

Evaluation des fonctions de pédotransfert d'un sol hétérogène, milieu récepteur d'eau usée traitée, sur un site pilote dédié

Résumé

En 1998, le Ministère de l'Environnement a initié un appel à propositions de recherche sur le sol visant à évaluer les fonctions environnementales du sol et la gestion du patrimoine sol (GESSOL 1 ; 1999-2003). Cette démarche vise à définir des notions de qualité des sols au-delà de celles des agronomes et de motiver une gestion patrimoniale de la ressource sol.

Depuis, deux nouveaux appels à propositions de recherche ont été lancés (GESSOL 2 ; 2004-2009 et GESSOL 3 ; 2010-2014). Aujourd'hui, GESSOL 3 est piloté par la Direction de la recherche et de l'innovation du Commissariat Général au Développement Durable (CGDD) du MEDDE. Le projet de recherche ANCRES est l'un des projets sélectionnés dans le cadre de GESSOL 3. La connaissance des sols et des mouvements de l'eau dans le sol est essentielle pour un vaste éventail de domaines scientifiques et pratiques. Un des principaux contextes, mais peu étudié, est le sol sous un dispositif d'assainissement non collectif (ANC).

Le rôle épurateur du sol est connu et reconnu depuis fort longtemps. Il a été largement utilisé dès les débuts de l'assainissement collectif par épandage superficiel et le sol a été progressivement introduit comme élément technique de l'assainissement autonome à partir des années 1920.

Partout où les techniques d'assainissement collectif n'ont pas encore été mises en place et là où les conditions technico-économiques ne sont pas remplies pour la réalisation de réseaux collectifs de collecte et de traitement des effluents domestiques, les solutions d'assainissement non collectif (ANC) sont incontournables.

Dans le cas de l'ANC, les eaux sont envoyées dans le sol après décantation liquéfaction puis filtration / dégradation aérobie. La seconde étape a été souvent assurée par la tranche supérieure du sol en place lui-même, et cette situation persiste jusqu'à ce jour sur de nombreuses parcelles.

Aujourd'hui, la réglementation française relative à l'ANC incite à l'utilisation du sol comme composant principal de l'évacuation des eaux usées domestiques traitées au préalable, dans la mesure où la capacité d'infiltration du sol permet la réalisation d'un dispositif d'épandage sur la parcelle à la profondeur souhaitée.

Cette thèse a été définie dans le cadre du projet ANGRES. Elle a été associée à l'évaluation des fonctions de pédotransfert d'un sol hétérogène par rapport à l'infiltration des eaux usées traitées en lui dédiant un site pilote instrumenté.

L'eau apportée sur le sol peut s'accumuler à la surface, ruisseler ou s'infiltrer. Elle peut ensuite, soit s'écouler vers les eaux souterraines ou les eaux de surface, soit passer dans l'atmosphère par évaporation et évapotranspiration.

Dans le cas de systèmes d'ANC, un écoulement généralement vertical de l'eau est envisagé pour évacuer les eaux usées (traitées). Mais comme l'utilisation de l'eau à la maison n'est pas stable, on n'a pas un écoulement en régime permanent. Donc la modalité du transport de l'eau correspond à un régime hydrodynamique non saturé particulier.

L'objectif scientifique de la thèse est d'abord de caractériser les propriétés physiques et hydriques du sol hétérogène étudié (une colluvion sur le site n°12, dans l'Yonne) comme milieu récepteur des eaux usées traitées. Pour cela, on a mesuré la conductivité hydraulique du sol par l'appareil Guelph sur 15 m² de la fouille de l'ANC à une profondeur de 120 cm. Au total, on a fait 15 essais de perméamétrie. De plus on a récupéré 15 échantillons du sol accompagnant chaque essai de Guelph. On a déterminé la texture, la matière organique et la surface spécifique du sol au laboratoire. On a utilisé le microscope électronique à balayage (MEB) à vide complet pour identifier les particules très fines du sol (type d'argile). La porosité a été calculée par la formule classique qui utilise la masse volumique apparente (BD) et la masse volumique réelle ρ_s du sol. Les résultats de détermination de la masse volumique réelle au laboratoire pour les échantillons du sol du site n°12 présentent une moyenne de 2,58 g/m³. Donc on a appliqué cette valeur comme constante dans les fonctions de pédotransfert (FPT) qui admettent comme variable la masse volumique apparente du sol. De plus, la masse volumique apparente BD_m d'une colluvion a été déterminée pour deux points de mesure selon la méthode d'excavation (technique au sable).

Les résultats des essais sur le terrain et au laboratoire révèlent que le sol étudié est une colluvion qui est un mélange de particules grossières et de particules très fines. Il y a en moyenne et en masse 52 % de particules supérieures à 2 mm dans ces échantillons, et 37% des particules inférieures à 80 microns sont des argiles (< 2 microns). Les résultats de détermination de la fraction caillouteuse de six échantillons du sol par tamisage humide montrent une corrélation très forte entre la conductivité hydraulique mesurée par Guelph et la fraction des cailloux (> 2 mm) dans les échantillons du sol.

Après, en utilisant les résultats obtenus (texture – conductivité hydraulique) et surtout la teneur en cailloux dans les échantillons R_w , on a évalué la performance du couplage d'une dizaine de fonctions de pédotransfert pour estimer la conductivité hydraulique (appelées Ks-FPTs) et une trentaine de fonctions de pédotransfert pour estimer la masse volumique apparente du sol (appelées BD-FPTs), afin d'en adopter certaines pour le sol étudié. Ces Ks-FPTs sont classées dans deux catégories principales. Les Ks-FPTs qui sont indépendantes de la masse volumique apparente du sol et celles qui ont besoin de ce paramètre pour prédire la conductivité hydraulique du sol. Les paramètres prédicteurs pour les Ks-FPTs sont la texture, la matière organique (dans la catégorie I) et la densité apparente ou la porosité (catégorie II) du sol. Les deux premiers ont été mesurés et le troisième a été prédit par une procédure développée pour les sols caillouteux. Torri et al. (1994) ont démontré que la masse volumique apparente de la matrice d'un sol dans un endroit caillouteux et hétérogène BD_m est plus petite que la masse volumique apparente du même sol dans un endroit sans cailloux et homogène BD_{m0} . Ils concluent que cette différence est due à la porosité supplémentaire causée par les discontinuités créées dans les sols hétérogènes à l'interface de la matrice et des cailloux. Donc, afin d'estimer BD_m , on utilise la BD-FPT développée par Torri et al. (1994) pour laquelle la teneur en cailloux (> 2 mm) et BD_{m0} sont nécessaires comme facteurs prédicteurs. Mais on a seulement déterminé R_w et on n'a pas déterminé BD_{m0} des échantillons. Pour combler cette lacune, on a utilisé trente-deux BD-FPTs déjà développées pour des sols différents dans le monde pour prédire le BD_{m0} dans les sols homogènes et sans cailloux. En utilisant des critères statistiques, la performance des couplages Ks-BD-FPTs a été évaluée. Les résultats montrent que certains couplages peuvent bien

prédire la conductivité hydraulique dans ce type de sol et aussi sa variabilité spatiale en fonction de la teneur en cailloux.

Simultanément, un site d'ANC a été choisi comme pilote selon des critères techniques et locaux. Dans ce site-là, on a implanté des plaques poreuses à deux profondeurs différentes sous le massif filtrant (MF) (120 et 160 cm de profondeur) et en utilisant deux pompes on a prélevé la solution interstitielle du sol. Par cette méthode, on peut évaluer le rôle du sol par rapport à l'infiltration des eaux usées traitées. Parallèlement, on a installé sur le site pilote une série de tensiomètres et de sondes de profil de l'humidité du sol, une sonde de pression pour évaluer la variation de la nappe sous-jacente et une station météorologique. Avec les données d'humidité volumique et le potentiel matriciel du sol enregistrées par une centrale d'acquisition, le régime hydrodynamique du sol sous le MF est étudié.

Les tests de perméamétrie in situ par Guelph donnent des valeurs de la conductivité hydraulique qui sont en moyenne 51 fois supérieures aux valeurs déduites de la fonction de pédotransfert de Cosby et al (1984) qui appartient à la catégorie I des Ks-FPTs. Cela montre que l'appareil Guelph mesure la conductivité hydraulique globale du sol (c'est-à-dire, il intègre l'effet des macropores et en même temps l'effet de la matrice du sol). Cela suggère aussi que des écoulements préférentiels se produisent dans le sol via des raccourcis (macropores) traversant la matrice. L'analyse des données enregistrées montre la réaction rapide de la nappe à la pluie et la réaction non uniforme des tensiomètres selon leur position pendant la période humide (rejet d'eau usée). Ces résultats, ainsi que le précédent, suggèrent l'existence d'un écoulement préférentiel dans le sol sous-jacent. De plus, l'analyse des données de la variation de succion et de la teneur en eau pendant la période humide confirme les pics journaliers à cause de l'infiltration des eaux usées de la maison.

Les résultats montrent que dans la colluvion, bien que la matrice du sol soit fine, la conductivité hydraulique est élevée dans ce type de sol. Cela démontre que la fraction des cailloux dans le sol joue un rôle principal dans l'évacuation des eaux usées traitées et aussi de l'eau pluviale vers les couches sous-jacentes et finalement vers la nappe (conductivité dominée par les macropores). Donc, cette propriété serait un point fort pour la fonction de transfert du sol et on peut la suggérer comme une méthode pour améliorer la capacité de transfert de l'eau des sols lourds dans les

projets d'aménagement urbain où périurbain. Mais dans le cas où la sollicitation de la matrice fine du sol et l'eau est à certain niveau nécessaire, soit pour l'épuration, soit pour la rétention, il faut rechercher un mélange adéquate des teneurs différentes en cailloux avec des textures différentes de la matrice du sol, grâce à des études au laboratoire sur des modèles physiques, pour arriver à un compromis entre les deux types de la conductivité hydraulique (matricielle et de macropores) selon les besoins techniques exprimés.