

CARACTÉRISATION DES SITES POUR INFILTRATION

ANNEXE B

Un des aspects les plus importants à considérer pour le dimensionnement d'un ouvrage fonctionnant par infiltration est de bien caractériser le site où on prévoit le mettre en place. Bien qu'on puisse évaluer les taux d'infiltration des sols en place à partir de valeurs présentées dans la littérature, il est toujours recommandé d'établir, par des tests *in situ*, le taux auquel l'eau pourra s'infiltrer dans le sol. Ce type de test, combiné à une caractérisation des propriétés physiques du sol (texture, granulométrie, structure, densité relative, etc.), permettra de fournir des informations de base pour compléter le design hydraulique des ouvrages.

Plusieurs références fournissent une description détaillée de ce type de tests (FHWA, 1980; EAT Environnement, 1991; MDDEP, 2009; CIRIA, 1996; MDE, 2000; Washington, 2005; Argue, 2004; Pennsylvania, 2006; Gulliver et Anderson, 2008). Après une discussion générale permettant d'encadrer cette caractérisation, on donnera ci-après les procédures recommandées par le CIRIA en Grande-Bretagne (1996) et par l'état du Maryland aux États-Unis (*Center for Watershed Protection*, 2000). Ces deux organismes ont développé ces procédures spécifiquement pour la conception des ouvrages de drainage fonctionnant par infiltration. Le type d'essai et la caractérisation des sols qui doivent être faits sont toutefois similaires à ceux qui sont recommandés pour la conception des champs d'épuration pour l'assainissement autonome. On pourra donc également se référer aux références qui sont spécifiquement québécoises (EAT Environnement, 1991; MDDEP, 2001). On retrouvera toutefois aux documents précédemment cités des discussions spécifiques pour

les ouvrages de drainage fonctionnant par infiltration.

Les facteurs les plus importants qui pourront avoir une influence sur la capacité d'infiltration d'un sol sont la pente naturelle du sol, le type et les propriétés des sols en surface et sous la surface, les conditions géologiques ainsi que les conditions hydro-géologiques. Les analyses devraient être axées sur les aspects suivants (FHWA, 1980) : (1) les capacités d'infiltration des sols en surface si l'eau entre par la surface, (2) les capacités de la sous-couche de sols qui peut permettre à l'eau infiltrée d'atteindre la nappe phréatique, (3) les capacités des sols souterrains pour l'évacuation des eaux infiltrées et (4) le débit de sortie du système avec des conditions de remontée de nappe au taux maximum d'infiltration.

Le taux d'infiltration est évidemment grandement affecté par la perméabilité des sols en place. Le taux d'infiltration pour la première application d'eau lors d'un test est généralement plus grand qu'après une longue saturation. Au fur et à mesure que le mouillage continue et que la partie supérieure des sédiments devient saturée, le taux d'infiltration diminuera graduellement et atteindra un taux plus ou moins constant, généralement après quelques heures (FHWA, 1980). Plusieurs études ont été complétées sur l'établissement des taux d'infiltration et sur l'importance des différents paramètres; on pourra consulter à cet effet FHWA (1980), Washington (2005), Gulliver et Anderson (2008) et EAT Environnement, (1991) pour une discussion plus approfondie.

Les tests doivent permettre de simuler les conditions qui se développeront dans le système (tant en étendue qu'au niveau de la profondeur). Le nombre de sites pour les tests est dépendant des conditions de sol existantes,

des dimensions et du type de système qui est envisagé. À titre d'exemple (FHWA, 1980), pour un bassin ou un système souterrain pour un stationnement de 92 m x 92 m, 2 ou 3 tests devraient être suffisants. Pour une tranchée linéaire, des tests à tous les 150 m peuvent être suffisants si la composition des sols est relativement uniforme. Le CIRIA (1996) recommande par ailleurs de faire un test si une des dimensions du système est moins de 25 m et 1 test additionnel pour chaque 25 m qui s'ajoute. Lorsque plus d'un test est réalisé, on pourra prendre pour rester conservateur la plus faible valeur obtenue. La profondeur des tests doit au moins atteindre le niveau du dessous envisagé des systèmes à concevoir (et idéalement plus bas). Les dimensions du trou pour le test doivent être de fa-

çon générale reliées aux dimensions de la surface tributaire (CIRIA, 1996). Si la surface tributaire est inférieure à 100 m², le volume d'eau utilisé dans le test devrait être au moins de 0.5 m³; si la surface est plus grande que 100 m², le volume devrait être au moins de 1 m³.

À titre indicatif, les tableaux B.1 et B.2 fournissent des ordres de grandeur pour la conductivité hydraulique dans différents sols.

Comme on peut le constater au tableau B.2, un **facteur de sécurité** devrait par ailleurs être appliqué aux valeurs de conductivité hydraulique obtenues avec les tests in situ (Washington, 2005; Barraud *et al.*, 2006). Puisque la valeur utilisée dans la conception doit refléter les conditions à long terme, tenant compte d'un possible colmatage

Tableau B.1

Ordres de grandeur de la conductivité hydraulique dans différents sols (d'après Musy et Soutter (1991), cité dans Barraud (2006)).

K (m/s)	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹
Types de sols	Gravier sans sable ni éléments fins		Sable avec gravier, Sable grossier à sable fin		Sable très fin Limon grossier à limon argileux			Argile limoneuse à argile homogène			
Possibilités d'infiltration	Excellentes		Bonnes		Moyennes à faibles			Faibles à nulles			

Tableau B.2

Taux d'infiltration typiques (adapté de Ferguson, 1994).

Type de sol	Conductivité hydraulique saturée		Taux d'infiltration pour conception (facteur de sécurité de 0,5)	
	(mm/h)	(m/s)	(mm/h)	(m/s)
Sable	210	5,83 x 10 ⁻⁵	105	2,92 x 10 ⁻⁵
Sable limoneux	61	1,69 x 10 ⁻⁵	30,5	8,45 x 10 ⁻⁶
Limon sablonneux	26	7,22 x 10 ⁻⁶	13	3,61 x 10 ⁻⁶
Limon	13	3,61 x 10 ⁻⁶	6,5	1,81 x 10 ⁻⁶
Limon silteux	6,8	1,89 x 10 ⁻⁶	3,4	9,45 x 10 ⁻⁷
Limon argilo-sablonneux	4,3	1,19 x 10 ⁻⁶	2,2	5,95 x 10 ⁻⁷
Limon argileux	2,3	6,39 x 10 ⁻⁷	1,2	3,20 x 10 ⁻⁷
Limon argilo-silteux	1,5	4,17 x 10 ⁻⁷	0,75	2,09 x 10 ⁻⁷
Argile sablonneuse	1,2	3,33 x 10 ⁻⁷	0,6	1,67 x 10 ⁻⁷
Argile silteuse	0,9	2,50 x 10 ⁻⁷	0,45	1,25 x 10 ⁻⁷
Argile	0,6	1,67 x 10 ⁻⁷	0,3	8,35 x 10 ⁻⁸

qui pourra se développer durant la vie utile de l'ouvrage, **il est recommandé de multiplier minimalement la valeur obtenue par les tests par 0,5 pour obtenir une valeur de conception pour la conductivité hydraulique.** Pour des ouvrages de plus grande ampleur ou si un mauvais fonctionnement éventuel pouvait avoir des conséquences plus importantes, **il est recommandé de multiplier la valeur de conductivité hydraulique par 0,3.**

Différentes méthodes peuvent par ailleurs être utilisées pour mesurer la perméabilité d'un sol en place (EAT Environnement, 1991; MDDEP, 2009; Washington, 2005; Gulliver et Anderson, 2008). Un essai de conductivité hydraulique (ou perméabilité) réalisé in situ avec des équipements et la méthodologie appropriée est généralement l'approche la plus fiable pour établir la capacité d'un sol à infiltrer les eaux. L'essai de percolation, qui consiste à mesurer la vitesse de la baisse du niveau de l'eau dans un trou d'essai, est relativement simple et requiert peu d'appareils.

Trois différentes procédures pour réaliser des essais de percolation sont ici décrites : celle du MDDEP (2009), dans le Guide technique sur le traitement des eaux usées des résidences isolées, ainsi que celles du CIRIA (1996) et du Maryland (MDE, 2000) dans des guides techniques destinés spécifiquement à la gestion des eaux pluviales.

Procédure du MDDEP (2009)

Le tableau B.3 donne la procédure recommandée par le MDDEP (2009).

La vitesse de percolation obtenue, exprimée en minutes/centimètre, détermine le temps moyen en minutes requis pour que l'eau s'abaisse d'un centimètre.





Au moins deux essais de percolation devraient être réalisés sur un site destiné au traitement des eaux usées. Les essais devraient être répartis sur le site et leur profondeur devrait correspondre à celle de la surface d'absorption des eaux.

Les spécialistes qui ont effectué des études sur la validité de l'essai de percolation recommandent d'utiliser les résultats de l'essai de percolation en les validant avec d'autres propriétés physiques du sol (texture, granulométrie, structure, densité relative).

Afin d'obtenir des résultats qui soient représentatifs en vue d'établir le niveau de perméabilité, certaines précautions doivent être prises pour éliminer ou atténuer les causes d'erreurs les plus fréquentes liées à la méthode :

■ trou d'essai :

Tableau B.3
Procédure du MDDEP (2009).

Protocole de l'essai de percolation	
<p>Déterminer la profondeur de la nappe phréatique, si elle est à moins de 1,8 m sous la surface du sol. Creuser les trous d'essai (diamètre entre 15 et 25 cm) à la profondeur requise par le positionnement de la nappe phréatique et en fonction des niveaux d'absorption projetés. Entailler le fond du trou et les parois et extraire la terre ainsi détachée. Ajouter 5 cm de sable grossier ou de gravier fin au fond du trou.</p>	
	
<p>Saturer le sol. Remplir d'eau claire. Maintenir le niveau pendant au moins 4 heures pour un sol à texture sablonneuse, 6 heures pour un sol à texture limoneuse, 10 heures pour un sol à texture silteuse et 20 heures pour un sol à texture argileuse. Laisser imbibé pendant au moins 12 heures, mais pas plus de 18 heures.</p>	
	
Le trou est à sec.	Il y a encore de l'eau.
	
<p>Ramener la hauteur à 15 cm au-dessus du gravier. Attendre 30 minutes.</p>	
	
<p>Remplir d'eau claire jusqu'à 15 cm au-dessus du gravier. Mesurer les baisses de niveau à des intervalles de 10 minutes pendant 1 heure (6 lectures). Ramener le niveau d'eau à 15 cm après chaque lecture. La baisse observée au cours des 10 dernières minutes sert à calculer la vitesse de percolation.</p>	<p>Ramener le niveau d'eau à 15 cm au-dessus du gravier. Mesurer la baisse de niveau toutes les 30 minutes pendant 4 heures (8 lectures). Ramener le niveau d'eau à 15 cm du gravier après chaque lecture. La dernière baisse sert à calculer la vitesse de percolation.</p>

- creuser les trous d'un diamètre uniforme;
- éviter de compacter le sol des parois avec les outils de forage;
- prévenir l'affaissement des parois.

■ protocole :

- saturer le sol pour éviter la variation de lectures de baisse du niveau d'eau;
- relever les lectures de baisse avec précision;
- éviter de varier de façon significative le niveau d'eau de départ pour des lectures successives; utiliser des appareils permettant d'effectuer des mesures précises.

Procédure du CIRIA (1996)

1. Excaver un puits de dimensions appropriées.
2. Mesurer la surface mouillée de la surface intérieure du puits, incluant les côtés et le fond lorsque le puits sera à moitié rempli d'eau.
3. Remplir le puits avec de l'eau .
4. Mesurer le niveau d'eau et le temps au fur et à mesure que le puits se vide. Le temps pris pour que le puits se vide de 75 % à 25 % de la profondeur doit être établi (t_{p75-25}), auquel on associera un volume (V_{p75-25}).
5. Répéter le test au moins deux fois en succession, préférentiellement le même jour.

Il est recommandé que la profondeur d'eau dans le puits au début du test soit comparable à celle qui se produira lorsque le système sera en place. Après avoir évalué la surface des côtés et de la base lorsque le puits est rempli à 50 % (a_{p50}), on pourra évaluer le coefficient d'infiltration à l'aide de l'équation suivante :

$$k = \frac{V_{p75-25}}{a_{p50} \times t_{p75-25}} \quad (4-1)$$

où t_{p75-25} est le temps pris pour vider de 75 % à 25 % la profondeur du puits d'essai, V_{p75-25} est le volume du puits entre les niveaux correspondant à 75 % à 25 % la profondeur du puits et a_{p50} est la surface de la base et des cotés du puits à 50 % de la profondeur. La plus petite valeur obtenue avec plusieurs tests devrait être choisie.

Procédure du Maryland (2000)

Pour tous les systèmes, on recommande de ne pas utiliser les techniques par infiltration lorsque le taux d'infiltration des sols en place est inférieur à 13 mm/h. Par conséquent, l'approche pour les tests est divisée en deux étapes : faisabilité initiale et conception proprement dite. Les tests de faisabilité sont complétés pour déterminer si les tests à plus grande échelle sont nécessaires, en gardant à l'esprit la limite de 13 mm/h. Le tableau B.4 donne les recommandations pour les différents tests.

Puits d'exploration / forage

1. Excaver un puits d'exploration ou un forage à une profondeur de 1,2 m sous le dessous du système qui est envisagé.
2. Déterminer la profondeur de la nappe lors du sondage et 24 h après.
3. Compléter un essai de pénétration standard à chaque 0,6 m jusqu'à une profondeur de 1,2 m sous le dessous du système qui est envisagé.
4. Déterminer le type de sol à l'aide de la classification unifiée du département de l'Agriculture américain au fond du système et 1,2 m sous le dessous du système qui est envisagé.
5. Déterminer la profondeur du roc (si inférieure à 1,2 m sous le dessous du système qui est envisagé).
6. La description des sols doit inclure tous les horizons rencontrés.

Tableau B.4

Résumé pour les tests afin d'établir les taux d'infiltration (MDE, 2000).

Type de système	Test de faisabilité	Tests pour conception (si test de faisabilité donne un taux > 13 mm/h)	Tests pour conception (si test de faisabilité donne un taux < 13 mm/h)
Tranchée	1 test de percolation, puits d'exploration non requis	1 test d'infiltration et 1 puits d'exploration par 15 m de tranchée	Système non recommandé
Bassin	1 test de percolation, puits d'exploration non requis	1 test d'infiltration et 1 puits d'exploration par 18 m ² de surface	Système non recommandé
Filtre à sable de surface	1 test de percolation, puits d'exploration non requis	1 test d'infiltration et 1 puits d'exploration par 18 m ² de surface	Drainage souterrain requis
Biorétention	1 test de percolation, puits d'exploration non requis	1 test d'infiltration et 1 puits d'exploration par 18 m ² de surface	Drainage souterrain requis

7. La localisation du puits ou du forage doit correspondre à la localisation envisagée pour l'ouvrage et doit être clairement identifiée.
3. 24 heures plus tard, remplir de nouveau jusqu'à 600 mm et suivre l'évolution du niveau d'eau pendant 1 h. Répéter cette procédure au moins 3 fois, pour un total de 4 observations. On pourra prendre comme valeur de taux (en mm/h) les résultats de la dernière observation.

Test pour infiltration

1. Après avoir excavé ou fait un forage jusqu'au niveau correspondant au dessous du système, creuser dans le fond un forage (125 mm de diamètre, longueur de 750 mm) sous le niveau inférieur du système qui est envisagé.
2. Enlever les dépôts et nettoyer les surfaces internes de façon à fournir une paroi naturelle de sol à travers laquelle l'eau pourra s'infiltrer. On pourra ajouter 50 mm de sable grossier ou de gravier pour protéger le fond contre l'érosion. Remplir le trou avec de l'eau propre sur 600 mm et laisser pendant 24 h.

On pourra également référer au manuel produit par EAT Environnement (1991) et à Gulliver et Anderson (2008), qui contiennent des discussions approfondies sur les critères et limitation de ces types d'essais. Gulliver et Anderson (2008), décrivent également les différents types d'équipements qui peuvent être utilisés in situ pour établir les capacités d'infiltration des sols en place. Comme on l'a déjà souligné, **les résultats des essais devront toujours être interprétés en combinaison avec une caractérisation des sols qui se fera par d'autres tests in situ et en laboratoire.**

RÉFÉRENCES

- Argue, J. R. (2004). *Basic Procedures for Source Control of Stormwater – A Handbook for Australian Practice*. Urban Water Resources Centre, en collaboration avec Stormwater Industry Association et Australian Water Association, University of South Australia.
- Barraud, S. et al. (2006). *Guide technique : Recommandations pour la faisabilité, la conception et la gestion des ouvrages d'infiltration des eaux pluviales en milieu urbain*. Programme MGD infiltration du RCGU, Lyon, France.
- EAT Environnement (1991). *Guide technique sur la conception des installations septiques communautaires (petites agglomérations)*. Préparé pour la Société québécoise d'assainissement des eaux, Québec.
- Ferguson, B. (1994). *Stormwater infiltration*. Lewis Publishers, CRC Press, Boca Raton.
- FHWA (Federal Highway Administration) (1980). *Underground Disposal of Stormwater Runoff*. Rapport FHWA-TS-80-218.
- CIRIA (Construction Industry Research and Information Association) (1996). *Infiltration Drainage – Manual of good practice*. Rapport 156, Londres.
- Gulliver, J. S. et Anderson, J. L. (2008). *Assessment of Stormwater Best Management Practices. Stormwater Management Practice Assessment Project*, Université du Minnesota, Minnesota Pollution Control Agency, Projet 347-6053, MN.
- Maryland Department of Environment (MDE) (2000). *Stormwater design manual*. Elliot City, MD.
- Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP) (2009). *Guide technique sur le traitement des eaux usées des résidences isolées (Q-2, R.8)*. Direction des politiques du secteur municipal, Service de l'expertise technique en eau, Québec.
- Musy A., Soutter M. (1991). *Physique du sol*. Lausanne : Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 335 p.
- Pennsylvania Department of Environmental Protection (DEP) (2006). *Stormwater Best Management Practices Manual*, Philadelphie.
- Washington State Department of Ecology (2005). *Stormwater Management in Western Washington – Volume III, Hydrologic Analysis and Flow Control Design/BMPs*. Publication 05-10-31, Water quality program, Washington State Department of Ecology, Washington.