

## Projet ANGRES

# Mise en place d'un indicateur intégratif pour la gestion du potentiel épurateur des sols soumis à l'infiltration en assainissement non collectif.

<b>1</b>	<b>RECAPITULATIF DU PROJET.....</b>	<b>2</b>
	1.1.1 <i>Titre du projet et acronyme .....</i>	2
	1.1.2 <i>Axe(s) de l'appel à propositions de recherche traité(s).....</i>	2
	1.1.3 <i>Mots-clés (5 à 10) hors du titre .....</i>	2
	1.1.4 <i>Responsable scientifique.....</i>	2
	1.1.5 <i>Equipe scientifique .....</i>	3
	1.1.6 <i>Budget prévisionnel total.....</i>	3
	1.1.7 <i>Participation demandée.....</i>	4
	1.1.8 <i>Résumé.....</i>	4
<b>2</b>	<b>DESCRIPTIF DU PROJET.....</b>	<b>5</b>
2.1	EXPOSE DU PROJET .....	5
	2.1.1 <i>Introduction à la problématique et justification du projet.....</i>	5
	2.1.2 <i>Actions passées, cadre actuel de la demande .....</i>	6
	2.1.3 <i>Etat des questions sur le domaine, étude bibliographique .....</i>	8
	2.1.4 <i>Articulation avec d'autres programmes de recherche en cours .....</i>	12
2.2	PLAN DE RECHERCHE DETAILLE.....	14
	2.2.1 <i>Objectifs.....</i>	14
	2.2.2 <i>Sites retenus.....</i>	15
	2.2.3 <i>Programme de travail.....</i>	16
2.3	ORGANISATION DE LA PROPOSITION .....	24
	2.3.1 <i>Composition et responsabilités.....</i>	24
	2.3.2 <i>Expérience des équipes dans le domaine considéré .....</i>	24
	2.3.3 <i>Programmes en cours.....</i>	28
	2.3.4 <i>Calendrier.....</i>	28
2.4	VALORISATION .....	30
	2.4.1 <i>Valorisation scientifique.....</i>	30
	2.4.2 <i>Valorisation opérationnelle envisagée .....</i>	30
<b>3</b>	<b>ANNEXE FINANCIERE DETAILLEE EN EUROS TTC.....</b>	<b>32</b>
<b>4</b>	<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES CITEES .....</b>	<b>33</b>

# 1 Récapitulatif du projet

## 1.1.1 Titre du projet et acronyme

*Mise en place d'un indicateur intégratif pour la gestion du potentiel épurateur des sols soumis à l'infiltration en assainissement non collectif.*

Projet ANCREs (ANC – Rétention et Epuration par les Sols)

## 1.1.2 Axe(s) de l'appel à propositions de recherche traité(s)

Ce projet traite les axes I et II de l'appel à proposition de recherche :

- Observer et évaluer les fonctions du sol et les services rendus à la société
- Préserver le patrimoine « sol » et sensibiliser les acteurs.

## 1.1.3 Mots-clés (5 à 10) hors du titre

Eau usée – Nutriments – Polluant émergent – Milieu poreux – Nappe – Milieu péri-urbain

## 1.1.4 Responsable scientifique

FOUCHÉ-GROBLA Olivier

Signature

Date

Nom d'usage : FOUCHÉ Olivier

[olivier.fouche@cnam.fr](mailto:olivier.fouche@cnam.fr)

Tél : 01 40 27 24 27

Fax : 01 40 27 24 28

Mob : 06 32 59 57 46

LEESU

Laboratoire Eau Environnement et Systèmes Urbains

Université Paris-Est – Ecole des Ponts ParisTech – AgroParisTech

6 et 8, avenue Blaise Pascal - Cité Descartes

F 77455 Marne-la-Vallée Cedex 2

Secrétariat 01 64 15 36 25

Directeur du LEESU

Bruno TASSIN

Signature

Date

[bruno.tassin@leesu.enpc.fr](mailto:bruno.tassin@leesu.enpc.fr)

01 64 15 36 40

### 1.1.5 Equipe scientifique

L'équipe associe des membres de 5 organismes de recherche :

- LEESU ENPC Université Paris-Est (établissement coordinateur)
- CNAM
- CEMAGREF
- LaMI (POLYTECH Clermont-Ferrand)
- CETE IF

#### Coordination

- Olivier FOUCHÉ (CNAM)

#### Comité de pilotage (CP)

- LEESU ENPC : Martin SEIDL (CR) [martin.seidl@leesu.enpc.fr](mailto:martin.seidl@leesu.enpc.fr)
- CNAM : Olivier FOUCHÉ (MDC) [olivier.fouche@cnam.fr](mailto:olivier.fouche@cnam.fr)

- CEMAGREF : Catherine BOUTIN (IDAE) [catherine.boutin@cemagref.fr](mailto:catherine.boutin@cemagref.fr)

- CETE IF : Emmanuel BERTHIER (IDTPE) [emmanuel.berthier@developpement-durable.gouv.fr](mailto:emmanuel.berthier@developpement-durable.gouv.fr)
- POLYTECH Clermont-Fd : Pierre BREUL (MDC) [pierre.breul@polytech.univ-bpclermont.fr](mailto:pierre.breul@polytech.univ-bpclermont.fr)

#### Chercheurs et ingénieurs hors CP

- José Frédéric DEROUBAIX (CR, LEESU) [jfd@leesu.enpc.fr](mailto:jfd@leesu.enpc.fr)
- Catherine LORGEUX (IR, LEESU) [catherine.lorgeoux@leesu.enpc.fr](mailto:catherine.lorgeoux@leesu.enpc.fr)
- Marielle NAAH (TH, LEESU) [marielle.naah@leesu.enpc.fr](mailto:marielle.naah@leesu.enpc.fr)
- Laurent BRIANÇON (MDC, CNAM) [laurent.briancon@cnam.fr](mailto:laurent.briancon@cnam.fr)
- Guillaume FAUCHEUX (IE, CNAM) [guillaume.fauchoux@cnam.fr](mailto:guillaume.fauchoux@cnam.fr)
- Christophe SAILLÉ (IT, CNAM) [chsaille@yahoo.fr](mailto:chsaille@yahoo.fr)
- François GIRAUD (IE, CNAM) [françois.giraud@cnam.fr](mailto:françois.giraud@cnam.fr)
- Patrice LEFRANÇOIS (IE, CNAM) [patrice.lefrancois@cnam.fr](mailto:patrice.lefrancois@cnam.fr)
- Nicolas FORQUET (IAE, CEMAGREF) [nicolas.forquet@cemagref.fr](mailto:nicolas.forquet@cemagref.fr)
- Vivien DUBOIS (IE, CEMAGREF) [vivien.dubois@cemagref.fr](mailto:vivien.dubois@cemagref.fr)
- David RAMIER (CR, CETE IF) [david.ramier@developpement-durable.gouv.fr](mailto:david.ramier@developpement-durable.gouv.fr)

#### Conseillers scientifiques et techniques externes

- Christine BAILLY (Intersyndicat de Toucy) [spancintersyndicat@wanadoo.fr](mailto:spancintersyndicat@wanadoo.fr)
- Jean-François BÉRAUD (ex. Burgéap) [jf-beraud@wanadoo.fr](mailto:jf-beraud@wanadoo.fr)
- Alain LOUETTE (AESN) [louette.alain@aesn.fr](mailto:louette.alain@aesn.fr)
- Nathalie Lydié (INPES) [n\\_lydie@hotmail.com](mailto:n_lydie@hotmail.com)
- Jean-Claude LACASSIN [Jean-Claude.LACASSIN@canal-de-provence.com](mailto:Jean-Claude.LACASSIN@canal-de-provence.com)

### 1.1.6 Budget prévisionnel total

Le budget prévisionnel total du projet se monte à **843,5 k€** dont moins d'un tiers sera couvert par la subvention demandée au MEEDDM.

### 1.1.7 Participation demandée

Dans le cadre de ce projet, il est demandé une subvention au MEEDDM de **267 592 €** pour une durée de 36 mois.

Le projet ANCRES s'inscrit pleinement dans le cadre du plan d'action ANC du MEEDDM. C'est une première étape qui permettra de répondre partiellement aux questions posées. Les différents partenaires ont d'ores et déjà conscience de la nécessité de solliciter d'autres moyens complémentaires (ONEMA, ANR, Région...) pour un financement spécifique à la conception et à la réalisation d'un site d'essai instrumenté pour l'étude du fonctionnement du sol en ANC.

En effet, une action du plan national ANC du MEEDDM consiste à organiser et structurer la recherche et le développement en matière d'ANC pour favoriser le développement et l'expérimentation de procédés performants, en privilégiant les plus intéressantes d'un point de vue économique, sanitaire et environnemental. L'objectif de cette action est de réaliser des études techniques sur les filières de traitement actuellement utilisées en ANC et de favoriser l'expérimentation des filières innovantes, en privilégiant les plus intéressantes d'un point de vue économique et environnemental. L'ONEMA fera des propositions, en lien avec les différents acteurs scientifiques et techniques publics et privés pour mieux organiser et structurer la recherche et le développement en ANC. Ces travaux s'appuieront notamment sur les actions conduites actuellement dans le cadre des pôles de compétitivité.

### 1.1.8 Résumé

Le sol est l'interface qui assure les échanges entre l'atmosphère et le milieu souterrain et ses ressources, dont les nappes d'eau. Le sol conditionne la recharge des nappes et leur aération et les protège des pollutions issues des activités humaines à la surface. Parmi ces pollutions, il en est une qui est aussi ancienne que la société humaine : les eaux usées et les déchets organiques qu'elles charrient. Le rôle protecteur du sol étant essentiel, cela suffit à en faire lui-même une ressource à gérer.

L'assainissement non collectif (ANC) à l'échelle de l'habitat inclut un ensemble de techniques dont certaines sont innovantes, qui jusqu'à présent ont été considérées comme suffisantes pour abattre la part de polluants que le sol ne saurait retenir et/ou dégrader à lui seul. Cette hypothèse relative au sol est en général non vérifiable par manque de travaux pertinents et de suivi et elle est peu abordée par la littérature : vraie pour la plupart des éléments majeurs mais pas tous, elle est encore inexplorée pour les polluants plus complexes et en particulier les polluants émergents.

Aux polluants traditionnels caractéristiques de la vie domestique comme azote, phosphore et carbone, ou encore les pathogènes, s'ajoute en effet une nouvelle génération de substances qui témoignent d'une part de la modernisation des techniques d'analyse et d'autre part de l'évolution des produits de nettoyage, d'hygiène corporelle et de santé au sein des ménages : les surfactants, les biocides, les médicaments.

Nous voulons étudier le couple de fonctions rétention – épuration du sol dans une zone d'ANC et élaborer un indicateur intégratif décrivant cette double fonction pour permettre aux gestionnaires d'évaluer le patrimoine « sols » soumis à l'usage ANC. Une réflexion sur le changement d'échelle sera conduite pour étendre la méthodologie à des eaux traitées dans le cadre des aires d'infiltration des STEP et des ZDV.

Il est proposé d'aborder cette question en recueillant des données sur la texture, la physico-chimie et la microbiologie (mesure de paramètres du sol in situ et au laboratoire) et en procédant à une caractérisation sociotechnique (usages, perception du sol et de ses fonctions par les acteurs de l'ANC).

Les indices les plus révélateurs seront intégrés dans un indicateur pour l'aide à la décision dans le cadre de l'élaboration des politiques environnementales. La spatialisation de la menace associée à l'ANC et la stratégie d'échantillonnage fera l'objet d'un essai de SIG à l'échelle du territoire d'un SPANC ou d'un département.

## 2 Descriptif du projet

### 2.1 Exposé du projet

#### 2.1.1 Introduction à la problématique et justification du projet

Au sens du pédologue, le sol est un milieu complexe vivant composé de minéraux et de matières organiques formant une matrice. A ce titre, il est assimilé à un écosystème. Sur un profil transversal, on observe un continuum du sol à la roche mère laissant apparaître des degrés d'altération plus ou moins poussés de la fraction minérale. La fraction organique du sol est un mélange de matières organiques en décomposition (ou dégradation) et de matières organiques vivantes. La décomposition de la matière organique s'opère sous l'effet cumulé de l'activité microbienne, de l'hydrolyse et de l'oxydation.

A bien des égards, le sol est un milieu support (de production de biomasse et d'infrastructures humaines) et récepteur (évacuation des eaux). De plus, il possède des propriétés épuratrices (décomposition et « assimilation » de la matière organique). Ce 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 individuel dès le début 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 sont incontournables. Dans le cas de l'assainissement non collectif, les eaux usées sont envoyées dans le sol après décantation / liquéfaction puis filtration / dégradation aérobie plus ou moins rapide. Aujourd'hui, la réglementation française relative à l'assainissement non collectif incite à l'utilisation du sol comme composant principal pour l'épuration et l'évacuation des eaux usées domestiques, dans la mesure où la capacité d'infiltration du sol permet la réalisation d'un dispositif d'épandage sur la parcelle.

En France, on estime que 5,4 millions d'installations d'assainissement non collectif couvrent les besoins de 13 millions de personnes. Chaque année, entre 100 000 et 150 000 installations neuves ou réhabilitées sont réalisées. Ces installations vont du système le plus ancien (fosse septique suivie d'un épandage souterrain) à des systèmes sophistiqués comme les microstations à boues activées ou en cultures fixées, mais la destination finale des eaux traitées reste majoritairement le sol.

Quelle que soit la filière choisie, l'épuration des eaux usées domestiques en assainissement non collectif poursuit deux objectifs : élimination du risque sanitaire par une absence de contact humain des eaux usées et des eaux usées traitées (l'abattement de la pollution bactériologique n'est pas systématique) et protection des eaux souterraines ou des eaux superficielles, par une dégradation de la pollution organique.

Les eaux usées domestiques sont majoritairement chargées d'une pollution organique due aux excréta humain mais on y retrouve aussi des polluants organiques synthétiques (surfactants, diluants, biocides, résidus médicamenteux...). Si la dégradation de la pollution organique fécale a été largement documentée, le devenir des polluants organiques de synthèse dans le sol est encore peu étudié dans le cas de l'assainissement non collectif.

Après introduction dans le sol, le devenir d'une molécule organique peut se décrire brièvement sous forme de quatre mécanismes ; elle peut être totalement « transparente » pour la matrice et être ainsi transférée vers les niveaux inférieurs ; elle peut être captée dans l'eau de rétention ; elle peut être adsorbée sur la matrice ; enfin, elle peut être plus ou moins dégradée en fonction de sa structure. Au cours du temps, ces mécanismes gouvernant le devenir d'une molécule organique peuvent s'altérer. Si les propriétés physiques du sol permettent la rétention / adsorption de certaines molécules, il est

possible qu'une utilisation prolongée du sol aboutisse à une altération de ces mécanismes et entraîne un relargage ou un lessivage de ces molécules ou des éléments de leur dégradation.

En ANC, on distingue majoritairement trois usages du sol qui correspondent aux trois filières les plus fréquentes :

- en épandage souterrain, le sol assurera le traitement dans un horizon choisi ainsi que l'évacuation dans un horizon sous-jacent ;
- dans le cas d'un filtre à sable non drainé, le sol assurera une évacuation dans l'horizon sous-jacent ;
- dans le cas d'un filtre à sable drainé, l'ouvrage d'évacuation, après récupération du rejet, pourra être l'horizon superficiel du sol.

Par l'intermédiaire de ces 3 filières les plus fréquentes, on identifie les 3 fonctions principales dans cet usage du sol : 1. Traitement ; 2. Evacuation en profondeur ; 3. Evacuation en surface.

Ces fonctions principales se caractérisent aussi par des sollicitations plus ou moins fortes en terme de charge organique et charge hydraulique : en traitement, les sollicitations hydrauliques seront bien moindres que dans le cas de l'ouvrage dédié à l'évacuation.

Aujourd'hui, il existe des indicateurs pour les sols comme par exemple l'Indice d'aptitude du sol à l'épandage. Cependant cet indice fonctionne à une échelle plus importante que l'ANC et il se limite principalement à la capacité d'infiltration. Les indices ne prennent pas en compte l'état effectif du sol ni les aspects socio-économiques.

L'état des eaux est évalué à ce jour à l'aide de l'indice SEQ (Système d'Evaluation de la Qualité des Eaux). Cet indice permet de qualifier une altération de l'état de l'eau vis-à-vis d'un usage particulier et dans une optique de dépassement de seuil ponctuel. Cet outil d'évaluation est construit par rapport à un milieu « référence » et est exprimé en classes de qualité avec code couleur associé. Il est proposé de travailler de façon analogue avec les sols. Le projet apportera un nouveau point de vue à l'assainissement non collectif, celui du sol, et contribuera par ailleurs à la gestion intégrée du sol en milieu urbanisé.

## **2.1.2 Actions passées, cadre actuel de la demande**

Le plan d'action national ANC présenté aux 6<sup>èmes</sup> assises nationales de l'ANC (Evreux, 30 septembre-1<sup>er</sup> octobre 2009) décrit les actions envisagées par le Ministère de l'Ecologie, de l'Energie du Développement Durable et de la Mer et le Ministère de la Santé et des Sports et leurs établissements publics, avec la volonté d'une approche globale permettant d'intervenir auprès de l'ensemble des acteurs concernés, en agissant sur tous les leviers mobilisables, de la conception des dispositifs de traitement jusqu'à leur utilisation par les particuliers.

La priorité sera accordée à une communication large sur les nouvelles dispositions réglementaires et à une action ciblée auprès des SPANC qui sont à l'interface entre les différents acteurs (particuliers, entreprises, fabricants, élus, Agences de l'eau...). Le plan se décline en 19 actions réparties selon quatre grands axes :

- Garantir la mise en œuvre et la pérennité d'installations d'ANC de qualité ;
- Accompagner les SPANC dans leurs missions ;
- Accompagner les particuliers dans leurs démarches ;
- Informer l'ensemble des acteurs de l'ANC et suivre les progrès accomplis.

L'impact de l'ANC sur les sols n'a pas encore été étudié en France et on trouve très peu de publications sur cette question en Europe. Afin d'évaluer et d'observer certaines fonctions du sol et les services que ces fonctions rendent à la société (axe I de l'AAP), on propose de développer les méthodes d'observation des sols soumis à l'ANC puis d'élaborer et de mettre en place un indicateur. La préservation du patrimoine « sol » (axe II de l'AAP) passe par le dimensionnement de l'épandage souterrain de l'ANC et de l'infiltration des eaux traitées afin de réduire au maximum leurs impacts sur les sols, ainsi que par la sensibilisation des acteurs.

Les polluants émergents sont les nouveaux polluants, ceux dont les impacts sont encore mal identifiés (perturbateurs endocriniens, pesticides dans l'air en faibles doses, par exemple). En Europe, le *Projet NORMAN* est un projet du 6<sup>e</sup> Programme Cadre de Recherche et de Développement qui a rassemblé un réseau de laboratoires de référence sur le monitoring et le bio-monitoring des polluants émergents. Il a obtenu un financement européen depuis 2005 et se poursuit à ce jour avec la constitution d'un réseau permanent de laboratoires de référence, le réseau NORMAN.

Dans le choix des substances pouvant contribuer aux indicateurs recherchés, on utilisera certains résultats du *Projet AMPERES* (ANR) piloté par le CEMAGREF qui a réalisé de 2006 à 2009 l'analyse de micropolluants prioritaires et émergents dans les rejets (eaux usées et traitées en station d'épuration) et les eaux superficielles. La méthodologie d'acquisition des échantillons s'appuiera fortement sur les conseils issus de cette expérience de suivi de 12 filières d'épuration des collectivités : boues activées, biofiltration, filtres plantés de roseaux, bioréacteurs à membranes immergées, traitement tertiaire oxydant ou filtrant... S'il ne semble pas nécessaire aujourd'hui d'évaluer les filières d'ANC sur ces paramètres, les mesures sur des substances émergentes identifiées seront très pertinentes comme indicateur d'une origine de pollution humaine et/ou animale. Cette approche permettra d'identifier les sources des pollutions en milieu agricole ou péri-urbain.

Les travaux actuels du CEMAGREF dont le réacteur principal est le sol tournent autour de l'infiltration (totale ou partielle) des eaux épurées de stations d'épuration en vue de protéger davantage le milieu récepteur de surface par l'intermédiaire des zones de dissipation végétalisées (ZDV). Les volumes d'eau à infiltrer sont bien plus importants que dans le cas d'une installation d'assainissement non collectif unifamiliale. Même si les concentrations de polluants en sortie de STEP sont faibles, les volumes d'eaux à infiltrer sur des surfaces réduites finissent par engager des quantités importantes de polluants. La problématique ANC rejoint donc celle-ci, mais à une autre échelle et avec des eaux de nature différente. Mais dans le fond, chacun cherche à traiter des problèmes d'infiltration et du traitement par le sol. Pour l'instant, les constructeurs de ZDV ne parlent que du rôle des végétaux en leur attribuant l'essentiel du pouvoir épurateur. L'objectif du CEMAGREF est de définir le rôle respectif en flux des 3 compartiments : sol, plante et écoulement de surface. Le simple fossé engazonné utilisé en tant que milieu récepteur d'eaux traitées fait partie des ZDV. A l'heure actuelle, aucune base scientifique n'est disponible pour leur dimensionnement. Le projet proposé apportera de telles bases.

L'application-usage que nous étudions est l'assainissement non collectif en milieu rural ou péri-urbain. La région étudiée est constituée de sols variés, calcaires, argileux ou sableux. De ce double point de vue, on se distingue du projet de recherche ECOPLUIES achevé en 2009 où seul l'impact de l'eau de pluie ruisselant sur les sols alluvionnaires urbains a été étudié. Ce projet ne s'est intéressé ni aux sols faiblement perméables, ni aux eaux usées. Son approche est cependant une heuristique utile à notre problématique dans la mesure où l'infiltration y a été étudiée in situ.

Enfin, si la recherche proposée s'intègre dans un territoire d'échelle infra-départementale, elle s'inscrit dans le nouveau cadre offert par le GIS SOL. Surveiller l'évolution de la qualité des sols nécessite un état de référence qui est désormais disponible : le GIS SOL, aidé et appuyé par de très nombreux partenaires, vient d'achever la première campagne de prélèvements du Réseau de Mesures de la Qualité des Sols (RMQS) sur le territoire métropolitain, la Corse et les Antilles françaises. Ce dispositif est aujourd'hui considéré comme un modèle à suivre à l'échelle de l'Europe. Les premiers résultats issus du RMQS montrent que les données acquises ont un potentiel d'exploitation considérable. La mise en place des 2195 sites du RMQS a impliqué près de 200 personnes, qui ont été formées à la méthodologie du RMQS et suivies durant toute la durée du partenariat, afin d'assurer la qualité et l'homogénéité des prélèvements. Les échantillons stockés au Conservatoire des sols alimentent des programmes dont les thématiques dépassent les attentes initiales : évaluation de la biodiversité, caractérisation et déterminants de la diversité microbienne, répartition des pathogènes humains, évaluation des polluants organiques persistants, caractérisation biochimique par spectroscopie proche et moyen infrarouge, caractérisation des transferts sols-plante en éléments traces

métalliques, mesures de radio-éléments, etc. Le rapport du GIS SOL sur l'état des sols de France est prévu pour fin 2010. Parmi les questions à traiter figurent l'extension du RMQS à d'autres territoires, l'élargissement de la gamme des variables mesurées en routine, et la programmation de la deuxième campagne de collecte des données. Entre les descriptions de sols, les données d'enquête recueillies sur l'historique, l'occupation et le mode de gestion des parcelles, les relevés botaniques, la description de l'environnement des sites, les levés GPS2 et les analyses de sols, près de deux millions de données issues du RMQS sont administrées dans la base de données nationale DONESOL.

La stratégie de prélèvement, tout comme les paramètres mesurés dans le cadre du réseau national, répondent aux critères proposés par le groupe de travail ENVASSO (ENVironmental ASsessment of Soil for mOnitoring). Ce programme de recherche financé par l'UE a proposé une stratégie de surveillance des sols ainsi que des indicateurs pour mettre en évidence les dégradations des sols listées par la stratégie thématique européenne pour la protection des sols. En 2002, la Commission Européenne a souligné déjà l'intérêt de développer des recherches pour évaluer des indicateurs biologiques de la qualité des sols. Les paramètres recommandés pour surveiller la perte de biodiversité, la contamination des sols et la compaction sont déjà mesurés ou en voie de l'être. La biodiversité des sols est souvent négligée, alors qu'elle rend des services écosystémiques clés. Elle est impliquée dans plusieurs fonctions essentielles du sol : dynamique de la matière organique (cycle des nutriments), structure du sol, transfert et rétention d'eau, bioremédiation, etc. C'est par exemple dans ce contexte que le projet RMQS BioDiv a été mis en place en 2005-2009 sur les 109 sites bretons du RMQS.

### **2.1.3 Etat des questions sur le domaine, étude bibliographique**

#### **2.1.3.1 Enjeux réglementaires et socio techniques**

L'étude la plus récente publiée en France estime que 5,2 millions d'habitations (17 % des logements), soit 13 millions de personnes, sont concernées par l'assainissement non collectif (IFEN, 2008). Par assainissement non collectif (on parlait auparavant d'assainissement autonome ou individuel dans le code de la santé), on entend « toute installation d'assainissement assurant la collecte, le transport, le traitement et l'évacuation des eaux usées domestiques ou assimilées au titre de l'article R 214-5 du code de l'environnement des immeubles ou parties d'immeubles non raccordés à un réseau public de collecte des eaux usées » (article 1er de l'arrêté du 7 septembre 2009, texte 1). Cette définition englobe à la fois les installations des habitations unifamiliales et les dispositifs de plus grandes tailles non raccordés à un réseau collectif (exemple : aires de repos, camping ...). Dans le cadre de ce projet, nous nous intéresserons aux dispositifs des habitations unifamiliales et on verra dans quelle mesure la méthodologie pourra être transférée aux dispositifs de plus grande taille.

La loi sur l'eau de 1992 imposait aux communes la mise en place du Service Public d'Assainissement Non Collectif (SPANC) avant le 31 décembre 2005. En 2004, seules trois communes sur dix avaient mis en place ce service (IFEN, 2008). Parallèlement, les communes doivent réaliser un zonage d'assainissement faisant apparaître les secteurs du territoire qui sont ou seront desservis par l'assainissement collectif et ceux qui seront soumis à l'assainissement non collectif. Ce zonage d'assainissement est un véritable outil de gestion de l'assainissement à l'échelle communale.

Le SPANC exerce une mission de contrôle sur les installations d'assainissement non collectif et remet à chaque propriétaire un avis motivé sur le fonctionnement de l'installation. En 2004, 44 % des communes avaient contrôlé les dispositifs neufs et 26 % avaient, au moins partiellement, établi un inventaire et réalisé un diagnostic sur les systèmes existants (IFEN, 2008).

Compte-tenu des retards constatés dans la mise en œuvre des SPANC, l'article 54 de la Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques (LEMA) du 30 décembre 2006 fixe au 31 décembre 2012 l'échéance à laquelle les communes devront avoir réalisé leur mission de contrôle des installations d'assainissement individuel. La réussite de la mise en œuvre de l'assainissement non collectif est un des quatre principaux objectifs de la LEMA.

Du point de vue réglementaire, il y a deux situations selon la conductivité hydraulique du sol :

1. Lorsqu'on n'atteint pas le seuil de 15 mm/heure (Art. 6), un dispositif d'épandage souterrain qui implique une filtration dans le sol ne sera pas autorisé. Au-dessus, la filière est autorisée et il n'y a, de fait, aucune obligation de résultat de l'abattement de pollution.

2. Lorsque la vitesse d'infiltration est inférieure à 10 mm/heure, a priori on ne peut pas du tout infiltrer ; de même si l'espace disponible sur la parcelle est insuffisant. Alors, le rejet sera effectué à la surface, après autorisation par le gestionnaire compétent. Ce rejet en surface nécessite un suivi : du point de vue réglementaire, la DBO<sub>5</sub> et les MES sont les deux seuls paramètres suivis dans le cas d'un rejet en surface (fossé, cours d'eau).

Ce critère de conductivité hydraulique est évalué par une mesure Porchet, recommandée en trois points de la parcelle et à plusieurs profondeurs, au moins 70 cm et 120 cm. En pratique, ce n'est pas fait souvent.

Pour entrer plus dans le détail, le DTU 64-1 (mars 2007) considère 4 classes de perméabilité (K) avec pour chacune, une technique épuratrice préconisée. Mais les sols de faible K ne sont pas pris en compte : entre 6 et 15 mm/heure, sol considéré comme « très peu perméable », une « étude particulière » est préconisée.

L'ANC unifamilial utilise la fonction d'épuration et d'infiltration du sol pour traiter et évacuer les eaux usées domestiques. À ce titre, elle mobilise une portion non négligeable de la surface disponible sur un terrain constructible ou construit. Cette destination du sol peut entrer en conflit avec d'autres usages (récréatif, alimentaire,...). De plus, les dispositifs de traitement des eaux usées domestiques sont majoritairement des dispositifs enterrés. Ils ne sont donc pas directement visibles par l'utilisateur et peuvent progressivement s'effacer de la mémoire des occupants comme ne faisant plus partie intégrante de l'habitation au même titre qu'une installation de chauffage ou que la toiture. Seuls de graves dysfonctionnements (débordements, odeurs ...) viennent rappeler leur existence. En pratique, la mise en place progressive des missions des SPANC devrait remédier à cet effacement mental des dispositifs.

Par le passé, les enquêtes se sont surtout focalisées sur la mise en place des SPANC. En interrogeant les collectivités territoriales, ces enquêtes visaient à évaluer la connaissance réglementaire que les élus pouvaient avoir sur la compétence ANC (Eyl-Mazzega, 2009). L'étude citée aborde bien la question de l'usager, mais une fois de plus, et très succinctement, au travers du prisme de la relation usager-contrôle. Parallèlement, des enquêtes sur les taux de conformité des installations ont été réalisées.

Si l'on souhaite qu'à l'avenir, les propriétaires de dispositifs d'ANC unifamiliaux prennent mieux en compte ces installations comme faisant partie de l'habitation et qu'elles soient bien entretenues, il est important de connaître le positionnement des usagers face à l'épuration de leurs eaux usées. A notre connaissance, il n'existe pas encore d'enquête auprès des usagers qui traite de la question de l'épuration des eaux usées par le sol en ANC et de la perception qu'en ont ces usagers.

#### 2.1.3.2 ANC et pollution associée

La crainte majeure qui a déjà été identifiée est la contamination des eaux souterraines par les germes témoins de contamination fécale. En conséquence, une contrainte imposée par l'arrêt du 7 septembre 2009 est l'interdiction d'implantation d'une installation d'assainissement non collectif à moins de 35 mètres d'un captage d'eau destinée à la consommation humaine, comme explicité dans son article 2.

En milieu rural, la gestion des eaux usées de zone non raccordées à un réseau collectif doit répondre à deux caractéristiques : une stratégie opérationnelle optimale doit être développée pour s'assurer que l'ensemble des dispositifs est environnementalement et économiquement durables (Engin et Demir 2006 ; Fountoulakis *et al.* 2009). Afin de dimensionner correctement les installations, il est nécessaire de bien caractériser les effluents (Muttamara, 1996 ; Erikson *et al.* 2002).

En assainissement d'habitat individuel, le dispositif de prétraitement le plus utilisé est la fosse septique, dont le manque d'entretien (vidange) ou un mauvais dimensionnement sont à l'origine de divers troubles du milieu naturel (Butler et Payne 1995 ; Hanna *et al.* 1995).

Sur les parcelles ne présentant pas de bonnes conditions pour une infiltration dans le sol (perméabilité du sol en place et surface disponible insuffisantes ou présence d'une nappe phréatique à proximité), on voit apparaître de nouveaux procédés de traitement beaucoup plus sophistiqués qui sont fondés soit sur le principe des boues activées, soit sur un traitement anaérobie (Upflow Anaerobic Sludge Blanket, UASB). D'un entretien encore plus exigeant que les filières plus traditionnelles, ces procédés nécessitent quand même de se préoccuper du devenir des eaux. Le traitement incomplet des procédés UASB peut être suivi d'une épuration efficace des effluents sur lit de sable (Mbuligwe 2004 ; Green *et al.* 2006). Un traitement plus poussé peut être réalisé par une recirculation ascendante des effluents sur un second massif filtrant (Heistad *et al.* 2006). Le traitement à la parcelle des eaux usées domestiques peut également être envisagé à l'aide de filtres plantés. Une étude réalisée dans le Kentucky (E.U.A.) montre que ces dispositifs, lorsqu'ils sont convenablement dimensionnés et entretenus, parviennent à des performances épuratoires satisfaisantes (Karathanasis *et al.* 2003).

#### 2.1.3.3 ANC et impact sur les massifs filtrants et les sols

L'apport continu de matière en suspension et de matière organique par les effluents entraîne une augmentation du biofilm (Pell et Ljunggren 1996 ; Bahgat *et al.* 1999) et un colmatage progressif du massif filtrant (Beach *et al.* 2005). La préservation des caractéristiques hydrauliques du massif est indispensable à la viabilité du dispositif sur le long terme. Il faut donc pouvoir s'assurer de la permanence de l'infiltration dans le sol. Les mécanismes de colmatage et les leçons que l'on peut tirer des nombreuses expériences menées sur le terrain et en laboratoire ont été passés en revue par Turon *et al.* (2009). Différentes méthodes d'investigation ont été développées, principalement à partir des méthodes développées en agronomie. Kennedy *et al.* (2000), ainsi que Van Geel et Parker (2003), ont développé une méthode de mesure du profil hydraulique à l'aide de tensiomètres dans un massif tourbeux recevant des effluents de fosse septique. Pedescoll *et al.* (2009) ont développé une méthode à partir d'un test à charge variable.

L'utilisation à long terme d'effluents traités pour l'irrigation induit aussi une diminution de la perméabilité du sol. Toutefois, les effluents utilisés étant peu chargés, cette diminution de perméabilité ne s'observe pas par colmatage du sol mais par un changement du comportement hydraulique du sol (Coppola *et al.* 2004). Dans certains cas, les fortes teneurs en sodium des effluents en seraient l'une des causes (Gonçalves *et al.* 2007). Pour une revue de l'influence du biofilm sur les changements induits sur la perméabilité du milieu, on se référera à Rockhold *et al.* (2002).

Quelques études sur la quantification de l'activité microbiologique d'un sol soumis à un épandage d'effluents domestiques ont déjà été menées (Ragusa *et al.* 2004 ; Rauch-William et Drewes, 2006). Elles montrent qu'il est possible d'utiliser ces indicateurs pour évaluer la performance d'un dispositif épuratoire.

La présence d'un biofilm attire d'autres organismes vivants dans le sol dont les vers de terre. La présence de ces vers de terre peut générer des chemins préférentiel d'écoulements dans le sol (Hawkins *et al.* 2008).

Le comportement de produits pharmaceutiques dans le sol, tels que les antibiotiques, a déjà été étudié (Terne *et al.* 2007). L'étude de Drillia *et al.* (2005) a montré que la mobilité de certaines molécules peut être corrélée à leurs propriétés d'adsorption / désorption sur la matrice. Cette différence de comportement peut exercer une pression de sélection sur la faune bactérienne (Thiele-Bruhn et Beck, 2005). Si la plupart des installations individuelles se révèlent performantes pour l'abattement de la DBO<sub>5</sub> ou des MES, il n'en reste pas moins que certaines molécules (carbamazépine, diclofenac ou ketoprofen par exemple) sont récalcitrantes au procédé d'épuration (Matamoros *et al.* 2009). Il s'ensuit que certaines de ces molécules peuvent se concentrer tout au long de la chaîne trophique du sol.

Markman *et al.* (2007) ont analysé la présence du dibutylphtalate, du dioctylphtalate, du bisphenol A et du 17  $\beta$ -estradiol dans les vers de terre prélevés sous un épandage d'effluents domestiques et les auteurs considèrent que les vers de terre peuvent servir d'indicateurs biologiques d'accumulation des perturbateurs endocriniens dans le sol. La signification écologique de la présence de ces perturbateurs endocriniens dans le sol doit être approfondie (Taylor *et al.* 1999).

La méthode la plus simple pour évaluer l'abattement vis à vis des germes témoins de contamination fécale d'un dispositif épuratoire consiste à recueillir l'effluent à la sortie puis procéder à des ensemencements. Des modèles mathématiques pour les virus ont aussi été développés (Bhattacharjee *et al.* 2002). Pour une revue de l'abattement microbiologique des massifs filtrants on se réfèrera à Stevik *et al.* (2004). Dans notre étude, nous ne nous pencherons pas sur ce type d'analyses.

La structure du sol influence son système poreux. Les courbes de rétention d'eau dans le sol sont souvent utilisées pour évaluer la conductivité hydraulique d'un sol. L'étude de la saturation d'un sol en fonction de la conductivité hydraulique s'obtient par la mesure de la pression capillaire en fonction de la saturation (Mualen *et al.* 1976). Mais en laboratoire, sur une colonne de sable, le modèle de Mualem sous-évalue la conductivité hydraulique (Ruan et Illangasekare, 1999). Les paramètres d'une distribution log-normale de la taille des pores (modèle de Kosugi, 1994) permettent de bien définir deux fonctions hydrauliques : la courbe de rétention et la conductivité en milieu non saturé (Kutilek, 2004). Une autre façon de procéder est d'estimer les paramètres ( $\alpha$ ,  $n$ ,  $K_s$  et  $\theta_r$ ) du modèle de Van Genuchten (1980). À partir de paramètres physiques du sol facilement mesurables, il est possible d'obtenir une estimation des paramètres hydrauliques du sol en utilisant des fonctions de pédo-transferts (Romano et Palladino, 2002 ; Schaap et Leij, 1998 ; Pachepsky *et al.* 1998). La mesure de la conductivité électrique du sol donne aussi une estimation des flux d'eau dans le sol (Doussan *et al.* 2002). Pour une revue des méthodes d'analyses de l'infiltration de l'eau dans le sol, on se réfèrera à Angulo-Jamarillo *et al.* (2000). Si notre étude porte bien sur la diffusion des substrats et leur conversion par les microorganismes, notre propos n'est pas de développer ou d'utiliser des modèles numériques de développement du biofilm contrairement à Wanko *et al.* (2006).

Les performances épuratoires d'un massif filtrant reconstitué vont donc dépendre de la granulométrie du matériau utilisé et dans une certaine mesure de la compaction du matériau (Rolland *et al.* 2009). L'abattement des populations bactériennes varie d'un système à l'autre et dépend de phénomènes d'adsorption / désorption (Vega *et al.* 2003), de la charge hydraulique appliquée (Stevik *et al.* 1999) et donc des caractéristiques techniques de la filière. Toutefois, la structure du sol, notamment les macropores, et le type d'effluent déposé jouent aussi un rôle dans la diffusion des bactéries dans les couches sous-jacentes du sol (Mosaddeghi *et al.* 2009).

L'infiltration et le traitement par le sol d'effluents domestiques peuvent être envisagés comme une forme de la recharge des aquifères. Si à l'échelle de la parcelle, les quantités d'eau infiltrées peuvent paraître négligeables, il n'en est plus de même lorsque l'on multiplie les installations. Pour étudier l'interaction entre la dégradation des effluents domestiques par le sol et la nappe phréatique, des modèles mathématiques ont été élaborés (Yin et Xu, 2006). La recharge des nappes par des effluents domestiques pose le problème de la qualité des eaux infiltrées (Diaz-Cruz et Barcelo. 2008), d'autant que certains composés organiques (carbamazépine ou bisphénol A par exemple) sont retrouvés dans les eaux souterraines (Focazio *et al.* 2008).

En laboratoire, l'efficacité épuratrice d'un massif filtrant peut être étudiée à l'aide d'une colonne de sable sur laquelle sont déposés puis recirculés des effluents naturels ou synthétiques. Ces expériences permettent de proposer des dimensionnements de massifs filtrants (Healy *et al.* 2007).

Les études in situ sont à la fois peu nombreuses et anciennes

*Références bibliographiques citées : voir à la fin du document*

## **2.1.4 Articulation avec d'autres programmes de recherche en cours**

### **2.1.4.1 Projet de recherche PICRI. *On traite ici la demande sociétale d'étude des sols et d'ANC.***

Dans le cadre du Partenariat institutions citoyens pour la recherche et l'innovation (PICRI), programme de recherche du Conseil régional d'Ile-de-France, le LEESU coordonne depuis 2007 un projet intitulé « Appropriation et réappropriation des connaissances relatives à l'impact de l'activité humaine sur la qualité de l'eau dans le bassin de la Seine par la société civile et la communauté scientifique ». L'objectif de ce projet est de faire un pont entre les chercheurs et les associations de l'environnement fédérées au sein d'IDFE (Ile-de-France Environnement) pour établir, à la demande de la société civile, une expertise qui manque actuellement. Les expertises thématiques sont élaborées par les étudiants en dernière année du master SGE SAGE avec un tuteur associatif et scientifique. Quelques sujets en lien avec GESSOL :

- Bilan des expériences de berges végétalisées en vallée de la Seine ;
- Possibilité de cultures sur les sols pollués d'Achères ;
- Diagnostic de l'imperméabilisation des sols en IDF ;
- Assainissement non collectif, collectif ou décentralisé.

### **2.1.4.2 Thèse de doctorat. Impact du développement urbain du bassin versant de la rivière Mingoa sur la pollution chimique du Lac municipal de Yaoundé. *On traite ici l'analyse des polluants prioritaires dans une matrice sol-eau.***

En 2008, une thèse en co-tutelle sous la direction de Bruno Tassin (LEESU) et Paul Bilong (Laboratoire Géosciences, Ressources naturelles et Environnement, Faculté des Sciences de Douala) a démarré pour étudier l'impact des dynamiques urbaines sur la qualité de l'eau du Lac Municipal de la ville de Yaoundé (Cameroun). Son premier objectif est d'estimer l'étendue de la contamination chimique des sédiments du lac en utilisant comme traceurs les parabènes, le triclosan, les alkylphénols, les poly-chlorobiphényles (PCBs), les hydrocarbures aromatiques (HAPs), et les éléments traces métalliques. Son second objectif est d'évaluer comment l'évolution démographique, le développement des activités urbaines et la modification de l'occupation du sol au sein du bassin versant sont enregistrés dans les sédiments. La réalisation de ces objectifs est fondée sur l'analyse de carottes de sédiments. On utilise des indicateurs géochimiques classiques comme carbone organique, azote, phosphore, et la composition minérale du sédiment. Les différentes strates rencontrées sont datées de manière à décrire l'évolution chronologique des impacts de l'urbanisation.

En 2009, les premiers échantillons ont été prélevés et une méthode d'extraction et de quantification des parabènes et du triclosan a été mise au point.

### **2.1.4.3 Projet de recherche TVGEP : Toitures Végétalisées Extensives Eau de Pluie. *On traite ici la problématique de rétention des micro-polluants par les sols.***

L'environnement en ville est un sujet de préoccupation croissante du fait : i) de la prise de conscience, déjà ancienne, que l'activité humaine altère l'environnement, et ii) de l'aspiration croissante des citoyens à vivre dans une ville « agréable » peu ou pas polluée. Végétaliser les toitures urbaines s'inscrit dans cette évolution car la technique présente un intérêt pour l'environnement urbain et la qualité de vie des citoyens. L'objectif du projet, lancé fin 2009 dans le cadre du programme C2D2 (MEEDDM) est de mieux connaître l'intérêt des toitures végétalisées pour la gestion des eaux pluviales en Île-de-France. Il s'agit de bien identifier ses atouts et avantages, mais aussi d'éventuels freins et limites.

Dans la partie du projet sur les flux polluants, il s'agit de quantifier l'effet de filtration des toitures végétalisées sur les contaminants d'origine atmosphérique et de préciser les rôles respectifs du substrat et des végétaux dans l'interception et le stockage des polluants.

En termes opérationnels, le projet TVGEP va permettre d'acquérir une vision des pratiques et des acteurs des toitures végétalisées dans la région. Il débouchera sur une meilleure connaissance du comportement hydrique des toitures végétalisées et des flux polluants associés.

2.1.4.4 Action de recherche. Infiltration des eaux pluviales, leur drainage par les réseaux enterrés, et recharge de la nappe. *On fait de la méthodologie sur la perméabilité des sols complexes.*

Cette étude menée dans le cadre d'une thèse d'ingénieur CNAM est financée à hauteur de 35 000 euros TTC par la municipalité d'Argenteuil. Son objectif est de mettre en relation les différents maillons du cycle souterrain de l'eau, depuis l'alimentation, pluie et infiltration dans des sols urbains réels (remblais), jusqu'à ses effets (variations de la nappe, entrée d'eaux claires dans le réseau, résurgence) en passant par le drainage subhorizontal. Pour cela, il faut mettre en œuvre de façon coordonnée des investigations qui sont indépendantes d'habitude.

Sur deux sites de la commune, on a délimité une zone d'infiltration (10m x 10m), et supprimé les végétaux sur la zone d'essai par décapage. On a arrosé la zone avec de l'eau enrichie par un colorant (6000 litres d'eau avec 250 g de fluorescéine jaune) qui double presque la pluviométrie naturelle au cours de la période de l'essai (du 4 mai au 10 juin : 73,8 mm, soit 7380 litres par site). Avec un taux d'évaporation d'environ 50 %, cela représente une concentration moyenne de colorant dans l'eau de 0,04 g/litre (seuil de détection à l'œil nu : 0,01 mg/l). Puis, on a tassé la zone d'étude (pelle ou tarière) pour localiser visuellement la profondeur des particules colorées résiduelles dans le terrain.

On a procédé à la mise en place de 7 piézomètres avec enregistreurs, sur des sites protégés (écoles) : suivi sur plusieurs mois et confrontation aux données pluviométriques et aux simulations de l'outil SIM de Météo France. Le dernier volet concerne l'instrumentation d'un seuil en réseau d'assainissement dans un ouvrage amont reconnu sensible aux sources naturelles locales ou à la nappe : suivi des eaux claires parasites permanentes (ECPP) au moyen de mesures sur 1 mois.

La perspective est d'acquérir des données sur le pouvoir infiltrant du sol pour les croiser avec une cartographie des zones où l'infiltration présenterait un risque (sols pollués, sols solubles, sols instables, sols excavés), ceci afin d'orienter l'aménagement urbain par des dispositifs d'infiltration contrôlés des eaux pluviales ou par des réseaux enterrés ou à ciel ouvert.

2.1.4.5 Projet de recherche ANR. Impact des coulées boueuses et des lahars sur les sols et sur le patrimoine bâti. *On traite ici la caractérisation de la texture et de la rhéologie des sols.*

Dans le cadre du projet LAHARISK soutenu par l'ANR, un financement de bourse post-doctorale est proposé pour une durée de un an pour étudier l'impact des lahars sur les sols et les constructions, sous la responsabilité du partenaire n°3 (Denis FABRE, Chaire de Géotechnique du CNAM + Jean-Pierre MUZEAU et Claude BACCONNET, Polytech Clermont-Ferrand). Ce travail se fera en liaison avec les autres partenaires du projet à Clermont-Ferrand (Laboratoire Magmas et Volcans), Grenoble (CEMAGREF) et Montpellier (Lameta). L'étude de terrain à Arequipa (Pérou) a un double objectif :

- géotechnique : caractériser les matériaux des lahars, notamment pour les situer par rapport aux matériaux des coulées de laves torrentielles ; l'utilisation d'un infiltromètre est prévue et les échantillons rapportés seront analysés à Clermont-Ferrand.

- génie civil : caractériser les ouvrages (digues et remblais) et le bâti (matériaux de construction, structure, répartition spatiale) exposés aux coulées dans la ville d'Arequipa, notamment dans les secteurs clés retenus en priorité pour l'étude de micro-zonage du risque.

2.1.4.6 Programme CEMAGREF + Onema (à partir de 2010). Instrumentation d'une zone de dissipation végétalisée (ZDV) pour évaluer la fonction épuratrice du végétal, de l'écoulement de surface et du sol. *Méthodologie proposée pour suivre deux ZDV (site 1 sur un sol argileux de faible perméabilité, site 2 possède une perméabilité de l'ordre de 100 mm/h).*

- Mesures de qualité (DCO, C total, MES, NK, NH4, NO3, PT, PO4) :

- prélèvements amont et aval dans l'écoulement de surface (eau).
- prélèvements en profondeur à différentes hauteurs par des bougies poreuses (sol).

Dans le site 2, on prévoit le suivi de 2 cheminements identiques : l'un planté de végétaux, l'autre non, permettant d'évaluer par différence l'impact du végétal.

- Mesure des quantités :
  - par débitmètre amont aval (eau),
  - en profondeur par l'intermédiaire de tensiomètres installés à différentes hauteurs suite à une identification préalable des zones souterraines sollicitées par tomographie de résistivité.
  - Par différence, identification des flux évapotranspirés.
- Analyses du sol pour évaluer un enrichissement éventuel.
- Station météo complète sur place.

Ce protocole se déroule sur plusieurs années pour tenir compte de la saisonnalité végétative mais aussi pour évaluer un vieillissement probable de l'installation. Aujourd'hui, les zones sont plus ou moins dimensionnées à partir de la capacité d'infiltration de surface, mesurée à l'eau claire en conditions insaturées. Comment évolue cette capacité avec le temps ? Comment évolue la texture du sol soumis à ces conditions nouvelles d'humidité ?

#### 2.1.4.7 **Projet de recherche CEMAGREF + LaMI (Polytech Clermont-Ferrand) + Veolia**

Des travaux complémentaires au programme antérieur déroulé sur la période 2006-2009 sont envisagés avec les 5 outils d'investigation pour l'instant développés pour le matériau « sable ». Un programme à finaliser devrait se fixer comme objectif de définir des adaptations nécessaires pour une meilleure connaissance de l'état de filtres réalisés à partir de matériaux rapportés autres que le sable. Le matériau « sol » n'est pas l'objet de ce programme.

## **2.2 Plan de recherche détaillé**

### **2.2.1 Objectifs**

L'évaluation de la fonction d'intérêt doit s'appuyer sur des « indicateurs » objectifs intégrant l'état des sols et leur fonctionnement. Ces indicateurs sont construits à partir de dispositifs d'observation et ils permettent d'orienter les politiques publiques sur les sols. Ils permettent aussi la transmission des informations auprès des utilisateurs, des décideurs et du public.

L'objectif principal du projet ANCRES est la mise en place d'un indicateur intégratif pour évaluer la fonction épuratrice et la fonction transfert du sol sous les systèmes d'assainissement non collectif (ANC), et plus généralement des systèmes d'assainissement utilisant une technique d'infiltration. Cet indicateur intégratif sera composé de nombreux indicateurs unitaires basés sur des indices physico-chimiques, microbiologiques et sociotechniques. Il sera défini à l'aide de mesures in situ, d'analyses au laboratoire, et d'enquêtes de terrain auprès des usagers et gestionnaires.

Il est attendu du projet de fournir un indicateur intégratif cohérent, facile à mettre en œuvre par les gestionnaires tels que le SPANC. C'est pourquoi il est privilégié de mettre en place aussi des outils d'usage simple, non destructifs pour l'ouvrage d'épuration tels que le pénétromètre Panda, l'endoscope, la tomographie de résistivité, les analyseurs de gaz et l'usage de bandelettes quantifiant les formes de l'azote si le rejet est accessible. On fournira un guide pour expliquer la méthodologie de construction de cet indicateur et une démonstration spatiale sous forme de SIG pour un territoire type. L'indicateur (ou certains indicateurs individuels) en tant qu'instrument d'aide à la décision pourrait servir à vérifier la pertinence du zonage d'assainissement ou du choix de la filière d'ANC mise en œuvre sur des parcelles par le passé.

L'originalité de l'approche consiste d'une part dans l'objet abordé, fonction épuration et transfert des sols à l'égard des eaux usées, un sujet peu traité dans la littérature scientifique et encore

moins en relation avec les polluants prioritaires. D'autre part, la combinaison des indices techniques et sociologiques dans un seul indicateur est une démarche innovante.

Cette démarche sera testée sur d'autres types de dispositifs comme le fossé d'infiltration plus ou moins végétalisé, l'aire d'infiltration de l'assainissement collectif, ou la parcelle d'infiltration des techniques alternatives en gestion de l'eau pluviale.

Le projet proposera un indicateur pluriel pour l'évaluation des fonctions et des services rendus par les sols pour l'ANC. Les travaux sur cet indicateur répondront directement aux questions suivantes posées: Comment évaluer le potentiel d'un sol pour la fonction épuration et la fonction transfert ou pour un usage donné ? Quel type d'indicateur ou quel outil d'évaluation concilie les diverses contraintes à satisfaire ? Comment intégrer les fonctions assurées par les sols dans des systèmes plus généraux d'évaluation multicritère des impacts environnementaux (type ACV) ?

En particulier, d'après les résultats de l'étude AMPERES, on s'aperçoit que certaines molécules dites « polluants émergents » ne sont pas totalement dégradées par les processus de boues activées. L'infiltration de ces eaux incomplètement débarrassées de ces molécules pose le problème de leur devenir dans le sol. Le sol est-il en mesure de dégrader cette pollution résiduelle ?

Le travail méthodologique nécessaire pour la mise en place de ces indicateurs contribuera à améliorer les méthodes et dispositifs d'observation des sols et apportera des éléments de réponse aux questions suivantes de l'Appel à projet GESSOL. Quelles nouvelles variables introduire pour décrire leurs fonctions et quels nouveaux capteurs ? Comment suivre la dynamique du bon état écologique d'un sol ? Comment suivre l'évolution des fonctions des sols ? Quelles sont les échelles pertinentes d'espace et de temps ? Existe-t-il des valeurs seuils au-delà desquelles une ou plusieurs fonctions ne sont plus assurées ?

## **2.2.2 Sites retenus**

Dans le cadre de la proposition deux territoires d'expérimentation ont déjà été identifiés. L'un, Limours-en-Hurepoix, se trouve à la périphérie de la région parisienne et il est facile d'accès pour le LEESU et le CETE IF ; l'autre, Toucy en Puisaye, se situe à mi-chemin de Paris et de Lyon où sont implantés le CNAM et le CEMAGREF. La proximité relative des centres de recherche participant à l'étude rend possible le suivi d'une expérimentation de terrain. Ces deux territoires illustrent, chacun avec sa spécificité, la nécessité pour un milieu intermédiaire entre l'urbain et le rural d'une gestion intégrée des sols et des ressources naturelles.

### 2.2.2.1 Limours (Département de l'Essonne)

L'assainissement au sein de la Communauté de communes de Limours est en majorité collectif, mais la commune de Janvry est encore couverte en assainissement non collectif sur presque tout son territoire. Le zonage d'assainissement propose une zone d'assainissement collectif traitée par un lagunage, actuellement à l'étude et faisant l'objet de réunions d'information auprès des habitants. Les associations de l'environnement Ile-de-France-Environnement (IDFE) et Nature et Environnement à Fresnes (NEF) ont proposé de travailler sur cette zone dans le cadre du projet PICRI en cours. Un premier défrichage de la problématique a été fait. Les communes de la grande couronne parisienne, comme Limours, se prêtent bien à l'étude en raison principalement de la demande sociétale et de la densité de population en augmentation.

### 2.2.2.2 Toucy (Département de l'Yonne)

Dans le cadre d'enseignements en hydrogéologie et hydrogéochimie, la chaire de géotechnique du CNAM de Paris collabore depuis 1972 avec le syndicat intercommunal d'alimentation en eau potable (SIAEP) de Toucy. Un projet de gestion des rivières y est en cours d'élaboration. Depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2006, ce même syndicat gère la compétence SPANC des communes adhérentes. Aujourd'hui, de nouvelles communes limitrophes sollicitent ce SPANC pour prendre en charge leurs obligations.

Avec plus de 30 communes adhérentes et plus de 3000 installations recensées sur le territoire, le SPANC de Toucy offre une formidable opportunité pour réaliser ce travail. Nous avons une relation privilégiée avec cette collectivité territoriale, qui, par ailleurs, est demandeuse pour mieux exercer sa compétence de SPANC.

Dans le plan d'action du MEEDDM sur l'ANC, en matière de réhabilitation des installations pour la période 2009-2013, la priorité sera accordée aux zones à fort enjeu sanitaire ou environnemental, les travaux n'étant prescrits que si des risques sanitaires ou environnementaux sont identifiés. Le territoire du SIAEP de Toucy se trouve dans la région d'alimentation de la nappe des sables de l'Albien, aquifère dont la préservation en tant que ressource stratégique justifie une attention particulière vis-à-vis de toute forme d'atteinte environnementale.

## **2.2.3 Programme de travail**

### **2.2.3.1 Mise en place**

La fonction épuratrice du sol sera étudiée à l'aide des indices physico-chimiques, (micro)biologiques et sociotechniques, développées ci-après, en trois phases.

- Phase 1, recherche des indices. Des indices présélectionnés seront étudiés en profondeur sur un petit nombre (une dizaine) de sites représentatifs.
- Phase 2, validation des indices. Les données obtenues seront confrontées avec les gestionnaires de l'ANC (SPANC) et les indices seront reliés à l'indicateur.
- Phase 3, test de l'indicateur. Une cartographie de la fonction épuration sera effectuée sur une zone choisie.

Une fois le protocole de recherche mis au point, on réalisera une précampagne sur une dizaine de dispositifs ANC existants, qui couvrira toute la gamme des sols du territoire d'étude. La précampagne déterminera quelques sites pertinents où l'ensemble du travail prévu pour l'identification physico-chimico-biologique des indices sera effectué. L'élaboration de l'indicateur se fera avec le gestionnaire et permettra de ne retenir pour la phase finale qu'une partie de la batterie des paramètres mesurés.

La phase finale du projet consistera à réaliser « à la chaîne » la mesure de l'indicateur sur un territoire donné (une centaine d'échantillons de sols et d'eau de niveau 3 prélevés sur des parcelles munies de dispositifs ANC) en vue d'intégrer l'indicateur dans un SIG.

La fonction rétention – épuration sera évaluée de trois façons différentes et complémentaires :

- en tant que différence entre un état initial et un état final,
- en tant que différence entre un état final et un blanc représentatif,
- comme fonction des entrants et des sortants (si possible avec un pas de temps fin).

Autour d'un dispositif d'ANC, un ou plusieurs échantillons représentatifs du sol seront collectés pour mesurer le stock initial. Un échantillon du sol sera prélevé à la fin de la période de suivi pour évaluer la variation du stock. Un dispositif de collecte des influents et des effluents sera mis en place pour pouvoir compléter le bilan de la couche du sol. Dans les cas où un suivi dans le temps sera difficile, l'évolution du sol sera étudiée par différence entre une zone impactée, ayant subi l'infiltration, et un blanc, une zone de sol comparable mais sans impact de l'ANC.

### **2.2.3.2 Prélèvement**

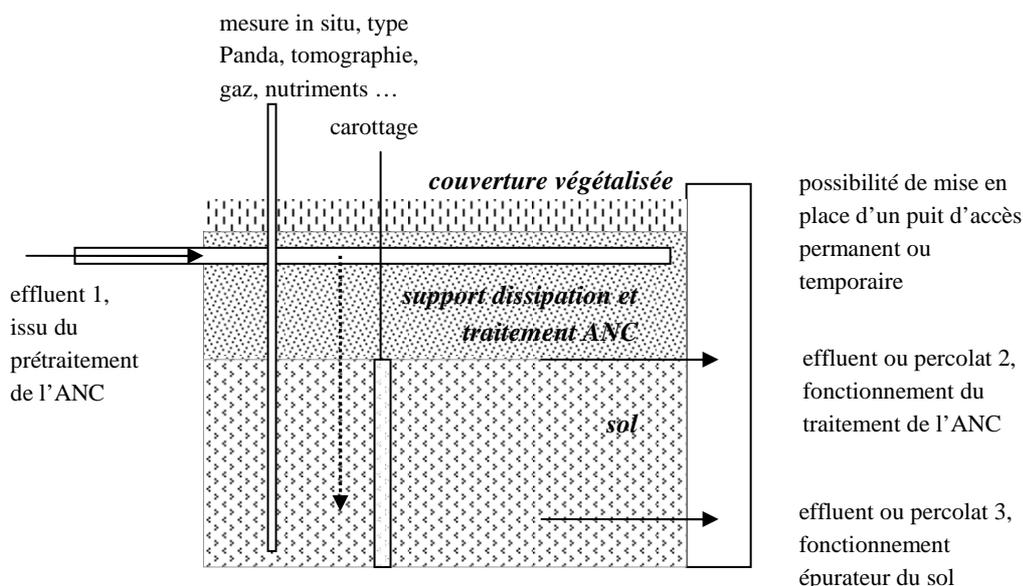
Bien que des méthodes de prélèvement des liquides et des solides existent pour les sols, la méthodologie devra être adaptée pour le ou les dispositifs de l'ANC. La difficulté principale réside dans le prélèvement sans perturbation du profil et dans le prélèvement de quantités suffisantes des liquides y résidant ou percolant. L'optimisation de la méthodologie fera partie du projet.

La méthodologie de prélèvement la plus simple est celle que l'on peut mettre en œuvre sur un site avant l'installation du dispositif ANC. Cela implique de mettre en place un puits d'accès préparé et

un drain de collecte permettant le prélèvement d'eau filtrée (traitée) par le dispositif ANC, eau que l'on dira de niveau 2 pour la différencier de la phase liquide de niveau 1 qui est celle sortant de la fosse septique avant d'entrer dans le dispositif ANC. Cette comparaison entre influent et effluent est l'approche classique de l'évaluation de performance du ouvrage d'épuration.

Pour le projet ANCRES, il sera nécessaire de prélever une eau de niveau 3, après un trajet vertical à travers le sol. La dispersion horizontale pourra être étudiée dans des cas pertinents. La comparaison avec l'effluent ou percolat de niveau 2 identifiera l'action du sol lui-même.

#### Schéma de principe pour le prélèvement au sein d'un système d'ANC



L'eau retenue par le sol pourra apporter un complément d'information. Il faudra donc établir un protocole d'extraction de l'eau de rétention d'un échantillon de sol et analyse d'une petite quantité d'eau. L'analyse la plus exigeante en volume est celle des micropolluants organiques. Si elle est effectuée sur du particulaire, une quantité supérieure à 100 mg est nécessaire pour des solides issus des eaux usées, ce qui pourrait être équivalent à plusieurs litres de percolat. Pour un dosage sur une matrice minérale, par exemple un sédiment de lac pollué, 5 grammes de solide suffisent. Mais pour le sol, une quantité plus élevée pourra être nécessaire. Une procédure de mise au point sur une parcelle permettra de déterminer la masse de sol utile pour que la chaîne analytique fournisse un résultat adéquat.

#### 2.2.3.3 Indices chimiques et microbiologiques

Pour ce projet de recherche, il est proposé d'évaluer d'abord les paramètres physico-chimiques usuels du sol : le pH, la matière organique, la teneur en éléments nutritifs tels que le carbone, l'azote et le phosphore, complétés par l'analyse de la capacité d'échange cationique. A ces paramètres s'ajoutent les polluants organiques sélectionnés qui pourront servir comme traceurs. Les mêmes paramètres seront mesurés dans les influents et les effluents. Les méthodes d'analyses pour les sols sont décrites dans Mathieu et Pieltain (2003) et pour les liquides dans Standard Water methods (AWWA, APHA 2004) et Recueil de normes pour la qualité de l'eau (AFNOR 2004).

#### *Le pH*

La mesure du pH constitue le test le plus sensible des modifications survenant dans l'évolution d'un sol. L'acidité d'un sol se décompose entre une acidité active et une acidité de réserve. Nous procéderons donc à la mesure de l'acidité active par la mesure du pH-eau et à la mesure de l'acidité de réserve par la mesure du pH-KCl et du pH-CaCl2.

### *Le carbone organique*

L'épandage d'effluents issus du processus de liquéfaction de la fosse septique apporte dans le sol de la matière organique. La matière organique, présente ou accumulée, sera analysée sous forme de carbone total, dissous et particulaire. Le carbone organique est dosé par une oxydation au bichromate de potassium en milieu acide selon la méthode de Walkley et Black modifiée.

### *L'azote*

La teneur en azote total est un indice pour les matières organiques azotées retenue par le sol. L'azote total sera mesuré en principe par la méthode Kjeldhal par colorimétrie. Les nitrates, les nitrites et l'ammonium seront dosés par chromatographie ionique en phase liquide. La présence de formes oxydées indiquera un bon fonctionnement du système d'épandage ou du sol, devant accomplir la nitrification. L'azote particulaire pourrait aussi être analysé après passage au four dans un analyseur C/N et détection infrarouge des gaz.

### *Le phosphore*

Le phosphore, constituant des effluents des fosses septiques et élément clef dans la maîtrise de l'eutrophisation, sera analysé par colorimétrie en tant que phosphore total ou en chromatographie ionique comme phosphate.

### *La capacité d'échange cationique*

La capacité d'échange cationique (CEC) d'un sol est la quantité totale de cations que le sol considéré peut adsorber sur son complexe et échanger avec la solution environnante dans des conditions de pH définies. Il existe de nombreuses méthodes pour évaluer la CEC et une attention particulière doit être portée au pH du sol. Le choix définitif de la méthode ne sera fait qu'après évaluation du pH du sol.

### *L'oxyde de titane*

Un possible traceur inorganique pourrait être l'oxyde de titane. L'oxyde de titane est un colorant courant des produits d'hygiène (dentifrice) et des médicaments, D'autre part il est peu présent dans les sols formés des roches sédimentaires du Bassin parisien. Il se dose en spectrométrie d'absorption atomique après digestion préalable à l'acide nitrique.

### *Le coprostanol*

Le coprostanol est un des principaux produits de dégradation du cholestérol humain et est considéré comme un traceur des excréta humains (Bethell *et al.* 1994). Il s'analyse en GC-FID ou GC/MS méthodes éprouvées au sein du LEESU.

### *HAP*

Les hydrocarbures aromatiques polycycliques, communément appelés HAP sont des traceurs génériques de l'activité anthropogénique. Ces composés sont présents dans tous les milieux environnementaux et montrent une forte toxicité, les plaçant sur la liste des polluants prioritaires. Leur origine est principalement pyrolytique. Leur utilité en tant que traceur dans le cas de l'ANC devrait être vérifiée. L'analyse de fait en GC/MS après extraction et purification.

### *Biocides*

De nombreux composés synthétiques sont détectés dans l'environnement, particulièrement dans les milieux aquatiques anthropisés. Parmi ces molécules, on trouve des biocides comme les parabènes utilisés dans les produits de soin. La préparation de l'échantillon et la méthode de détection sont les deux points critiques de la qualité du dosage de telles substances dans les eaux. Une technique d'extraction de phase solide et séparation sur colonne suivie de chromatographie liquide couplée à un

spectromètre de masse en tandem (LC/MSMS) a été récemment mise au point au LEESU dans le cadre de deux thèses en cotutelle. La méthodologie devrait être validée en matrice liquide.

#### *Alkyl phénols*

Les Alkyl phénols sont utilisés depuis 40 ans dans les détergents et cosmétiques comme agents émulsifiants. Leur analyse par LC/MSMS a été récemment mise au point au LEESU en parallèle avec celle des biocides.

#### *Microbiologie*

Les microorganismes jouent un rôle clé dans les cycles biogéochimiques du carbone, de l'azote, du phosphore et du soufre. Les transformations se font à l'aide des enzymes intra- et extracellulaires. L'activité enzymatique de la biomasse microbienne peut donc être utilisée comme un indice de l'état des cycles des éléments N, C, P, S... dans le sol. Cette activité peut être influencée par les effluents d'un dispositif d'ANC. Il apparaît donc que la connaissance de l'activité enzymatique extracellulaire du sol donne la possibilité de développer des mesures du fonctionnement d'un dispositif d'assainissement individuel des eaux usées domestiques.

En s'appuyant sur les travaux réalisés en agronomie, nous proposons d'étudier l'activité enzymatique du sol sous un dispositif d'épandage d'assainissement individuel et de le comparer avec un sol du même type en état naturel (blanc). Plus précisément, nous étudierons l'activité des enzymes suivantes :  $\beta$ -glucosidases (cycle du carbone),  $\beta$ -glucosaminidases (cycle du carbone et de l'azote), uréase (cycle de l'azote), acide et alcaline phosphatases (cycle du phosphore) et arylsulfatases (cycle du soufre). Ces activités enzymatiques peuvent être étudiées aisément par des méthodes biochimiques à l'aide de substrats spécifiques fluorescents.

Aujourd'hui, les techniciens chargés du contrôle des installations d'assainissement individuel ne disposent d'aucun instrument de mesure de bon fonctionnement (micro)biologique d'un dispositif d'épandage dans le sol. La série d'analyses que nous proposons de réaliser devrait permettre de sélectionner le critère enzymatique le plus pertinent reflétant le bon fonctionnement d'un dispositif d'épandage des eaux usées. Par ailleurs, l'estimation de l'activité enzymatique fournira une méthode simple et robuste, facile à mettre en œuvre pour des non spécialistes, permettant d'évaluer la fonction épuratrice du sol.

Les organismes pathogènes contenus dans les effluents de la fosse septique constituent un risque potentiel pour la santé humaine, si les nappes sont contaminées. La rétention des pathogènes par le sol sera vérifiée avec le paramètre classique des Escherichia Coli. La présence d'Escherichia Coli est indiquée par une fluorescence bleue résultant de l'hydrolyse du 4-Méthylumbelliféryl-b-D-glucuronide (MUG) par une enzyme (b-D-glucuronidase) présente chez cette bactérie entérique. Une méthodologie simplifiée à l'aide des microplaques sera utilisée.

#### 2.2.3.4 Indices physiques : caractérisation des sols sur échantillons et in situ

On développera une approche expérimentale de l'infiltration dans les sols in situ sous les dispositifs d'ANC. On interprétera les résultats grâce à l'acquisition de connaissances sur la texture des sols. Cette caractérisation de la texture ira au-delà de ce qui est nécessaire en hydraulique des sols et tentera de mettre en évidence des indices de texture pertinents sur la fonction rétention.

#### *Caractérisation des sols, tests classiques*

Pour caractériser les sols, on procédera aux analyses suivantes : granulométrie, porosimétrie, stabilité structurale, états du sol. De plus, l'essai au bleu de méthylène permettra d'estimer la capacité d'adsorption totale de l'échantillon.

L'analyse granulométrique comporte 4 étapes :

- Détermination par tamisage à sec des particules ne traversant pas un tamis à ouverture de 2 mm.
- Elimination ou inactivation des agents de cimentation ( $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{CaSO}_4$ ) et de liaison (matière organique).
- Détermination de la fraction argileuse (< 2 microns) et de la fraction limoneuse (2 à 50 microns) par sédimentation dans l'échantillon préalablement dispersé et mis en suspension.
- Séparation de la fraction totale de sable (50 microns à 2 mm) par tamisage humide, puis fractionnement du sable total par tamisage à sec.

Par ailleurs, on dispose d'un granulomètre laser pour analyser le reliquat des échantillons séchés et pré-triés aux tamis classiques.

L'analyse porosimétrique nécessite 2 mesures :

- Mesure de la densité réelle au pycnomètre ;
- Mesure de la densité apparente par la méthode du cône à sable.

La stabilité structurale s'évalue par le test de Hénin et le calcul de l'indice du même nom, complété par le test de percolation.

Les états du sol (cohérent, plastique, liquide) sont caractérisés par les limites et l'indice d'Atterberg, le point d'adhésivité et la limite de retrait. Ces limites sont déterminées au moyen de l'appareil de Casagrande.

Par ailleurs, on dispose de l'essai oedométrique et de l'essai triaxial si une caractérisation mécanique plus poussée s'avérait utile.

#### *Caractérisation des sols, imagerie MEB*

La caractérisation de la texture des échantillons de sol au MEB s'annonce indispensable. Il s'agira de sols sablo-argileux de granulométrie et de composition complexe, contenant de la matière organique inerte et des êtres vivants (bactéries, acariens...) et bien sûr humides ! On souhaite effectuer une description de la texture et différencier si possible 4 constituants avec leurs proportions (il ne s'agit pas de phase minérale au sens du cristallographe) :

- la matière organique plus ou moins agglomérée dans la porosité
- les feuillets argileux
- les grains calcaires ( $\text{CaCO}_3$ )
- les grains siliceux ( $\text{SiO}_2$  et Silicates).

On sait habituellement reconnaître ces constituants à leur aspect au MEB. L'utilisation de la microanalyse X permettra de dissiper certains doutes. Si nécessaire, une analyse de certains grains minéraux par diffraction des rayons X sera effectuée.

Pour caractériser la porosité sous une tension partielle de vapeur d'eau, le MEB du Cnam est adéquate. Il fonctionne en vide partiel sur des échantillons sans métallisation ni lyophilisation. On tentera de développer la méthodologie jusqu'à l'analyse d'images MEB, si les constituants sont suffisamment contrastés.

#### *Tests d'infiltration*

On s'appuiera sur la caractérisation des sols au laboratoire pour interpréter les tests d'infiltration in situ :

- Mesure de la perméabilité au double anneau (Muntz) et bouteille de Mariotte.
- Mesure de la conductivité au perméamètre de Guelph. Pour couvrir une vaste superficie et caractériser l'infiltrabilité du sol dans les environs, (sentiers, bord de route, berge de rivière, champs, parcelle du voisin, fossé...), il faut un dispositif plus léger pour évaluer l'infiltrabilité du sol : l'infiltromètre de Guelph est un instrument portatif bien adapté à cette tâche.

- Mesure de la perméabilité horizontale en milieu saturé par la méthode du trou de sondage (essai Porchet, ou Hooghout). La mesure classique Porchet sera effectuée à différentes profondeurs pour donner une image plus complète de la capacité d'infiltration. Est-ce que l'auscultation complémentaire du sol remet en question la pertinence du dispositif en place ?
- Utilisation d'un traceur colorant. L'utilisation d'un traceur colorant permettra de caractériser les différents modes de l'écoulement sur la parcelle : ruissellement, écoulement subsurface (visible le long des fossés), percolation verticale.
- Mesure de la teneur en eau et du potentiel matriciel au tensiomètre à bougie poreuse et à la sonde TDR. L'implantation d'un triplet de tensiomètres avec enregistreur continu à des profondeurs différentes permettra de suivre l'évolution du profil de teneur en eau. Couplé à un pluviomètre enregistreur sur la parcelle pour mesurer l'eau de pluie incidente et à un débitmètre sur la canalisation d'AEP pour mesurer la consommation d'eau journalière, on peut effectuer un bilan des transferts et ainsi caractériser l'évaporation et l'infiltration.

#### 2.2.3.5 Indices sociotechniques

A notre connaissance, il existe peu de données sur la perception des usagers de l'ANC ou du sol dans les cas des dispositifs individuels d'infiltration. L'usage du dispositif de l'ANC et sa perception a un impact sur son fonctionnement et donc son efficacité. Une mauvaise gestion du dispositif entraînera un mauvais fonctionnement et probablement une détérioration de la fonction épuratrice du sol. Il est proposé de créer un indice socio-technique fondé sur une enquête ménage auprès des usagers d'une part et une enquête auprès des gestionnaires d'autre part.

#### *Usagers*

L'objectif de enquête usagers est de déterminer, chez les usagers disposant d'un dispositif d'ANC, leur perception générale des fonctions du sol et l'adéquation de cette perception avec les nécessités d'installer un dispositif ANC pour traiter leurs effluents domestiques. Les propriétaires de dispositifs d'ANC sont-ils conscients des services rendus par le sol pour l'épuration des eaux usées ou pense-t-il qu'il s'agit juste d'un moyen pratique de se débarrasser des eaux usées ? Cette utilisation du sol entre-elle en conflit avec d'autres usages ?

La zone de compétence ANC du SIAEP de Toucy est vaste et présente un nombre important d'habitations dépendantes des dispositifs d'assainissement non collectif.

Sur le territoire du SPANC, un inventaire des habitations détenant un ANC a été réalisé. Pour des raisons de facturation, l'une des conditions d'adhésion au SPANC est d'appartenir au réseau de distribution d'eau potable. Cette condition permet de mutualiser les services et d'utiliser une base de données commune. Cette base servira pour démarrer l'enquête.

La réalisation de l'enquête peut être envisagée sous de nombreux modes. Le choix ne sera définitif qu'après avoir bien identifié les limitations du terrain de recherche.

On propose le questionnaire en face à face, où les sondeurs se déplacent à domicile pour interroger les personnes après les avoir préalablement averties, par courrier, du passage du sondeur. Ces données devront être complétées par le questionnaire par téléphone. En travaillant à partir de la base de données du SPANC, nous avons accès à toutes les catégories d'usagers.

Selon les modalités de taille, de choix de l'échantillon et du mode d'interrogation la forme du questionnaire (ouvert, à choix de réponses fini ou mixte) sera adapté.

Pour éviter les erreurs dues à la collecte de données ou bien à l'interrogation elle-même, un guide de l'enquêteur sera établi avant l'enquête et permettra de former les enquêteurs.

Après avoir présenté l'étude à chaque personne interrogée, voici une liste non exhaustive des questions qui pourront être posées :

- descriptif de l'utilisateur (âge, sexe, adresse, activité professionnelle, niveau d'étude ... ) ;
- descriptif de l'habitation (nombre de pièces principales, nombre de personnes, etc.) ;

- les souhaits des usagers en matière d'assainissement ;
- motivations de la réalisation d'un dispositif d'ANC ;
- connaissance du fonctionnement du dispositif ;
- perception du fonctionnement du dispositif ;
- connaissance des obligations d'entretien du dispositif ;
- raisons d'absence d'entretien régulier ;
- connaissance par les habitants de la nature du sol aux alentours de l'habitation ;
- perception du rôle du sol dans l'épuration ;
- autres usages actuels, passés, futur du sol ;
- connaissance de (in)compatibilités de l'ANC avec d'autres usages du sol ;
- réductions des déchets à la source : nourriture d'animaux, compost, arrosage...

### *Gestionnaires*

La loi sur l'eau de 1992 prévoyait que les communes, ou leur groupement, réalisent un zonage d'assainissement dans lequel elles délimitent les zones de leur territoire relevant de l'assainissement collectif et celles relevant de l'assainissement non collectif. Il s'ensuit que ces mêmes communes mettent en place un service public d'assainissement collectif et un service public d'assainissement non collectif (SPANC). La loi sur l'eau et les milieux aquatiques du 31 décembre 2006 a introduit des nouvelles dispositions afin de redonner une impulsion à la politique de l'ANC, en clarifiant les compétences des communes.

Il convient donc de compléter l'analyse physico-chimique et microbiologique des impacts, les conditions de bon fonctionnement de l'ANC, et l'analyse de la perception des fonctions du sol, par une analyse des conditions dans lesquelles les collectivités territoriales déploient actuellement leurs compétences en la matière.

La nouvelle organisation de l'ANC pose un problème évident d'acceptabilité sociale, par les propriétaires, des contraintes et des coûts inhérents. Le maire qui doit notamment assumer le zonage de l'ANC et fixer les prescriptions techniques pour les études de sols préalables à l'implantation ou la réalisation des ouvrages doit pouvoir disposer d'instruments d'aide à la décision scientifiquement fondés pour éviter les controverses autour de l'expertise de son SPANC.

En parallèle avec les enquêtes ménages auprès des usagers, on organisera l'expérimentation, avec les services techniques des collectivités ou de leurs regroupements, d'une série d'indicateurs (physico-chimiques et microbiologiques) développés dans le volet sciences de l'ingénieur du projet ANCRES. Cette expérimentation consistera à faire appliquer ces indicateurs par les services techniques et à évaluer ce qu'ils en retirent comme informations pour leur action. On interrogera ces services sur les autres indicateurs (techniques, sociaux et économiques) qui entrent en ligne de compte dans les décisions de zonage et de prescriptions techniques relatives aux installations pour améliorer l'indicateur proposé.

Enfin on mettra en évidence les points de convergence ou de divergence entre les logiques d'actions des usagers d'une part et des techniciens et des élus d'autre part.

#### 2.2.3.6 Construction d'un indicateur pour la fonction rétention – épuration et de son SIG

L'indice d'aptitude à l'épandage des sols est calculé par un modèle, par l'Institut supérieur d'Agriculture (Isa) de Lille, à la demande de l'IFEN. Il utilise les données de la Base de données Analyse des terres (BDAT) et tient compte de données telles que l'acidité des sols, la teneur en matière organique et en carbonate de calcium, la perméabilité, la teneur en argile et la fragilité de la structure des sols.

Le Système d'Evaluation de la Qualité des Eaux (SEQ), se décline en SEQ-Eau pour l'aspect chimique, en SEQ-Physique pour l'aspect physique, et en SEQ-Bio pour l'aspect biologique. Cet indice SEQ permet de qualifier l'état de l'eau par rapport à une altération et vis-à-vis d'un usage

particulier et dans une optique de dépassement de seuil ponctuel. Cet outil d'évaluation est construit par rapport à un milieu « référence » et est exprimé en classes de qualité avec code couleur associé.

L'indicateur proposé pour la gestion du potentiel épurateur des sols soumis à l'infiltration en assainissement (non) collectif, combinera les deux approches précédentes, la perméabilité faisant partie de l'indice physique « i-p », l'acidité des sols de l'indice chimique « i-c », l'activité enzymatique construisant l'indice microbiologique « i-m » et, par exemple, la fréquence d'entretien contribuant à l'indice sociotechnique « i-s ». Les coefficients « a » ou la pondération devront être déterminés dans une réunion de consensus.

L'indicateur pour la gestion du potentiel épurateur des sols soumis à l'infiltration en assainissement (non) collectif pourrait ainsi avoir la forme suivante :

$$I = \sum(a_n * i-p_n) + \sum(a_n * i-c_n) + \sum(a_n * i-m_n) + \sum(a_n * i-s_n)$$

## 2.3 Organisation de la proposition

### 2.3.1 Composition et responsabilités

TABLEAU 1. Nombre d'ETP consacré par chaque partenaire aux différentes actions de recherche.

	<b>sub-total</b>	Gestion du projet	Travail in situ	Analyse physique	Analyse chimique	Analyse microbio.	Enquête de terrain	Indicateur	SIG	Valorisation
<b>Doctorant</b>	<b>36</b>		8	8	8	2	4	2	2	2
<b>CNAM</b>	<b>25,0</b>	2	8	10	2	0	0	1	1	1
Olivier FOUCHÉ		2	2	2				1	1	1
François GIRAUD					2					
Patrice LEFRANÇOIS				2						
Laurent BRIANÇON			2	1						
Guillaume FAUCHEUX			2	1						
Master			2	4						
<b>LEESU</b>	<b>30,5</b>	0,5	5	0	8	5	4,5	3	2	2,5
Martin SEIDL		0,5			1	1	1	1,5		1
Christophe SAILLÉ			1			2	1	1		1
José F. DEROUBAIX							0,5	0,5		0,5
Marielle NAAH					2					
Catherine LORGEUX					2					
Mohamed SAAD			2		1					
Master			2		2	2	2		2	
<b>CETE IF</b>	<b>6,0</b>	0	6	0	0	0	0	0	0	0
Emmanuel BERTHIER		0,5	1							
David RAMIER			1,5							
Technicien LROP			3							
<b>CEMAGREF</b>	<b>24,0</b>	0,5	8	7	7	0	0	0,5	0	1
Catherine BOUTIN		0,5	1		1			0,5		1
Nicolas FORQUET			1	1						
Vivien DUBOIS			4	4	4					
Master			2	2	2					
<b>LaMI</b>	<b>4,5</b>	0,5	3	1	0	0	0	0	0	0
Pierre BREUL		0,5	3	1						
Master			2							
<b>TOTAL</b>	<b>90,0</b>	<b>3,5</b>	<b>30,0</b>	<b>18,0</b>	<b>17,0</b>	<b>5,0</b>	<b>4,5</b>	<b>4,5</b>	<b>3,0</b>	<b>4,5</b>

### 2.3.2 Expérience des équipes dans le domaine considéré

#### *La chaire de Géotechnique du Cnam*

On y mène une recherche essentiellement expérimentale appliquée dans le domaine du renforcement des sols (fonction support du bâti) autour de deux méthodes principales : nappes géosynthétiques et inclusions rigides. Elle s'appuie sur une compétence forte en conception et développement d'appareillages de laboratoire, en conception, instrumentation, suivi d'expérimentation en vraie grandeur, et essais in situ. Les applications sont diverses, des réservoirs d'eau à l'entreposage de déchets faiblement radioactifs en passant par les travaux de confortement sur sols en glissement. On s'appuiera sur cette compétence pour le volet échantillonnage et suivi d'ouvrage ANC de notre projet ainsi que pour la phase de caractérisation des sols, complétée par le MEB de la *chaire de Matériaux*.

### *Le LEESU (ex- CEREVE) ENPC Université Paris-Est*

Le Laboratoire Eau Environnement Systèmes Urbains (LEESU, commun à l'ENPC, AgroParisTech, l'Université Paris XII et l'Université de Marne-la-Vallée) développe une recherche pluridisciplinaire basée sur les sciences de l'univers, la biologie, les sciences de l'ingénieur d'une part, et les sciences politiques et de gestion de l'autre. A l'interface entre le génie de l'environnement et le génie urbain, le LEESU vise à améliorer les connaissances du fonctionnement urbain et à développer des outils de conception et de gestion. Ses chercheurs spécialisés en sciences de l'environnement et en chimie analytique travaillent sur les sources, flux et devenir des polluants au sein des territoires urbanisés. L'approche adoptée dans le cadre des activités de recherche consiste à coupler expérimentation et modélisation. Le laboratoire coordonne l'observatoire des polluants urbains (OPUR) en Ile de France. Il s'agit d'un site atelier, pérenne depuis 1994, ayant pour objectifs de faire progresser les connaissances concernant la production, le transfert et la gestion des polluants en milieux urbanisés. Les projets conduits sur cet observatoire se font en étroite partenariat avec les acteurs de l'assainissement en Île -de-France (AESN, CG93, CG94, CRIF, SIAAP, Ville de Paris).

### *Le CETE IF*

Le Centre d'études techniques de l'Équipement d'Île -de-France est un bureau public de recherche, d'études et d'ingénierie pour les acteurs des infrastructures de transport et de la ville. Il regroupe aussi des laboratoires d'essais et de contrôles. Service de la Direction Régionale de l'Équipement d'Île-de-France, il fait partie intégrante du Réseau Scientifique et Technique du MEEEDM. Il a depuis longtemps une forte activité dans le domaine de l'Eau en milieu urbain (20 personnes). Des études de recherche-innovation sont menées ainsi que des études opérationnelles pour le compte de divers acteurs : Etat, Collectivités locales, organismes parapublics ou privés.

Le groupe « Ville Durable » est fortement impliqué dans l'assainissement urbain au travers de la réalisation de schémas directeurs d'assainissement (schémas directeurs d'assainissement de Vaumois (60) et Saint Léger en Yvelines (78) en 2006) et l'assistance à maîtrise d'ouvrage pour la construction de stations d'épuration. Le CETE IF est également Équipe de Recherche Associée (ERA 35, animée par Emmanuel Berthier) à la division Eau & Environnement du Laboratoire Central des Ponts et Chaussées. Cette équipe mène des recherches sur les effluents de temps de pluie en milieu urbain et routier et possède des compétences en hydrologie et hydrodynamique.

Ce projet s'inscrit pour le CETE IF dans la continuité d'études portant sur une meilleure représentation des bilans hydriques et énergétiques des espaces aménagés, avec une attention particulière portée sur le rôle des surfaces revêtues. Le CETE IF possède une forte expérience en métrologie, avec à disposition une équipe de techniciens confirmée pour instrumenter, suivre et analyser les observations. Il dispose de plus de son propre laboratoire d'analyses physico-chimiques et organiques pour l'eau, avec là aussi le personnel spécialisé.

### *L'équipe EPURE du CEMAGREF de Lyon*

Le CEMAGREF est un institut public de recherche finalisé sous double tutelle des ministères en charge de la recherche et de l'agriculture. Le thème « épuration » s'intègre dans l'un des 5 thèmes identifiés dans le dernier plan stratégique : gestion de l'eau, des usages, des services et de leurs impacts. Les équipes « épuration » sont implantés sur 4 sites (Antony , Bordeaux , Rennes et Lyon).

Une partie de l'équipe lyonnaise est de longue date spécialisée dans les filières d'épuration extensives dont la gestion simplifiée leur confère une grande adaptabilité au milieu rural. Les connaissances issues des filières d'épuration fondées sur les processus des cultures fixées sur support fin (filtres plantés de roseaux, infiltration – percolation, filtres enterrés) nous ont permis d'identifier de longue date l'importance des matériaux supports. C'est par cette voie que nous sommes intéressés aux filières utilisés chez le particulier dans le domaine de l'ANC. Ce projet s'inscrit pleinement dans les axes de recherche de l'équipe lyonnaise :

- tant dans le domaine de l'épuration de l'ANC où la connaissance des propriétés du sol est à redécouvrir suite à une absence d'études de 30ans,
- que dans le domaine de l'infiltration des effluents traités (ZDV) où le sol, fortement sollicité pourrait contribuer effectivement à protéger globalement les milieux sous réserve de dimensionnements appropriés.

Le CEMAGREF de Lyon dispose de matériels de terrain permettant l'instrumentation de stations d'épuration selon des protocoles adaptés à chaque situation et d'un laboratoire de chimie. La collaboration avec le laboratoire LAMI (ci-après) a permis d'élaborer des méthodologies innovantes d'investigation non destructives de terrain adaptées aux filières d'épuration utilisant du sable. Leur adaptation à l'usage du sol fait réellement partie des enjeux qui permettraient à long terme de maintenir la filière des épandages dans le panel des choix des filières à la disposition du particulier.

### *Le LAMI de Clermont-Ferrand*

Le LaMI, Laboratoire de Mécanique et Ingénieries – Université Blaise Pascal – Clermont-Ferrand II (EA 3867 – FR TIMS / CNRS 2856) est né en 2008 du regroupement du LGC (Laboratoire Génie Civil) et du LAMI. L'équipe de géotechnique du LaMI s'est spécialisée depuis plusieurs années dans l'étude et la caractérisation des sols et matériaux granulaires de surface et du comportement des ouvrages en service.

Cette compétence se décline autour de trois axes :

1. Mise au point par le LAMI d'outils de caractérisation in situ. Trois outils d'investigation ont été développés dans le cadre d'un partenariat avec l'entreprise *Sol Solution* fondés sur la même idée : légèreté, pour pouvoir être utilisés dans toutes les conditions (sites d'accès difficile notamment) et pouvoir multiplier le nombre d'essais dans un temps donné ; bas coût, afin que le prix à l'essai permette de réaliser un plus grand nombre de mesures qu'un appareillage classique pour un même budget. Ces 3 outils sont le pénétromètre Panda (2 brevets), le géoendoscope et un perméamètre léger.

2. Le développement de techniques et d'outils d'exploitation de données expérimentales. Les outils développés au sein de l'équipe géotechnique peuvent être utilisés au sein d'un même forage, permettant ainsi d'obtenir au même endroit des informations croisées d'un même échantillon de sol. De plus, l'obtention d'un grand nombre d'informations au moyen de ces outils a permis à l'équipe de travailler sur des méthodes issues de la géostatistique et sur l'exploitation de données issues d'outils complémentaires.

3. Enfin, l'équipe du LaMI a développé une banque de sols comportant actuellement plus de 30 sols, à partir de laquelle elle peut calibrer des outils expérimentaux, ou réaliser des études de corrélation afin d'améliorer la méthodologie d'exploitation des données expérimentales de terrain, de diagnostic et d'étude d'ouvrages en service, et d'analyse de risque. Ces méthodes sont appliquées à l'heure actuelle sur les ouvrages ferroviaires, les ouvrages d'assainissement non collectif (1 brevet en cours de dépôt), des barrages, ou des digues de l'industrie minière (chilienne notamment).

#### 2.3.2.1 REFERENCES des PARTENAIRES

- **Berthier E.**, B. De Gouvello, Archambault, Gallis. Bilan hydrique des toitures végétalisées : vers de meilleures compréhension et modélisation. Soumis à Novatech 2010, Lyon, Juin 2010.
- **Boutin C.** (2007). Les Normes européennes et françaises applicables à l'Assainissement Non Collectif. In : 2<sup>ème</sup> Conférence Régionale ANC, GRAIE, Lyon Bron, 15 Nov. 2007, p. 3.
- **Boutin C.**, A. Iwema, C. Lagarrigue (2010). Point sur les Zones de Dissipation Végétalisées : Vers une protection supplémentaire du milieu récepteur de surface ? CEMAGREF, agence de l'eau Rhône Méditerranée et Corse, 12p.
- **Boutin C.**, A. Iwema, J. Lesavre, M. Mesnier, A. Bouveret, J.Y. Peytavit, G. Fournieret, R. Chuine, D. Thoumy, F. Kozimor, D. Marquis (2008). Les filtres à zéolite en assainissement collectif, état des lieux et analyse du fonctionnement. CEMAGREF, ONEMA, AMRF, 73p + annexe

- **Boutin C.**, J.S. Bois, V. Bouvard, G. Cadic, P. Dodane, A. Iwema, P. Lapauze, J. Lesavre, Y. Pigneur, D. Savoye et D. Thoumy (2007). Cadre Guide pour un Cahier des Clauses Techniques Particulières CCTP, Filtres plantés de roseaux, 76 p.
- **Breul P.**, J.M. Geoffray, Y. Haddani (2008). On-site concrete segregation estimation using image analysis. *Journal of Advanced Concrete Technology* 6 (1):171-180.
- **Breul P.**, R. Gourvès (2000). Caractérisation endoscopique des milieux granulaires couplée à l'essai de pénétration, *Revue Française de Géotechnique*, N°91, pp 27-35.
- **Breul P.**, R. Gourvès (2006). In field soil characterisation: approach based on texture image analysis, *ASCE Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering* (JGGE), 132(1):102-108.
- **Breul P.**, R. Gourvès, Y Haddani (2002). Géoendoscopie : application à la reconnaissance et au diagnostic en site urbain, *Revue Française de Géotechnique*, 101 :47-55.
- **Breul P.**, R. Gourvès, Y Haddani (2002). Géoendoscopie : caractérisation des géomatériaux par traitement et analyse d'images, *Revue française/européenne de génie civil*, hors série vol. 6 : « recherche et innovation : les entretiens du RGPU 2002 », Paris, Janv.2002, pp 85–100.
- **Breul P.**, Y. Haddani, R. Gourvès (2008). On site characterisation and air content evaluation of coastal soils by image analysis in order to estimate the liquefaction risk, *Canadian Geotechnical Journal*, 45:1723-1732.
- **Fouché O.** and A. Hirschauer (2007). Evolution piézométrique de la nappe phréatique de Seine-Saint-Denis et zonage d'infiltrabilité. In : XIVèmes Journées techniques du CFH, *Les nappes souterraines en contexte urbain*, 2007. Lyon, France.
- **Fouché O.** and J. Diebolt (2004). Describing the Geometry of 3D Fracture Systems by Correcting for Linear Sampling Bias. *Mathematical Geology* 36(1): p. 33-63.
- **Fouché O.**, H. Wright *et al.* (2004). Fabric control on strain and rupture of heterogeneous shale samples by using a non-conventional mechanical test. *Applied Clay Science* 26(1-4): p. 367-387.
- **Fouché O.**, M. Gasc-Barbier and C. Gaillard. Uncertainty in sampling the fracture network from core samples and borehole wall images. *Int. J. of Rock Mechanics & Geomech. Abstr.*, en révision.
- **Fouché O.**, Th. Yao, and M.-S. Oga. Water pathways in granitic aquifers at lineament scale - A survey in the Sassandra River watershed. *Journal of Hydrology*, en révision.
- Galinié H., D. Breysse, H. Niandou, L. Houy, **P. Breul**., X. Rodier, A. Laurent (2003). Utilisation du pénétromètre dynamique de type PANDA en milieu urbain pour l'évaluation et la caractérisation du dépôt archéologique. *Revue d'archéométrie*, n°27, p 15-26.
- Haddani Y., **P. Breul**., P. Bonton, R. Gourvès (2009). Learning method for in situ soil classification based on texture characteristics, *ASTM Geotechnical Testing Journal*, sous presse.
- Letellier L., **E. Berthier**, N. Darboux. Développement d'un infiltromètre pour mesurer les infiltrations d'eau à la surface des chaussées. Soumis au BLPC, n°spécial « Eau ».
- Merad-Boudia M., A. Nicole, D. Santiard-Baron, **Ch. Saillé**, I. Ceballos-Picot (1998). Mitochondrial impairment as an early event in the process of apoptosis induced by glutathione depletion in neuronal cells: relevance to Parkinson's disease. *Biochemical Pharmacology* 56(5): p. 645-655.
- Mory M., H. Michallet, D. Bonjean, I. Piedra-Cueva, J.M. Barnoud, P. Foray, S. Abadie, **P. Breul** (2006). A field study of momentary liquefaction caused by waves around a coastal structure, *ASCE Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering* (JWPCOE).
- Nascimento N.O., **M. Seidl**, A. Silva & L. Vieira (2009). Infiltration and detention systems for stormwater control: an assessment of performance. 33rd IAHR Congress: Water Engineering for a Sustainable Environment, August 9-14, 2009 Vancouver Canada, [www.iahr2009.org](http://www.iahr2009.org).
- Pardieu E., H. Cheap, Ch. Vedrine, M. Lazerges, Y. Lattach, F. Garnier, **Fr. Giraud**, S. Remita, Ch. Pernelle (2009). Molecularly imprinted conducting polymer based electrochemical sensor for detection of atrazine, *Analytica Chimica Acta* 649(2;7): p 236-245.

- Pouya A. and **O. Fouché** (2009). Permeability of 3D discontinuity networks: new tensors from boundary-conditioned homogenisation. *Advances in Water Resources* 32(3): p. 303-314.
- **Saillé Ch., O. Fouché**, and R.-M. Chevrier (2009). Surveiller l'évolution temporelle des éléments majeurs pour mieux gérer les ressources locales en eau souterraine. Cas de l'aquifère Jurassique à la limite Puisaye-Forterre (Intersyndicat de Toucy, Yonne). *Géologues* 163: p 93-98.
- **Saillé Ch., P. Marin, J.-C. Martinou, A. Nicole, J. London, I. Ceballos-Picot** (1999). Transgenic murine cortical neurons expressing human Bcl-2 exhibit increased resistance to amyloid  $\beta$ -peptide neurotoxicity. *Neuroscience* 92(4): p. 1455-1463.
- **Seidl M.** and V. Bontempo (2008). Social compliance for waste water treatment in urban areas of Belo Horizonte (Brazil). In: International Conference on New Sanitation Concepts and Models of Governance. *The Sanitation Challenge*, May 19-21, 2008 Wageningen, The Netherlands. Wageningen Univ. Environmental Policy Group, www.sanitation-challenge.wur.nl, tome1:125-132.
- **Seidl M.** P. Castro, J. Lauffer, N. Nascimento, M. Von Sperling (2008). Integrated quality indicators for urban water management – example of Belo Horizonte. In: XXXI Congreso Interamericano AIDIS, 12 – 15 Octubre de 2008 Santiago, Chile. Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental Chile - [www.aidis.cl](http://www.aidis.cl).
- **Seidl M., Z. Gnabo, J.-M. Mouchel** (2005). Socio-cultural aspects of individual sanitation in West African Cities. In: AGUA 2005, Oct. 31 – Nov. 4, Cali, Colombia.

### 2.3.3 Programmes en cours

La participation effective ou prévue à d'autres programmes de recherche est réduite, ce qui signifie que les membres de l'équipe ont effectivement la disponibilité affichée.

Certains membres de l'équipe (M. Seidl, E. Berthier) participent au projet TVGEP, qui a commencé fin 2009. La problématique de TVGEP rejoint partiellement celle du projet ANCRES, ce qui va créer une synergie sur le plan méthodologique.

### 2.3.4 Calendrier

Le projet commencera par une réunion de lancement, où les conventions entre les partenaires seront établies avec un partage des tâches.

En dehors des réunions de travail régulières, des réunions périodiques de comité de pilotage (représentants des équipes), en présence ou non des experts externes, auront lieu tous les 6 mois ou tous les ans. Ces réunions ont pour but de structurer et recadrer le projet si nécessaire.

Une journée de présentation et de discussion des résultats pour tous les participants aura lieu à mi-parcours et à la clôture du projet.

#### 2.3.4.1 Tâche n°1. Nécessité du suivi, choix du mode de suivi et des indices

Réaliser une synthèse historique sur la problématique du suivi de l'efficacité de l'ANC en France : aspects réglementaires, techniques et écologiques. Sur cette base, identifier les paramètres les plus pertinents, prospector des sites, concevoir et construire la relation avec les propriétaires ou occupants des parcelles : accessibilité, disponibilité des usagers et des gestionnaires.

#### 2.3.4.2 Tâche n°2. Validation des sites et des protocoles d'évaluation

Valider les sites sélectionnés : pertinence scientifique, faisabilité technique (tests préliminaires). Planifier les interventions techniques sur site et le partage des travaux de terrain entre les équipes.

#### 2.3.4.3 Tâche n°3. Mise en place des dispositifs de suivi

Mise en place des dispositifs de prélèvement en continu pour la période de mesure (1 an). Certains outils devront être actifs de façon simultanée.

- 2.3.4.4 Tâche n°4. Evaluation des indices physiques a l'état initial (blanc)  
 Mesures in situ de perméabilité, traçage, prélèvement des carottes dans le sol pour observation en laboratoire de la structure du sol, résistivité, endoscopie, mesures de gaz, essai panda.
- 2.3.4.5 Tâche n°5. Evaluation des indices chimiques a l'état initial (blanc)  
 Prélèvement des carottes dans le sol pour identification chimique initial (Mesure de teneurs totales).
- 2.3.4.6 Tâche n°6. Evaluation des indices microbiologiques a l'état initial (blanc)  
 Prélèvement des carottes dans le sol pour identification des activités bactériennes initiales.
- 2.3.4.7 Tâche n°7. Construction des enquêtes  
 Définir les questionnaires, écrire les guides d'entretiens, tests de mise au point.
- 2.3.4.8 Tâche n°8. Tenue des enquêtes  
 Enquêtes ménages avec les usagers et entretiens avec les gestionnaires.
- 2.3.4.9 Tâche n°9. Définition de l'indicateur  
 Construction de l'indicateur et des fonctions le reliant aux indices spécifiques.
- 2.3.4.10 Tâche n°10. Evaluation des indices physiques a l'état FINAL  
 Mesures in situ de perméabilité, traçage, prélèvement des carottes dans le sol pour observation en laboratoire de la structure du sol après la période de traitement, résistivité, endoscopie, mesures de gaz, essai Panda.
- 2.3.4.11 Tâche n°11. Evaluation des indices chimiques a l'état FINAL  
 Prélèvement des carottes dans le sol pour identification chimique finale (mesure de teneurs totales), bandelettes nitrates et ammonium.
- 2.3.4.12 Tâche n°12. Evaluation des indices microbiologiques a l'état FINAL  
 Prélèvement des carottes dans le sol pour identification des activités bactériennes finales.
- 2.3.4.13 Tâche n°13. Validation de l'indicateur et des indices le composant  
 Sélection du set d'indices le plus pertinent du point de vue technique et socio-économique.
- 2.3.4.14 Tâche n°14. Echantillonnage pour le SIG  
 Prélèvement des carottes dans le sol pour identification physique, chimique et microbiologique finale en incluant le blanc.
- 2.3.4.15 Tâche n°15. Traitement SIG des données  
 Géo-référencement des valeurs et créations de cartes thématiques.
- 2.3.4.16 Tâche n°16. Valorisation  
 Rapport, guides, publications, conférences.

TABLEAU 2. Calendrier des tâches.

MOIS	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	
Indices	X																		
Sites+protocole	X																		
Dispositifs	X	X	X																
Ind. phys t=0			X	X	X	X													
Ind. chim t=0			X	X	X														
Ind. micro t=0			X	X															

Ind. socio				X	X	X												
Enquêtes					X	X	X	X	X									
Indicateur									X	X	X							
Ind. phys t=t											X	X	X	X				
Ind. chim t=t											X	X	X					
Ind. micro t=t												X	X					
Indicateur final													X					
Echantillonnage												X	X	X	X			
SIG															X	X		
Valorisation						X			X			X					X	X

## 2.4 Valorisation

### 2.4.1 Valorisation scientifique

Les résultats obtenus seront présentés lors des colloques et conférences scientifiques et publiés dans les journaux scientifiques consacrés aux différents aspects des sols. Les articles seront aussi publiés dans les domaines différents comme les techniques des procédés en traitement des eaux.

Le projet pourra aussi être valorisé au niveau de l’enseignement, comme cela a été fait dans le cadre des projets multidisciplinaires au sein de Master SGE pendant le projet PICRI. On pourra par exemple effectuer une coproduction de connaissances sur les sols avec les associations de l’environnement.

### 2.4.2 Valorisation opérationnelle envisagée

Le projet ANCRES propose un outil d’appui aux politiques publiques en matière d’ANC : un indicateur de la fonction épuratrice du sol. L’indicateur incluant les aspects techniques et socio-économiques pourra être utilisé par les gestionnaires à différentes échelles, de la parcelle à la commune ou à l’intercommunalité. L’indicateur pourra aider à la mise en place de zonages plus cohérents et promouvoir une gestion intégrée des sols.

Le projet ANCRES apportera au futur observatoire de l’ANC, en construction avec l’ONEMA, un ou plusieurs indicateurs selon les cas, spécifique de l’impact de l’ANC sur les sols et en même temps de l’efficacité des dispositifs existants.

Dans l’axe I du plan d’action national ANC (« Garantir la mise en œuvre et la pérennité d’installations d’assainissement non collectif de qualité »), le projet ANCRES contribuera aux actions prioritaires 5 (Développer la formation et le savoir-faire des entreprises de conception et/ou d’installation d’ANC) et **6** (Mettre en place un dispositif de suivi in situ des installations). L’objectif de cette action est d’assurer, en s’appuyant sur les retours d’expérience des SPANC et des acteurs techniques et scientifiques de terrain, une veille technique des installations en fonctionnement pour identifier les dysfonctionnements éventuels de certaines filières et y remédier, en ajustant les prescriptions techniques. Il sera demandé à un ou plusieurs organismes techniques indépendants d’effectuer un bilan des causes de dysfonctionnements, de risques avérés des dispositifs ANC : par exemple, le CEMAGREF analyse actuellement les causes de dysfonctionnement des filtres à sable horizontaux. Le besoin a été identifié de définir les modalités d’un contrôle in situ plus poussé que celui réalisé actuellement par les SPANC, à réaliser sur un échantillon d’installations, selon des modalités d’organisation et de financement à définir.

Dans l’axe II du plan d’action national (« Accompagner les SPANC dans leurs missions »), le projet ANCRES contribuera aux actions prioritaires 7 (Développer la formation des SPANC) et **9**

(Mise à disposition des SPANC en 2010 d'une grille d'évaluation du risque environnemental et sanitaire afin d'identifier les installations nécessitant la réalisation de travaux de réhabilitation).

Nous développons ci-dessous un exemple de valorisation opérationnelle envisagée.

L'arrêté du 7 septembre 2009 (texte 2) décrit les modalités d'exécution de la mission de contrôle des SPANC. Les missions de contrôle du SPANC sont de trois natures : contrôle périodique des installations (au moins une fois tous les 8 ans), certification des installations neuves ou réhabilitées (selon les prescriptions techniques de l'arrêté du 7 septembre 2009, texte 1) et diagnostic des installations existantes. Lorsque le diagnostic des installations existantes est réalisé, le SPANC ne s'occupe plus que de leur contrôle. L'annexe 1 de l'arrêté du 7 septembre 2009 (texte 2) énumère les points de contrôle à vérifier à minima lors du contrôle périodique et lors du diagnostic. Parmi ces points de contrôle que le législateur estime nécessaires, trois concernent directement ou indirectement l'infiltration des eaux usées dans le sol. Deux de ces points concernent le diagnostic des installations réalisées ou réhabilitées avant le 31 décembre 1998 et le dernier point concerne à la fois le diagnostic des installations et le contrôle des installations. Ces points sont les suivants :

- a. Vérification des caractéristiques du sol.
- b. Absence de nappe à moins d'un mètre de profondeur
- c. Absence de saturation du pouvoir épurateur du sol.

Les points a), b) et c) sont à vérifier lors du diagnostic, alors que seul le point c) est à vérifier lors du contrôle.

La mesure de la succion par des tensiomètres pourrait apporter une réponse et une solution facile à mettre en œuvre lors de la vérification des trois points a) b) et c).

A partir de l'existant, de la connaissance des installations et de leur emplacement, il est possible de venir mettre en place un ou plusieurs tensiomètres à différentes profondeurs pour suivre le fonctionnement de l'installation durant plusieurs jours. La connaissance des volumes d'eaux prélevés et/ou l'estimation des volumes dirigés vers la fosse septique devrait permettre de mettre en évidence d'éventuels dysfonctionnements. Lors des contrôles périodiques et des diagnostics, ces mesures devraient permettre de répondre aux points a) et c). En présence ou en l'absence de puits à proximité des habitations, ces mesures devraient permettre de confirmer ou de répondre au point b). Si de telles mesures font la preuve de leur pertinence quant aux conclusions que l'on pourrait en tirer (diagnostic d'un colmatage du sol par exemple), elles seront utilisées avec profit lors des contrôles et diagnostics.

Dans un premier temps, on proposera donc au SPANC de l'intersyndicat des eaux de Puisaye-Forterre de faire quelques mesures sur des installations en place pour tenter de définir une méthodologie d'approche des points a), b) et c).

D'autres opérations de valorisation opérationnelle pourront être mises en place.

Les résultats du travail seront présentés aux partenaires scientifiques et institutionnels pendant les réunions de restitution à mi-parcours et à la fin du projet. L'objectif de ces réunions de restitution est d'une part un échange entre les partenaires scientifiques et d'autre part un transfert des savoirs et des connaissances entre les chercheurs et les gestionnaires. Dans le premier cas, il s'agit de valorisation scientifique en préparation des conférences et des articles, dans le deuxième cas il s'agit de la valorisation opérationnelle ou des guides de bonnes pratiques pourront être mis en place.

### 3 Annexe financière détaillée en euros TTC

TABLEAU 3. Budget prévisionnel (TTC) et répartition entre les différents organismes bénéficiaires.

	Coûts prévisionnels					
	LEESU	CEMAGREF	LaMI	CETE IF	CNAM	Total
<b>Fonctionnement</b>						
Personnel permanent Etat (ETP x coût unitaire)	1,5 x 11 k€ 5 x 8,2 k€	12 x 8,2 k€ 12 x 5k€	4,5 x 11 k€	3 x 11 k€ 3 x 7,5 k€	12 x 11 k€ 7 x 8,2 k€	<b>510,3 k€</b>
Personnel permanent non Etat : <u>conseillers techniques externes</u> (ETP x coût unitaire)						<b>65,6 k€</b>
<b>Vacations</b> (nombre, durée, coût unitaire)	6 x 4 k€					<b>24 k€</b>
<b>CDD</b> (nombre, durée, coût unitaire)	6 x 4 k€ 36 x 2,85 k€ 24 x 0,6 k€					<b>141 k€</b>
<b>Consommables</b>	9 k€	5 k€			4 k€	<b>18 k€</b>
<b>Missions</b> (nombre, durée et lieu - à titre indicatif ; inclure 3 séminaires de programme)	4	4	4	2	1	<b>15 k€</b>
<b>Frais de sous-traitance</b>						
<b>Equipement total</b>	16 k€	30 k€		2 k€	3,5 k€	<b>51,5 k€</b>
<b>Frais généraux</b>	5,4 k€	0,6 k€	0,6 k€	0,6 k€	0,6 k€	<b>7,8 k€</b>
<b>Frais de gestion</b> (limités à 4% du coût total des dépenses subventionnables)	10,3 k€					<b>10,3 k€</b>

TABLEAU 4. Répartition détaillée de la subvention demandée.

Item	mois	€/unit	Leesu	Cemagref	Cnam	CETE IF	TOTAL
				et LAMI			
<b>personnel</b>							<b>165 000</b>
IR	12	4 000	48 000				48 000
Stages Master	24	600	6 000	6 000	2 400		14 400
Thèse	36	2 850	102 600				102 600
<b>fonctionnement</b>							<b>40 800</b>
transport			4 000	8 000	1 000	2 000	15 000
communication/ bureautique			3 000				3 000
consommable analyse			9 000	5 000			14 000
MEB					4 000		4 000
Valorisation (conf)			2 400	1 200	600	600	4 800
<b>equipement</b>							<b>51 500</b>
Infiltromètre de Guelph			5 000				5 000
Infiltromètre à disque						2 000	2 000
Sondes de profil			6 000				6 000
Tensiomètres					3 500		3 500
Sondes TDR				30 000			30 000
Station météo complète			5 000				5 000
<b>Total gestion</b>		<b>4%</b>					<b>10 292</b>
<b>TOTAL</b>			<b>191 000</b>	<b>50 200</b>	<b>11 500</b>	<b>4 600</b>	<b>267 592</b>

## 4 Références bibliographiques citées

- Angulo-Jaramillo R., Vandervaere J.P., Roullet S., Thony J.L., Gaudet J.P. et Vauclin M. (2000) Field measurement of soil surface hydraulic properties by disc and ring infiltrometers A review and recent developments. **Soil & Tillage Research** **55:1-29**.
- Bahgat M., Dewedar A. et Zayed A. (1999) Sand-filter used for wastewater treatment : buildup and distribution of microorganisms. **Water research** **33-8:1949-1955**.
- Beach D.N.H., McCray J.E, Lowe K.S et Siegrist R.L (2005). Temporal changes in hydraulic conductivity of sand porous media biofilters during wastewater infiltration due to biofilm formation. **Journal of Hydrology** **311:230–243**.
- Bethell P. H., Goad L. J., Evershed R. P., Ottaway J. (1994). The Study of Molecular Markers of Human Activity: The Use of Coprostanol in the Soil as an Indicator of Human Faecal. **Material Journal of Archaeological Science**, 21(5): 619-632.
- Bhattacharjee S., Ryan J.N. et Elimelech M. (2002) Virus transport in physically and geochemically heterogeneous subsurface porous media. **Journal of Contaminant Hydrology** **57:161–187**.
- Butler D. et Payne J. (1995) Septic tank. Problems and practice. **Building and Environment** **30:3 419-425**.
- Coppola A., Santini A., Botti P., Vacca S., Comegna V. et Severino G. (2004) Methodological approach for evaluating the response of soil hydrological behavior to irrigation with treated municipal wastewater. **Journal of Hydrology** **292:114–134**.
- Diaz-Cruz S.M. et Barcelo D. (2008) Trace organic chemicals contamination in ground water recharge. **Chemosphere** **72:333–342**
- Drillia P., Stammatelatos K. et Lyberatos G. (2005) Fate and mobility of pharmaceuticals in solid matrices. **Chemosphere** **60:1034-1044**.
- Doussan C., Jouniaux L. et Thony J.L. (2002). Variations of self-potential and unsaturated water flow with time in sandy loam and clay loam soils. **Journal of Hydrology** **267:173–185**.
- Engin G.O. et Demir I. (2006) Cost analysis of alternative methods for wastewater handling in small communities. **Journal of Environmental Management** **79:357–363**.
- Eriksson E., Auffarth K., Henze M. et Ledin A. (2002) Characteristics of grey wastewater. **Urban Water** **4:85–104**.
- Eyl-Mazzega R. Les politiques de l'assainissement non collectif en France : état des lieux, enjeux et perspectives. Rapport de stage de fin d'études réalisé au sein de l'ONEMA. Septembre 2009.
- Focazio M.J., Kolpin D.W., Barnes K.K., Furlong E.T., Meyer M.T., Zaugg S.D., Barber L.B. et Thurman M.E. (2008) A national reconnaissance for pharmaceuticals and other organic wastewater contaminants in the United States — II) Untreated drinking water sources. **Science of the total environment** **402:201–216**
- Fountoulakis M.S., Terzakis S., Chatzinos A., Brix H., Kalogerakis N. et Manios T. (2009) Pilot-scale comparison of constructed wetlands operated under high hydraulic loading rates and attached biofilm reactors for domestic wastewater treatment. **Science of the Total Environment** **407:2996–3003**.
- Gonçalves R.A.B, Folegatti M.V., Gloaguen T.V., Libardi P.L., Montes C.R., Lucas Y., Dias C.T.S, Melfi A.J. (2007) Hydraulic conductivity of a soil irrigated with treated sewage effluent. **Geoderma** **139:241–248**.
- Green M., Shaul N., Belavski M., Sabbah I, Ghattas B. et Tarre S. (2006) Minimizing land requirement and evaporation in small wastewater treatment systems. **Ecological Engineering** **26:266–271**.
- Hanna M.K., Kellam J.L. et Boardman G.D. (1995) Onsite aerobic package treatment system. **Water research** **29-11:2530-2540**.
- Hawkins C.L., Shipitalo M.J., Rutledge E.M, Savin M.C. et Brye K.R (2008). Earthworm populations in septic system filter fields and potential effects on wastewater renovation. **Applied Soil Ecology** **40:195–200**.
- Healy M.G., Rodgers M. et Mulqueen J. (2007) Performance of a stratified sand filter in removal of chemical oxygen demand, total suspended solids and ammonia nitrogen from high-strength wastewaters. **Journal of Environmental Management** **83:409–415**.
- Heistad A., Paruch A.M., Vrale L., Adam K. et Jenssen P.D. (2006) A high-performance compact filter system treating domestic wastewater. **Ecological Engineering** **28:374–379**.
- IFEN (2008). Les services publics de l'assainissement en 2004. **Dossiers de l'IFEN N°10. 28p**.

- Karathanasis A.D., Potter C.L. et Coyne M.S. (2003) Vegetation effects on fecal bacteria, BOD, and suspended solid removal in constructed wetlands treating domestic wastewater. **Ecological Engineering** **20:157-169.**
- Kennedy P. et Van Geel P. J. (2000) Hydraulics of Peat Filters Treating Septic Tank Effluent **Transport in Porous Media** **41:47–60.**
- Kosugi, K., (1994) Three-parameter log-normal distribution model for soil water retention. **Water Resource Research** **30:891–901.**
- Kutilek M. (2004) Soil hydraulic properties as related to soil structure. **Soil & Tillage Research** **79:175–184.**
- Matamoros V., Arias C., Brix H. et Bayona J.M. (2009) Preliminary screening of small-scale domestic wastewater treatment system for removal of pharmaceutical and personal care products. **Water research** **43:55-62.**
- Markman S., Guschina I.A., Barnsley S., Buchanan K.L., Pascoe D. et Müller C.T (2007) Endocrine disrupting chemicals accumulate in earthworms exposed to sewage effluent. **Chemosphere** **70:119–125.**
- Mbuligwe S.E. (2004) Comparative effectiveness of engineered wetland systems in the treatment of anaerobically pre-treated domestic wastewater. **Ecological Engineering** **23:269–284.**
- Mosaddeghi M.R., Mahboubi A.A., Zandsalimi S. et Unc A. (2009). Influence of organic waste type and soil structure on the bacterial filtration rates in unsaturated intact soil columns. **Journal of Environmental Management** **90:730-739.**
- Mualem, Y., (1976). A new model for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media. **Water Resources Research.** **12 (3):513–522.**
- Muttamara S. (1996) Wastewater characteristics. **Resources, conservation and recycling.** **16:145-159.**
- Pachepsky Y., Rawls W. et Gimenez D., Watt J.P.C. (1998) Use of soil penetration resistance and group method of data handling to improve soil water retention estimates. **Soil & Tillage Research** **49:117-126.**
- Pedescoll A., Uggetti E., Llorens E., Granés F., García D. et García J. (2009) Practical method based on saturated hydraulic conductivity used to assess clogging in subsurface flow constructed wetlands. **Ecological Engineering** **35:1216–1224.**
- Pell M. et Ljunggren H. (1996) Composition of the bacterial population in sand-filter columns receiving artificial wastewater, evaluated by soft independent modelling of class analogy (SIMCA). **Water research** **30-10:2479-2487.**
- Ragusa S.R., McNevin D., Qasem S. et Mitchell C. (2004) Indicators of biofilm development and activity in constructed wetlands microcosms. **Water Research** **38:2865–2873.**
- Rauch-Williams T. et Drewes J.E. (2006) Using soil biomass as an indicator for the biological removal of effluent-derived organic carbon during soil infiltration. **Water research** **40:961–968.**
- Rockhold M.L., Yarwood R.R., Niemet M.R., Bottomley P.J et Selker J.S. (2002). Considerations for modeling bacterial-induced changes in hydraulic properties of variably saturated porous media. **Advances in Water Resources** **25:477–495.**
- Rolland L, Molle P., Liénard A., Bouteldja F.et Grasmick A. (2009). Influence of the physical and mechanical characteristics of sands on the hydraulic and biological behaviors of sand filters. **Desalination** **248:998–1007.**
- Romano N. et Palladino M. (2002) Prediction of soil water retention using soil physical data and terrain attributes. **Journal of Hydrology** **265:56–75.**
- Ruan H. et Illangasekare T.H. (1999). Estimation of relative hydraulic conductivity of sandy soils based on a sheet flow model. **Journal of Hydrology** **219:83–93.**
- Schaap M.G. et Leij F.J. (1998) Using neural networks to predict soil water retention and soil hydraulic conductivity. **Soil & Tillage Research** **47:37-42.**
- Stevik T.K. Ausland G., Deinboll-Jenssen P. et Siegrist R.L. (1999) Removal of E.Coli during intermittent filtration of wastewater effluent as affected by dosing rate and media type. **Water research** **33-9:2088-2098.**
- Stevik T.K., Aa K., Ausland G. et Hanssen J.F. (2004) Retention and removal of pathogenic bacteria in wastewater percolating through porous media: a review. **Water Research** **38:1355–1367.**
- Taylor M.R., Holmes P., Duarte-Davidson R., Humfrey C.D.N. et Harrison P.T.C. (1999). A research strategy for investigating the ecological significance of endocrine disruption: report of a UK Workshop. **Science of the Total Environment** **233:181-191.**

- Ternes T.A., Bonerz M., Herrmann N., Teiser B. et Andersen R.H. (2007). Irrigation of treated wastewater in Braunschweig, Germany: An option to remove pharmaceuticals and musk fragrances. **Chemosphere 66:894–904.**
- Thiele-Bruhn S. et Beck I.C. (2005) Effects of sulphonamide and tetracycline antibiotics on soil microbial activity and microbial biomass. **Chemosphere 59:457-465.**
- Turon, C., Comas J. et Poch M. (2009) Constructed wetland clogging: A proposal for the integration and reuse of existing knowledge. **Ecological Engineering (in press).**
- Van Geel P.J. et Parker W.J. (2003).Estimating the water budget for a peat filter treating septic tank effluent in the field. **Journal of Hydrology 271:52–64.**
- Van Genuchten, M.T., (1980) A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal 44, 892–989.**
- Vega E, Lesikar B. et Pillai S.D. (2003) Transport and survival of bacterial and viral tracers through submerged-flow constructed wetland and sand-filter system. **Bioresource Technology 89:49–56**
- Wanko A., Mose R., Carayrou J. et Sadowski A.G. (2006) Simulation of Biotreatment in Infiltration Seepage—Model Development and Hydrodynamic Calibration. **Water, Air, and Soil Pollution 177:19–43.**
- Yin H. et Xu Z. (2006) Numerical modelling of wastewater transport and degradation in soil aquifer. **Journal of Hydrodynamics Ser.B, 18(5):597-605.**

### **Autres documents utilisés**

- BERLAND J.M., BOUTIN C., MOLLE P., COOPER P. (2001). Guide des procédés extensifs d'épuration des eaux usées adaptés aux petites et moyennes collectivités (500-5000 équ-hab) : mise en œuvre de la directive du Conseil n° 91-271 du 21 mai 1991 relative au traitement des eaux urbaines résiduaires.
- SATIN M., SELMI B. (2006). Guide de l'assainissement.
- CHOCAT B. (1997). Encyclopédie de l'Hydrologie Urbaine et de l'Assainissement.
- Arrêté du 7 septembre 2009 (texte 1) fixant les prescriptions techniques applicables aux installations d'assainissement non collectif recevant une charge brute de pollution organique inférieure ou égale à 1,2 kg/j de DBO5.
- Arrêté du 7 septembre 2009 (texte 2) relatif aux modalités d'exécution de la mission de contrôle des installations d'assainissement non collectif.
- Conseil économique, social et environnemental (2009). Les usages domestiques de l'eau. Avis présenté par Paul de Viguier.
- Les dossiers de l'IFEN N°10 (janvier 2008). Les services publics de l'assainissement en 2004.
- C. Mathieu et F. Pieltain (2003). Analyses chimiques des sols. Méthodes choisies. Edition Tec et Doc.