis par :

John Gregg, Gregg Drilling & Testing, Inc.

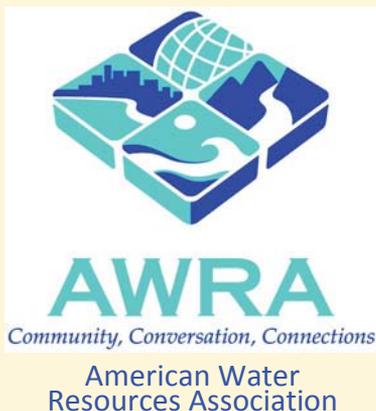
John & Jan et Doug Wagner, Moody's of Dayton, Inc.

Steve & Miriam Schneider

Et les organisations suivantes :



Pour nous soutenir, voir à l'intérieur de couverture



ISBN 978-0-9884685-3-5