

Suivi de l'infiltration d'une zone de rejet végétalisée par un système d'observation de la qualité de l'eau en continu, cas de Coutières (Deux-Sèvres)

Les zones de rejet végétalisées sont des espaces aménagés entre la station d'épuration et le milieu récepteur, censés contribuer à la réduction de l'impact des rejets sur le milieu naturel. Des incertitudes subsistent toutefois quant à leur capacité réelle à épurer les eaux usées traitées. Ici, les auteurs étudient le fonctionnement de la station de Coutières depuis le procédé de traitement jusqu'au milieu récepteur pour mieux comprendre les phénomènes d'infiltrations et proposer des règles de dimensionnement.



Les zones de rejet végétalisées (ZRV) se développent en assainissement collectif depuis les années 2000 sur les petites collectivités de vingt à plusieurs centaines d'équivalents habitants. On distingue principalement trois objectifs pour ces ZRV qui peuvent être liés

les uns aux autres : le traitement de tout ou partie de la pollution résiduelle des eaux, le zéro rejet dans les eaux de surface, et/ou la requalification de l'eau de sortie.

Un état des lieux a été réalisé par Irstea et témoigne de la diversité d'aspect, de principe et de dimensionnement de ces systèmes (Boutin et Prost-Boucle, 2012).

Cependant, des incertitudes subsistent quant aux résultats réels des ZRV et à leur capacité à épurer les eaux. Il s'agit dans cette étude de connaître les parts respectives du sol et du sous-sol d'un côté, et des végétaux de l'autre, à épurer les eaux usées traitées. Il s'agit également de décomposer le zéro rejet en parts évaporée (*via* la surface libre de la mare), évapo-transpirée (*via* les végétaux présents autour du fossé en aval de la mare) et infiltrée (*via* toutes les surfaces de sols en contact avec les eaux libres).

Pour cela, l'étude du fonctionnement de la station de Coutières (Deux-Sèvres) semble pertinente, représentative du sous-sol moyen en France et mise en service récemment. Il s'agit de suivre le fonctionnement particulier de cette station depuis le procédé de traitement par Rhizostep® jusqu'au milieu récepteur pour mieux comprendre les phénomènes d'infiltrations et proposer des règles de dimensionnement.

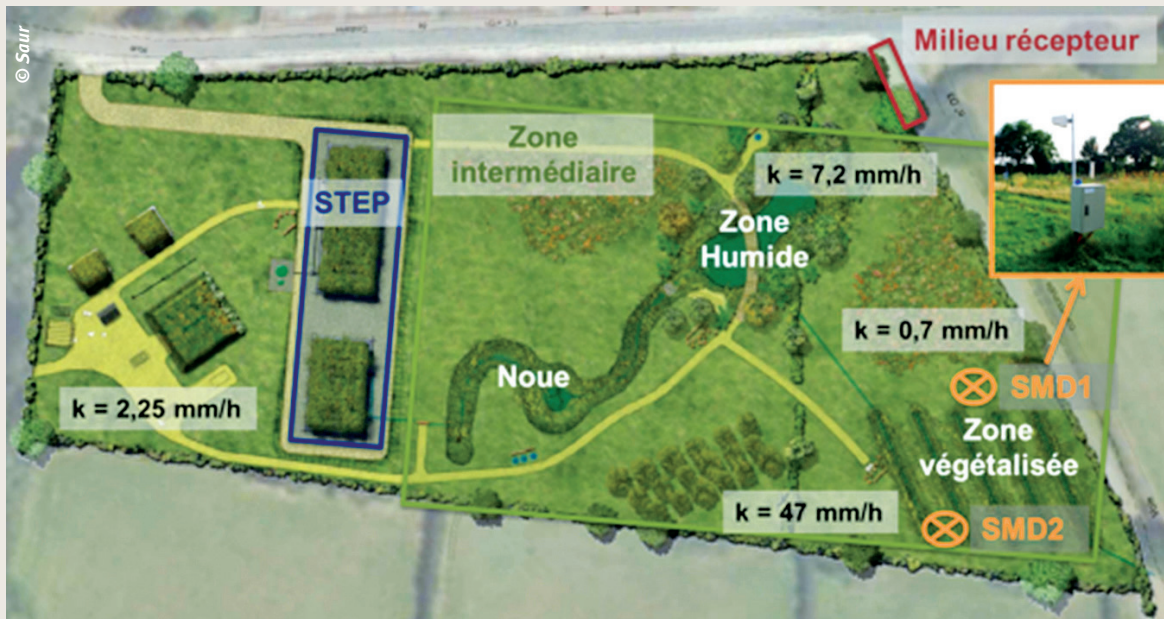
Un projet de la direction « recherche et développement » de Saur, en collaboration avec la société imaGeau, a été lancé sur trois ans pour dresser un bilan hydraulique et suivre la qualité des eaux de surface et du sous-sol afin de caractériser l'efficacité épuratoire de la zone de rejet végétalisée avant le milieu récepteur.

Site d'étude

Coutières est une petite commune de 170 habitants. La station d'épuration « Horizon » comprend une installation de traitement des eaux usées par Rhizostep®, suivi d'une zone de rejet végétalisée destinée à compléter le traitement des eaux tout en favorisant la biodiversité, le tout étant accompagné d'un circuit pédagogique réalisé en partenariat avec le Syndicat, le CPIE 79 (Centre permanent d'initiatives pour l'environnement du département des Deux-Sèvres) et les équipes Saur, le long du fil de l'eau et permettant une valorisation socio-économique du site (figure 1).

Le procédé Rhizostep®, lit planté de roseaux développé par Saur, est adapté aux rejets de 50 à 2 000 équivalents habitants. Ce procédé utilise les propriétés épuratoires du sol comme moyen de traitement des effluents bruts. Le traitement des effluents s'effectue naturellement, sans ajout de réactifs chimiques et gravitairement. Grâce au plancher d'aération composé de dalles de blocs perforés en fond de lit (blocs Rhizostep®), qui favorise le développement des bactéries et assure la consommation de la

1 Site expérimental de Coutières (Deux-Sèvres).



matière organique, la surface de traitement est de 1 m² par équivalent habitant. La partie visible de l'installation, composée de roseaux, s'intègre parfaitement au paysage. La zone de rejet végétalisée permet, après épuration par les roseaux, aux eaux usées de la commune et aux eaux pluviales de l'éco-lotissement d'être recueillies dans une noue, qui correspond à un canal ouvert et sinueux. Elles s'écoulent ensuite vers une zone humide (mare) entourée d'une jachère fleurie et d'un verger. L'eau circule pour finir dans un fossé en forme de serpent de 120 ml, zone d'évapotranspiration végétalisée par des saules. Ce système permet de n'avoir aucun rejet dans les eaux superficielles du milieu récepteur en optimisant l'évaporation et l'infiltration d'eaux affinées sur la ZRV.

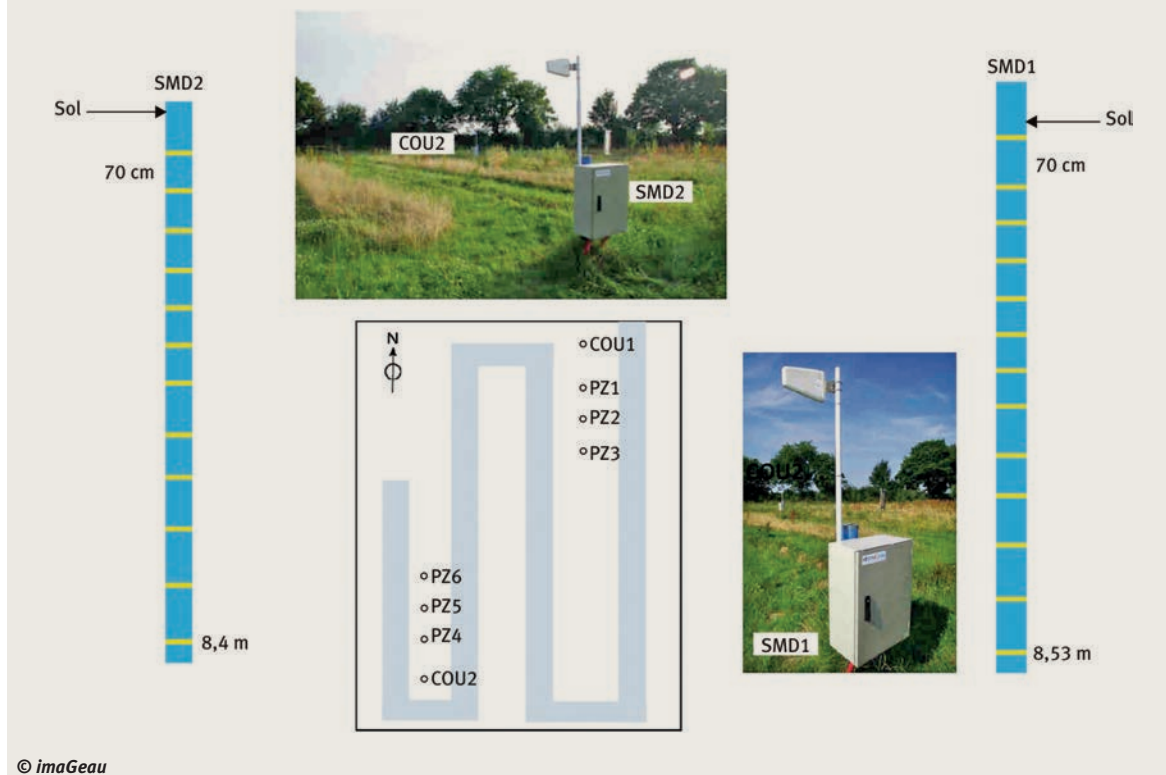
Du point de vue du contexte hydrogéologique, le projet a lieu au cours d'années pluvieuses telles que, en période hivernale, la nappe phréatique sous-jacente est en charge et son toit très peu profond. La perméabilité fortement anisotrope [0,7 – 47 mm/h] de la parcelle suggère des potentialités d'échanges hydrauliques importants. Dans ce contexte, la zone humide a été rendue semi-étanche par la mise en place d'une couche d'argile colloïdale tapissant le fond de la mare. Le fonctionnement en surverse de la zone humide vers la zone de rejet végétalisée permet de tamponner les flux d'eaux et optimiser leur infiltration.

Outils de suivi : SMD imaGeau

Une métrologie spécifique a été mise en place pour suivre la qualité de la nappe souterraine en réponse à l'infiltration des eaux traitées de la station. Elle implique deux méthodes différentes et complémentaires (figure 2).

Une première méthode, classique, a été de réaliser des prélèvements d'eau sur des triplets de piézomètres (tube vertical troué dans sa partie basse et installé suite à la foration d'un trou de diamètre circulaire dans le sous-sol) qui captent passivement l'eau souterraine à trois profondeurs différentes (3 m, 6 m, 9 m), correspondant aux venues d'eau connues sur le site du projet. Ces triplets de piézomètres ont été implantés à deux niveaux différents du serpent et perpendiculairement aux écoulements souterrains, de sorte que les variations entre les deux triplets correspondent bien à la dynamique d'infiltration et non pas à celle de l'écoulement souterrain entre les deux points de suivi. Le but de cette méthode est de pouvoir appréhender une éventuelle variation verticale de l'eau souterraine entre les piézomètres, sur plusieurs paramètres. Il s'agit aussi de tenter des corrélations entre des paramètres indicateurs facilement mesurables (ex. : conductivité électrique) et des paramètres cibles mais mesurables de façon fiable uniquement en laboratoire : l'azote et le phosphore sous toutes leurs formes solubles. Des analyses conjointes ont également été réalisées sur le fil de l'eau : sortie de Rhizostep®, zone humide, ZRV. Une deuxième méthode, innovante, a été d'installer à côté de chaque triplet de piézomètres, un outil, appelé SMD (*subsurface monitoring device*), qui fournit en continu une mesure *in situ* de la conductivité électrique de l'eau souterraine (figure 3). L'avantage de la méthode est de proposer des valeurs plus représentatives du milieu naturel. Ces mesures sont acquises à la fréquence journalière et transmises automatiquement via un réseau 3G. Le but de cette méthode est de compléter les données ponctuelles obtenues par une chronique temporelle continue (actuellement 2 ans, 3 ans à la fin du projet)

② Dispositif de métrologie déployé sur le site de projet : triplets de piézomètres et SMD sur deux points d'infiltration différents.



© imaGeau

▶ et une grande précision sur la verticale (12 points de mesure sur la verticale espacés de 35 à 70 cm selon les tronçons), sur le même linéaire que les piézomètres (9 m au maximum).

Résultats

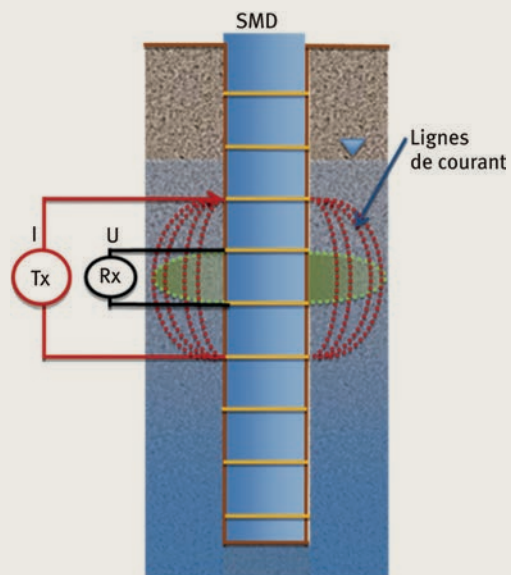
Bilan hydrique

En 2013, la ZRV a été alimentée par les eaux traitées de la Rhizostep® à hauteur de 1 478 m³. En se focalisant sur la zone humide (mare), première étape du système, d'une surface spécifique d'environ 180 m², on peut donc évaluer le niveau d'eau apporté à ce compartiment. Sur l'année, 8 210 mm d'eau ont été apportés. La part de l'évaporation, qui s'établit à 751 mm, a été estimée par la formule de Rohwer¹.

Or, la ZRV s'est avérée majoritairement à sec avec seulement trois épisodes pluvieux ayant nécessité une alimentation de la ZRV et une infiltration sur cette zone. Une infiltration non négligeable au niveau de la mare a donc permis d'infiltrer une grande partie des masses d'eau. Ceci s'explique par le relatif surdimensionnement de la zone humide en prévision de l'installation de nouveaux habitants dans l'éco-lotissement adjacent. En

l'état actuel, la ZRV permet donc de juguler les excès de précipitation et d'assurer un zéro rejet sur l'ensemble de l'année. Ces masses d'eau infiltrées peuvent être suivies par le système de mesure en continu de la conductivité implanté sur le site.

③ Outil de mesure de résistivité électrique par une différence de potentiel entre un couple d'électrodes émettrices et un couple d'électrodes réceptrices.



1. Évaporation = $1,2 \times 0,484 \times (1 + 0,6u) \times e^{(17,27 \times t)/(273,2 + t)} \times (1 - Hr/100)$
avec :
u : vitesse moyenne du vent (m/s) ;
t : température moyenne journalière (°C) ;
Hr : humidité relative moyenne journalière (%) ;
facteur correctif de « 1,2 ».

Conductivité électrique in situ

Les résultats sont similaires pour les deux SMD. Ils montrent des cycles réguliers, annuels, d'entrée d'eau douce/eau minéralisée qui affectent la zone saturée jusqu'à 5 m (figure 4). Au-delà, la minéralisation de l'eau souterraine reste constante. L'eau minéralisée, qui s'infiltré depuis la surface à proximité du SMD, peut raisonnablement être interprétée comme de l'eau usée traitée. L'eau douce, qui s'interface avec l'eau usée traitée, correspond très probablement à de l'eau de pluie infiltrée. L'eau douce observée au delà de 5 m de profondeur peut être interprétée comme l'eau de nappe proprement dite.

La présence de l'eau usée traitée, comme de l'eau douce, se décale progressivement dans le temps avec la profondeur. Cela confirme que les eaux observées proviennent essentiellement de l'infiltration d'eau douce (1^{er} semestre de l'année) ou d'eau usée traitée (2^e semestre de l'année) et que la circulation des eaux usées traitées dans la nappe phréatique est verticale sur le lieu de l'infiltration. Ces infiltrations sont progressivement décalées dans le temps du haut vers le bas de l'aquifère pour chacun des cycles, avec une inertie comparable.

L'eau usée traitée ne s'infiltré pas dans la nappe phréatique au-delà d'une profondeur qui reste constante au cours du temps (5 m de profondeur). Cette profondeur constitue la limite de la zone saturée qui permet l'autoépuration naturelle des eaux usées traitées infiltrées.

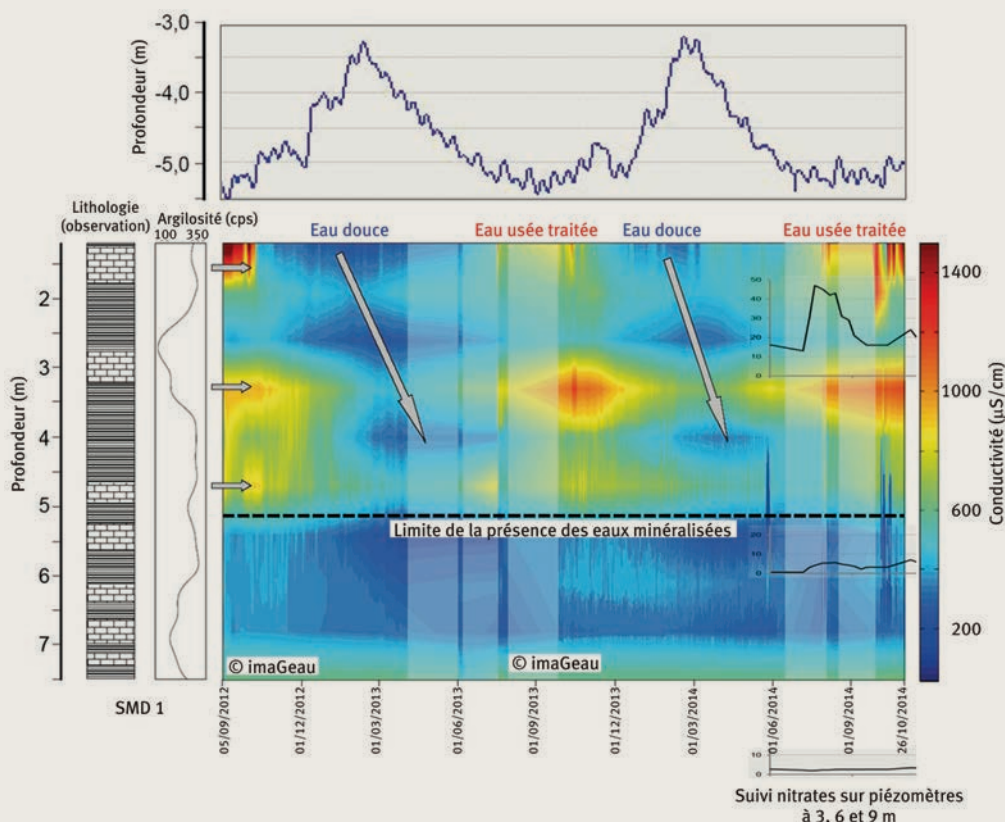
Les cycles alternant eau douce et eau usée traitée observés dans le temps pour une même profondeur traduisent la circulation horizontale des eaux usées traitées. La présence cyclique d'eau douce jusqu'à 5 m de profondeur est corrélative des périodes hautes de la nappe phréatique sous-jacente. La présence cyclique d'eau usée infiltrée est corrélative des périodes basses de la nappe phréatique sous-jacente.

Analyses physico-chimiques

Les analyses physico-chimiques ont été effectuées sur les eaux de surface et les eaux souterraines via les piézomètres pour les paramètres tels que le pH, la conductivité, les formes de l'azote et du phosphore. Le phosphore, sous forme quasi exclusivement d'orthophosphates, précipite sur les horizons superficiels, comme décrit dans la littérature (Boutin *et al.*, 2010), ou est assimilé par les microalgues dans la mare. Trois quarts de la charge est déjà précipitée dans la noue menant à la zone humide, le reste est en totalité recueilli en fond de mare. Ce paramètre ne permet donc pas de caractériser l'infiltration.

Concernant les autres paramètres, en plus de confirmer les mesures de conductivité des SMD, une corrélation forte entre la conductivité et les nitrates (forme ultra majoritaire de l'azote en sortie de Rhizostep®) est observée avec une montée en charge pendant la période de juillet à octobre sur l'horizon à 3 m (figure 4). Sur la même période, le pH diminue sur ce même horizon,

4 Représentation graphique de la conductivité mesurée in situ en fonction de la profondeur et du temps. Sont ajoutés sur le graphique la nature des strates géologiques à gauche, le niveau de la nappe phréatique sous-jacente en haut, et les analyses en nitrates sur la période de juin à décembre 2014.



▶ passant en dessous de 7. Ces observations confirment une infiltration d'eau d'origine anthropique jusqu'à 3 m et une dilution importante de ces infiltrations jusqu'à 6 m, la strate 9 m restant représentative de la nappe phréatique (par exemple, le captage de Saint-Gelais). Il est à noter que le système de mare, proche d'un lagunage classique, permet d'éliminer une partie (environ trois quarts) des nitrates par assimilation des microalgues.

Discussion - Conclusion

Le sous-sol du site, avec une nature en partie argileuse et une perméabilité moyenne à faible, est certainement représentatif d'une majorité de cas de sous-sol aménageable du territoire qui sont constitués en majorité d'argiles et de marnes. Néanmoins, en l'absence d'une étude statistique sur le même dispositif de Rhizostep® installé sur plusieurs sites de taille différente, un dimensionnement des zones de rejet végétalisées doit, pour l'instant, être étudié au cas par cas.

L'infiltration d'eaux superficielles d'origine anthropique a été évaluée et le flux apporté par la Rhizostep® a été globalement réparti entre l'évaporation pour 10% du flux et l'infiltration pour le reste. La ZRV a donc été efficace pour infiltrer les eaux traitées, la zone humide (mare) servant de réacteur réduisant la pollution de nitrates de $76 \pm 13\%$, et d'infiltration en continu. La ZRV permet d'infiltrer ponctuellement les excès de précipitation en cas de forte pluviométrie. Ainsi, seuls trois épisodes orageux sur l'année n'ont pas permis d'atteindre le zéro rejet. Le suivi des nitrates et de la conductivité ont démontré l'infiltration d'eaux d'origine anthropique jusqu'à 3 m.

Ces observations ont permis de confirmer la réversibilité des phénomènes sur trois années consécutives. Pendant les saisons été-automne, les eaux d'origine anthropique s'infiltrèrent, augmentant la concentration des polluants dans les strates plus perméables jusqu'à 5 m de profondeurs, avec des flux horizontaux importants. Pendant les saisons hiver-printemps, les eaux usées traitées infiltrées disparaissent par mélange (dilution) avec les volumes importants d'eau douce entrants dans le système, à travers l'infiltration d'eaux météoriques et la remontée de la nappe phréatique. Par ailleurs, dans un sous-sol argileux, les échanges eau-roche jouent vraisemblablement

un rôle important dans la qualité des eaux, les argiles ayant une capacité de rétention élevée à très élevée de nombreuses molécules. Cet aspect du travail, extrêmement difficile à mettre en place sur un site naturel, n'a pas été réalisé et constitue ainsi un axe de recherche à part entière à développer sur ce thème.

Les flux hydrauliques ainsi que les flux de polluants classiques ont été ainsi bien mesurés. Les premiers résultats sur les micropolluants permettront de connaître plus précisément l'impact des installations de traitement des eaux usées sur la qualité des sols et des nappes phréatiques et le rôle que peuvent jouer les ZRV dans ces flux. La ZRV est donc une approche intéressante pour les petites collectivités (système extensif) en permettant une valorisation de la station d'épuration d'un point de vue de la gestion des flux hydrauliques, de l'impact environnemental et paysager, tout en favorisant les initiatives socio-économiques. Le site de Coutières est exemplaire dans cette approche de l'ingénierie écologique en combinant un procédé végétal (Rhizostep®) avec une zone de rejet végétalisée où la biodiversité est essentielle. Cette installation est valorisée grâce à la collaboration du CPIE de Gâtine Poitevine qui permet à environ dix mille visiteurs d'être sensibilisés chaque année à l'importance de la préservation des écosystèmes. ■

Les auteurs

Jean-Philippe BELLOT

ImaGeau – Cap Alpha
9 avenue de l'Europe – F-34830 Clapiers – France

✉ jean-philippe.bellot@imageau.eu

Vincent JAUZEIN et Fabrice NAULEAU

Saur, Direction Recherche et Développement
1 rue Antoine Lavoisier – F-78280 Guyancourt
France

✉ vincent.jauzein@saur.com

✉ fabrice.nauleau@saur.com

EN SAVOIR PLUS...

📄 **BOUTIN, C., PROST-BOUCLE, S.,** 2012, Les zones de rejet végétalisées, *Sciences, Eaux & Territoires*, n°9, *Recherche et Ingénierie au service des acteurs de l'assainissement*, p. 36-43. Disponible sur <http://set-revue.fr/les-zones-de-rejet-vegetalisees>

📄 **BOUTIN, C., IWEMA, A., LAGARRIGUE, C.,** 2010, *Point sur les zones de dissipation végétalisées, vers une protection supplémentaire du milieu récepteur de surface ?*, Rapport technique, Cemagref, AERMC, 12 p. Disponible sur : http://epnac.irstea.fr/wp-content/uploads/2012/08/Expertise_cemagref_RMC_ZRV_juin_2010.pdf

📄 **MOLLE, P.,** 2008, *Évaluation du procédé Rhizostep® de SAUR*, Cemagref, 55 p. Disponible sur <http://epnac.irstea.fr/wp-content/uploads/2012/08/Evaluation-Rhizostep-2008.pdf>

📄 **REUIL, A., GLOVER, R.,** 1998, Nature of surface electrical conductivity in natural sands, sandstones, and clays, *Geophysical Research Letters*, 25, 5, p. 691-694.



Les zones de rejet végétalisées sont des espaces aménagés entre la station d'épuration et le milieu récepteur, censés contribuer à la réduction de l'impact des rejets sur le milieu naturel.