



HAL
open science

Contenu des études préalables à la réalisation d'une Zone de Rejet Végétalisée

Catherine Boutin, L. Mercoiret, S. Prost Boucle, J.M. Bec, V. Blu, V. Bouvard, L. Boulp, J. Di Mare, N. Dimastromatteo, S. Garnaud, et al.

► **To cite this version:**

Catherine Boutin, L. Mercoiret, S. Prost Boucle, J.M. Bec, V. Blu, et al.. Contenu des études préalables à la réalisation d'une Zone de Rejet Végétalisée. pp.16, 2012. hal-02597728

HAL Id: hal-02597728

<https://hal.inrae.fr/hal-02597728>

Submitted on 1 Jul 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Groupe de travail national sur l'Évaluation des Procédés
Nouveaux d'Assainissement des petites et moyennes Collectivités

Contenu des études préalables à la réalisation d'une Zone de Rejet Végétalisée



OBJECTIFS DU DOCUMENT

Le présent document a pour objectif de préciser **le contenu des études préalables d'ordre pédologique, géologique et hydrogéologique** avant la réalisation d'une ZRV, et d'aider ainsi les maîtres d'ouvrage dans leur projet. Ces préconisations ne sont pas exhaustives et ne se substituent à aucun moment aux demandes spécifiques supplémentaires émanant, par exemple, des services de polices de l'eau.

Ce document n'est pas un guide de dimensionnement mais donne les méthodes d'acquisition des éléments essentiels pour un dimensionnement réfléchi à chaque contexte selon un objectif fixé.

Il est constitué de 5 fiches :

- Contexte général du projet

A l'aide d'une recherche essentiellement documentaire, décrire le contexte général du site et son environnement (localisation communale, topographie, contexte géologique, hydrologique et hydrogéologique) et en particulier les masses d'eau de surface et souterraines se trouvant à proximité de l'emplacement de la future ZRV. Cette analyse pourrait s'appuyer sur les éléments constitutifs d'un dossier d'études d'impact.

Fiche technique 1

- Etude de sol et sous sol

L'objectif d'une étude de sol est de connaître l'état et les caractéristiques du sol et du sous sol du site. Les études géotechniques préalables à la réalisation de la station d'épuration permettent de compléter les différentes phases d'étude préconisées dans ce document.

Cette étude pédologique comprend plusieurs étapes :

Nature du sol/profil pédologique

Fiche technique 2

Mesure de la perméabilité du sol par réalisation de tests d'infiltration. Il existe plusieurs méthodes de mesure :

Fiche technique 3

- en surface (ou méthode double anneau)
- en profondeur (méthodes dites « de Porchet » ou « Guelph », test en fosse pédologique).

Ces différentes méthodes mesurent la quantité d'eau infiltrée dans des conditions définies permettant le calcul du coefficient de perméabilité.

- Evaluation du niveau de nappe et appréciation du sens d'écoulement des eaux

Afin d'apprécier le niveau de la nappe, on s'appuiera sur des **cartes piézométriques** existantes. Dans la plupart des cas, il faudra avoir recours également à des mesures *in situ* à partir de puits ou piézomètres existants. A défaut, il sera nécessaire de les créer. Ces ouvrages pourront être utilisés ultérieurement pour le suivi de l'impact éventuel de la ZRV.

Fiche technique 4

- Evaluation du sens d'écoulement des eaux par traçage

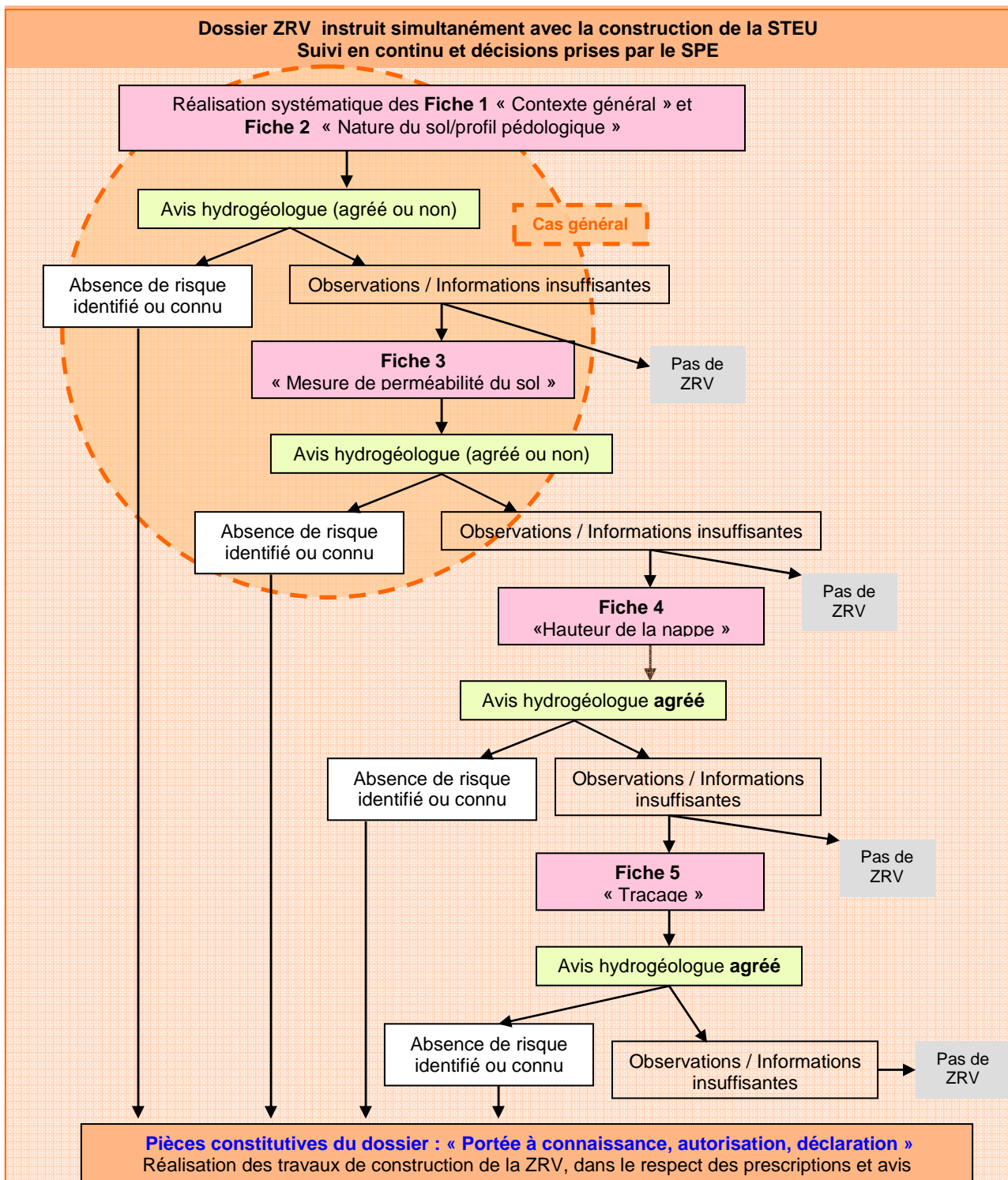
Fiche technique 5

On peut si besoin, effectuer un **traçage** complémentaire afin de caractériser très précisément les écoulements en profondeur.

METHODOLOGIE D'USAGE DES FICHES : LOGIGRAMME

Le groupe de travail propose d'appliquer ce logigramme aux STEU **non concernées par l'infiltration totale des eaux usées traitées**, indépendamment de leur taille.

Si le milieu récepteur nécessite une **infiltration totale des eaux usées traitées**, le SPE doit exiger l'application de l'article 10 de l'actuel arrêté du 22 juin 2007, rubrique « ouvrage d'infiltration » : il requiert donc systématiquement, pour les STEU de taille supérieure à 200 EH l'avis d'un hydrogéologue agréé. Pour les STEU de taille inférieure ou égale à 200 EH, le groupe propose l'application du logigramme.



FICHE TECHNIQUE 1 CONTEXTE GÉNÉRAL

Lors de cette première étape, il s'agit de décrire le site de manière synthétique les aspects urbanistiques, topographiques, géomorphologiques et hydrologiques.

Attention, cette étude, couramment conduite sur l'emprise de l'emplacement exact de la station d'épuration, porte sur l'emprise dédiée à la Zone de Rejet Végétalisée.

Localisation communale du site

Il s'agit d'**identifier** la commune, le lieu-dit, le n° de section cadastrale et les parcelles concernées par le projet. Ces informations sont répertoriées sur le plan cadastral disponible en mairie et permettent ainsi d'afficher une carte de **localisation communale cadastrale**.

Il est également nécessaire de noter les coordonnées X, Y du site selon le système national de référence géographique¹. Ces données sont relevées sur le terrain à l'aide d'un GPS. Lorsqu'il est impossible de se rendre sur le terrain, ces coordonnées peuvent être obtenues par recherche sur Géoportail (<http://www.geoportail.fr/>).

Topographie du site



L'objectif de cette étape est de déterminer la position et l'altitude de tous les points du site.

La visite du site et l'utilisation d'outils cartographiques disponibles (**carte topographique** IGN 1/25 000) permettront de connaître les **pentés** afin d'identifier les contraintes physiques du site retenu et les intégrer dans la conception.

Contexte géologique et hydrogéologique général



Les **cartes géologiques** ainsi que leur notice explicative permettront de définir le contexte général dans lequel se trouve le site (formation calcaire, marne...).

De même, les **cartes hydrogéologiques** vont décrire la présence ou non d'une nappe sur le site de la ZRV.

Si une nappe se situe aux alentours du site, le système d'information sur l'eau du bassin hydrographique concerné, indique le code de la masse d'eau, le code de l'aquifère et sa description.

NOTA : Toutes les masses d'eau et aquifères sont codifiés et disponibles via les SIGES (Système d'Information pour la Gestion des Eaux Souterraines).

¹ Selon le Décret n° 2000-1276 du 26 décembre 2000 (NOR : ATET0080030D), c'est à dire le système de projection Lambert-93 pour la France métropolitaine par exemple.

Inventaire exhaustif des eaux de surface et souterraines et de leurs usages aux alentours de la ZRV

Afin d'apprécier l'environnement du site et l'impact de la ZRV, seront localisées sur une échelle appropriée (1/1000^{ème} ou 1/5000^{ème}) et étudiées :

- la présence de captages d'eau potable ;
- la proximité des périmètres de protection des captages ;
- la présence de nappes, puits, points d'eau et leurs usages ;
- la présence de cours d'eau ou plans d'eau et leurs usages ainsi que les objectifs de qualité assignés ;
- les zones protégées ;
- les zones humides, etc.
- la localisation de l'habitat et la densité de l'urbanisation
-

Le but de cette identification est d'évaluer les risques éventuels de contamination. Pour arriver à conclure à une absence de risque, cette liste doit être exhaustive. Toute étude existante sur le secteur concerné est à intégrer dans une telle analyse qui se veut être complète.

Outils cartographiques – Base de données (liste non exhaustive)

<p>InfoTerre™</p> <p>http://infoterre.brgm.fr/</p> <p>Les cartes géologiques du 1/1 000 000^{ème} au 1/50 000^{ème} associées aux notices permettent d'établir un premier contexte géologique et hydrogéologique du site étudié. La BSS renseigne sur l'existence éventuelle de forages, sondages et puits dans la zone d'étude.</p>	<p>Il constitue le portail géomatique d'accès aux données géoscientifiques du BRGM :</p> <ul style="list-style-type: none"> • cartes géologiques du 1/1 000 000^{ème} au 1/50 000^{ème} • dossiers de la Banque de données du Sous-Sol (BSS) • cartes des risques naturels et industriels • données sur les eaux souterraines.
<p>Geoportail</p> <p>http://www.geoportail.fr/</p>	<p>Le Géoportail est un portail web public permettant l'accès à des services de recherche et de visualisation de données géographiques ou géolocalisées. Il a notamment pour but de publier les données géographiques de référence de l'ensemble du territoire français. Il est mis en œuvre par deux établissements publics, l'IGN et le BRGM.</p> <p>Saisir le nom de votre commune afin de visualiser les photographies aériennes, cartes IGN, bâtiments, routes, parcelles cadastrales, occupation des sols, cartes de Cassini et réseau hydrographique.</p>
<p>EauFrance : SIE (Système d'Information sur l'Eau)</p> <p>Pour chaque bassin hydrographique, disponible sous :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Adour-Garonne : http://adour-garonne.eaufrance.fr/ • Rhône-Méditerranée & Corse : http://www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr/ • Loire-Bretagne : http://www.loire-bretagne.eaufrance.fr/ • Artois-Picardie : http://www.artois-picardie.eaufrance.fr/ • Rhin-Meuse : http://rhin-meuse.eaufrance.fr/ • Seine-Normandie : site en construction. • DOM/COM: site en construction 	<p>Pour Adour-Garonne par exemple, le portail de bassin SIE permet l'accès à diverses informations (planification et gestion de l'eau, données sur l'eau, veille hydrologique, risques d'inondation, ...) et l'onglet "Données sur l'Eau" vise les thèmes suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ressource en eau (qualité, quantité, ...) • Description du milieu naturel (bassins versants, cours d'eau, aquifères, ...) • Réglementation et Programmation (SDAGE, SAGE, Zonages divers) • Pollution et dépollution (STEU, rejets, déchets, ...) • Usages de l'eau (barrages, prélèvements) • Documentations sur l'eau (études réalisées).

<p>CARMEN</p> <p>http://carmen.ecologie.gouv.fr/spip.php?article78</p>	<p>Carmen est un des serveurs cartographiques du Ministère en charge de l'Ecologie et du Développement Durable, permettant de répondre au besoin d'intérêt général de diffuser les données géographiques environnementales publiques (nature, paysages, eau et risques).</p>
<p>Accès par zones géographiques, recherche de données thématiques ou organisme producteur de cartes. On peut entre autres consulter, pour un lieu choisi, les zones de répartition des eaux ou les stations de mesures hydrobiologiques, les atlas des zones inondables ou de prévision des crues.</p>	
<p>EauFrance : Banque Hydro</p> <p>http://www.hydro.eaufrance.fr/</p>	<p>La banque HYDRO fournit les valeurs de débit dans les cours d'eau au niveau de 3500 stations, stocke les mesures de hauteur d'eau (à pas de temps variable) en provenance des 3 500 stations de mesure (dont 2 400 sont actuellement en service) implantées sur le territoire français.</p>
<p>Gest'eau</p> <p>http://www.gesteau.eaufrance.fr/</p>	<p>Gest'Eau est le site des outils de gestion intégrée de l'eau, regroupant des informations sur les documents de planification qui s'inscrivent dans la Directive Cadre Européenne sur l'Eau (DCE) pour atteindre le bon état des eaux : les Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE) et les Schémas d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE), ainsi que les contrats de milieu (rivière, baie, nappe).</p>
<p>Autres cartographies pouvant apporter des informations sur le milieu naturel</p>	<p>Zones Natura 2000 (études d'incidences si ZRV incluse dans ce périmètre) ; ENS : Espaces Naturels Sensibles ; Trames vertes – trames bleues (contexte de la biodiversité) ; ZNIEFF : Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique ; Zones Humides ; etc.</p>

FICHE TECHNIQUE 2

NATURE DU SOL/PROFIL PEDOLOGIQUE

Les sondages permettent de réaliser une description du sol afin de déterminer ses caractéristiques : nature, texture, détection de traces d'hydromorphie, observations granulométriques, profondeur et nature du substratum rocheux. Ils permettent principalement de déterminer son aptitude à l'infiltration et/ou d'identifier un frein souterrain à l'écoulement.

Ces observations doivent nécessairement porter sur les zones directement concernées par le projet de ZRV ; il convient tout particulièrement de positionner, dans le profil, la hauteur correspondant à la zone d'écoulement prévue pour la ZRV.

Deux méthodes sont possibles :

Sondage à la tarière

Principe

Plusieurs sondages sont réalisés manuellement à l'aide d'une tarière (profondeur \approx 40 cm). Quelle que soit la surface, il est utile de procéder à 3 sondages au minimum : on conseille de les répartir sur la surface concernée, au centre et aux extrémités.

Avantages

La méthode « tarière » fonctionne convenablement sur des terrains qui s'y prêtent bien : légers, peu argileux et peu caillouteux.

Inconvénients

La tarière peut se bloquer rapidement et, selon la nature du sol, il est peut être difficile de descendre à une profondeur supérieure à 40 cm.

Dans ces conditions, le profil obtenu est particulièrement peu précis. Il est donc nécessaire de coupler ce test à un sondage en profondeur (fosse pédologique). Si la zone est susceptible d'être très hétérogène, ces sondages préliminaires peuvent également aider à positionner les sondages plus complets en fosse.

Sondage en fosse pédologique

Principe

A l'aide d'un tractopelle ou d'une mini-pelle, des sondages sont réalisés à 1.5 - 3 m de profondeur. Le sol est généralement caractérisé sur toute sa hauteur. Quelle que soit la surface, il est utile de procéder à 3 sondages au minimum : on conseille de les répartir sur la surface concernée, au centre et aux extrémités.

Avantages

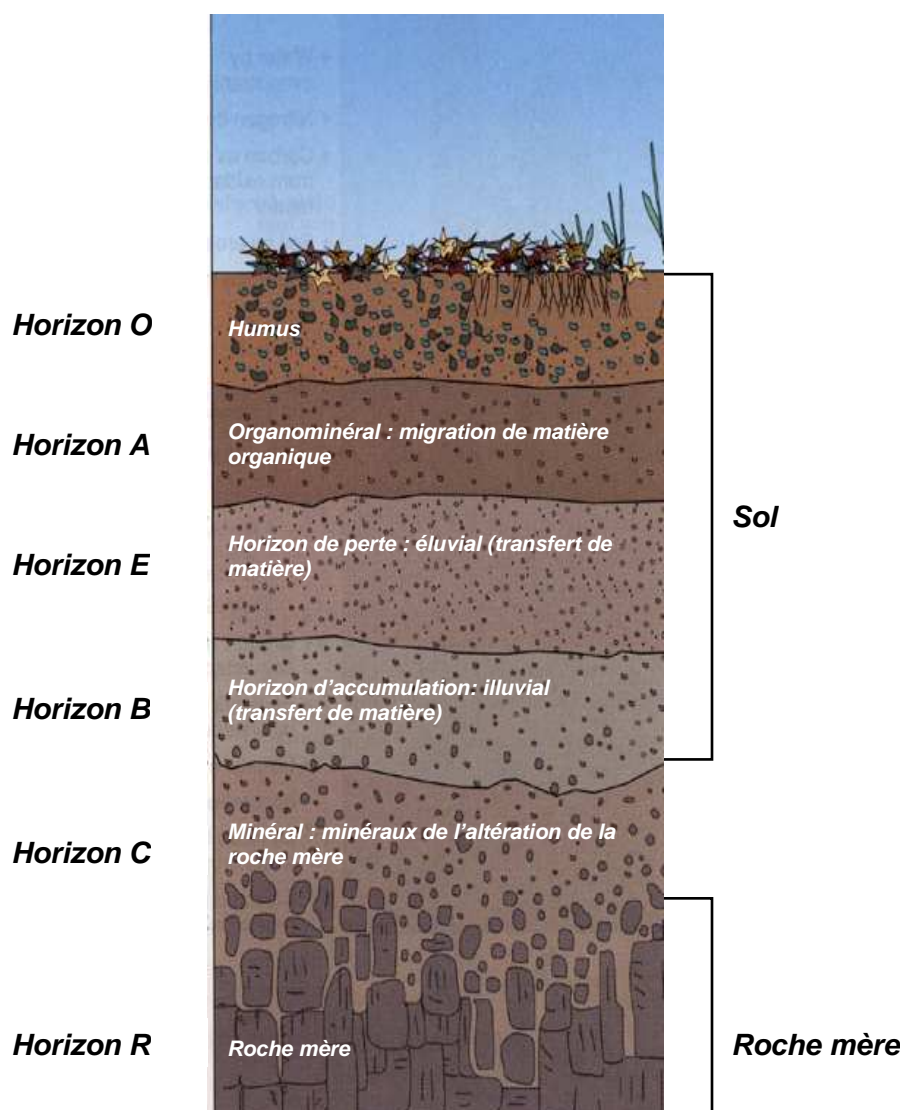
La fosse pédologique est le sondage le plus fiable et très rapide pour obtenir une vision complète du sol et de sous-sol: en une visite, le diagnostic du sol et sous-sol peut être conduit sans hésitation.

Inconvénients

Ce test nécessite l'intervention d'un engin mécanique plus coûteux et plus long qu'une simple tarière manuelle.

Ces 2 types de sondages seront décrits (divers horizons) et localisés sur un plan à l'échelle appropriée.

Exemple type d'un profil de sol



Pour les installations de taille inférieure à 200EH, les sondages à la tarière donnent généralement une information suffisante et les sondages en fosse pédologique sont à préconiser pour des cas particuliers, de forte hétérogénéité par exemple.

Pour de plus grandes installations, il faut considérer ces 2 types de mesures comme complémentaires.

FICHE TECHNIQUE 3

MESURE DE PERMÉABILITÉ DU SOL

La perméabilité K d'un sol est la capacité de ce dernier à infiltrer l'eau. Il s'agit d'une vitesse de circulation de l'eau libre entre les grains, l'eau « pelliculaire », « collée » autour des grains restant immobile. La perméabilité dépend de la texture du sol et de sa structure (homogène, fissures...). Plus un milieu est perméable (K grand), plus l'eau s'infiltré.

Un sol est considéré comme imperméable lorsque le coefficient K est inférieur à 10^{-8} m/s ce qui correspond à 0,036 mm/h. A l'inverse, au delà de 5.10^{-5} m/s ce qui correspond à 180 mm/h, le sol est considéré comme très perméable, son aptitude à l'infiltration est excellente alors que son aptitude au traitement supplémentaire risque d'être réduite au minimum.

Pour concrétiser ces notions de perméabilité exprimée souvent en m/s, le groupe a jugé plus pertinent d'élaborer un tableau ci-dessous, de correspondance de ces perméabilités exprimées en mm/h tout en décrivant sommairement les caractéristiques générales associées à ce sol.

Perméabilité		Typologie du sol	Nature du sol	Aptitude à l'infiltration
m/s	mm/h ⁽²⁾			
$K < 10^{-6}$	$K < 4$	Sol très peu perméable	Argile	Nulle
$10^{-6} < K < 3.10^{-6}$	$4 < K < 11$	Sol peu perméable	Sol argileux	Mauvaise
$3.10^{-6} < K < 10^{-5}$	$11 < K < 36$	Sol de perméabilité médiocre	Sol limoneux	Faible
$10^{-5} < K < 2.10^{-5}$	$36 < K < 72$	Sol assez perméable	Sable très fin	Bonne
$2.10^{-5} < K < 5.10^{-5}$	$72 < K < 180$	Sol perméable	Sable fin	
$K > 5.10^{-5}$	$K > 180$	Sol très perméable	Sable moyen	Très bonne

Ces mesures sont réalisées à l'eau claire sur un sol qui n'est pas d'ordinaire gorgé d'eau : cela ne saurait préjuger de la perméabilité réelle du sol, à terme, alors que les conditions d'hydromorphie seront très différentes. De même, l'apport d'une certaine quantité de matières organiques issues de l'eau traitée devrait conduire à un développement biologique qui ne peut que réduire ces capacités d'infiltration mesurées dans des proportions non quantifiables aujourd'hui.

Attention - Une bonne perméabilité ne signifie pas forcément que l'infiltration des eaux sera totale, surtout si les quantités sont très importantes. A l'inverse, une faible perméabilité peut être suffisante pour infiltrer de petites quantités d'eaux traitées.

Rappels de bon sens

- Effectuer les tests aux bonnes profondeurs et aux bons endroits, c'est à dire au niveau du sol sur lequel l'eau va s'écouler. Si les travaux engendrent un remaniement du sol (déblai-remblai, décaissement, etc.), il est nécessaire de refaire les tests pour confirmer les valeurs.
- Il est préférable de réaliser ces tests dans des conditions défavorables d'infiltration, c'est-à-dire en période de hautes eaux.

Généralement, pour mesurer la perméabilité d'un sol, sont utilisés :

- la méthode double anneau pour mesurer la perméabilité **en surface**
- le test de Porchet pour mesurer la perméabilité **à faible profondeur**
- la méthode du perméamètre de Guelph **à différentes profondeurs**
- le test en fosse pédologique pour mesurer la perméabilité **à grande profondeur**.

² Arrondie à l'unité. Rappel : 10^{-6} m/s correspond exactement à 3,6 mm/h.

Les trois paramètres à mesurer sont :

- le volume (L) ;
- le temps correspondant (s, et exprimé en h) ;
- la surface de fond de fouille concernée (m²).

Ces 3 paramètres sont liés entre eux par la formule ci-dessous qui définit le coefficient de perméabilité K :

$$K \text{ (mm/h)} = \frac{\text{volume d'eau introduit (L)}}{\text{surface d'infiltration (m}^2\text{) * durée du test (h)}}$$

Quelle que soit la surface et la méthodologie retenue, il est utile de procéder à 3 tests au minimum : on conseille de les répartir sur la surface concernée, au centre et aux extrémités. Sur chaque point, il est possible d'envisager la réalisation de profil de perméabilité c'est à dire de conduire ces tests à plusieurs profondeurs.

Méthode du double anneau

Ce test est décrit dans la norme NFX 30-418 dont le domaine d'application mentionne : « Ces infiltromètres permettent de déterminer des coefficients de perméabilité compris entre 1.10^{-5} m/s et 1.10^{-8} m/s. L'essai [...] est utilisé [...] pour caractériser la perméabilité des matériaux qui constituent les barrières des installations de stockage des déchets. L'essai n'est pas applicable aux formations géologiques en place, susceptibles de se déstructurer par gonflement ou délitage lors d'un apport d'eau. Il peut s'appliquer aux études en génie civil, et en hydrogéologie en général (milieux poreux)».

Le descriptif ci dessous n'est pas standardisé



Perméamètre double anneau

L'appareil utilisé est appelé « infiltromètre à double anneau » ou « perméamètre double anneau ». Il est utilisé pour mesurer le coefficient de perméabilité à saturation du sol (détermination ponctuelle, *in situ*, de la perméabilité verticale du sol). Cette méthode est effectuée sur le sol en place sans réalisation d'une cavité.

L'appareil est composé de 2 anneaux concentriques (diamètres 30 et 50 cm) enfoncés dans le sol de quelques cm (en général 5 cm) et remplis d'eau. Le principe consiste à suivre l'évolution du niveau d'eau en fonction du temps dans l'anneau interne pour connaître la vitesse d'infiltration sur chaque pas de temps. On suppose que l'infiltration est verticale sous l'anneau interne, et c'est à ce niveau qu'est calculée la perméabilité.

Durant toute la mesure, on veille à ce que les niveaux d'eau dans les 2 anneaux restent identiques et on note le volume ajouté dans l'anneau interne au cours du temps.

Au bout d'un certain temps, un régime permanent s'installe et la vitesse d'infiltration devient constante. C'est de la valeur de cette vitesse que l'on déduit la valeur du coefficient de perméabilité.

Test de Porchet

Les 2 normes NF X 30-423 et NF X 30-424 décrivent des protocoles de mesure de capacités « d'infiltration à charge variable ou constante en forage ouvert ». Pourtant, on ne peut s'appuyer sur ces textes pour réaliser les essais dans le cadre de la réalisation des ZRV du fait de leurs domaines d'application (perméabilité mesurée respectivement entre $5 \cdot 10^{-7}$ et $10^{-10} \text{ m.s}^{-1}$, ou 10^{-6} à 10^{-9} m.s^{-1}) et des modes opératoires très complexes (réalisation de forages avec obturation de la cavité). Le descriptif ci dessous n'est pas standardisé.

Principe

Ce test consiste à creuser une cavité superficielle dans le sol par sondages (**tarière** ou carottage) d'environ 15 cm de diamètre et 40 cm de profondeur.

Il est nécessaire au préalable de saturer en eau les parois de la cavité, afin de respecter au mieux les hypothèses de calcul. Les trous sont ensuite remplis d'eau claire afin de mesurer la vitesse à laquelle le terrain absorbe l'eau. On suppose que l'infiltration s'effectue sur toute la surface mouillée, avec un gradient hydraulique égal à 1.



L'infiltration de l'eau dans le sol est suivie en fonction du temps, après saturation, et

- sans injection d'eau (niveau variable) ;
- avec ajout d'eau (niveau constant).

Il suffit donc de mesurer le volume d'eau introduit pendant la durée du test.

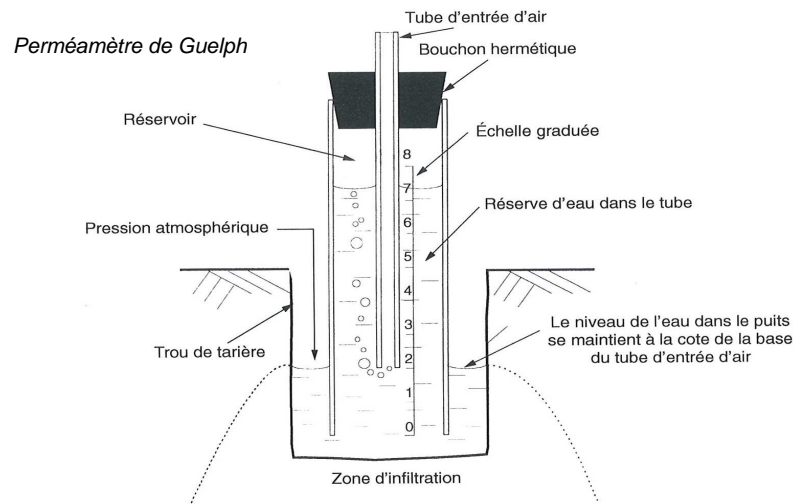
Cet essai est très sensible au mode opératoire utilisé, et l'usage d'une tarière peut notamment diminuer sensiblement les résultats par tassement du sol.

Remarques

- La surface d'infiltration comprend la totalité des surfaces du trou en contact avec l'eau.
- La profondeur du sondage dépend du type de sol. Dans certains cas, il sera impossible de descendre en dessous de 30 cm.
- Dans le cas d'un sol argileux ou limoneux humide, les parois du trou sont scarifiées pour faire disparaître le lissage occasionné par la tarière, le fond du trou pouvant être garni d'une fine couche de graviers.
- Cette méthode, bien que ne fournissant pas de résultats exacts en valeur absolue, est, dans la plupart des cas, très satisfaisante du point de vue de l'ordre de grandeur. Elle est très commode d'emploi sur le terrain.

Perméamètre de Guelph

Le perméamètre Guelph fonctionne à charge constante grâce au principe du vase de Mariotte, ce dernier fixant aussi la charge appliquée. Ce test n'est pas décrit dans une norme, même partiellement. Les mesures peuvent être menées sur un profil de sol, de quelques cm sous la surface à 70 cm de profondeur.



Sur le terrain, la mesure commence par l'exécution d'un trou à la tarière à la profondeur désirée. Ensuite il suffit d'assembler le perméamètre et de remplir le(s) réservoir(s) d'eau. La mise en place se fait au dessus du trou en descendant le tube central du perméamètre jusqu'au fond du trou. La mise en charge constante du trou se fait en exerçant un équilibre de pression par introduction d'air dans le réservoir central. La longueur de tube tirée correspondant à la charge appliquée au fond du trou.

Dès lors, il s'agit de suivre l'évolution de la hauteur d'eau dans le réservoir en fonction du temps. Le test est terminé lorsque le rapport « volume d'eau / intervalle de temps » est stable.

Il faut réaliser un deuxième test, au même endroit, à une charge différente, généralement supérieure. Le calcul déterminant la perméabilité tient compte des deux essais.

Afin de couvrir une grande gamme de perméabilité, le Guelph est équipé d'un jeu de vannes permettant de jouer sur deux réservoirs afin d'ajuster au mieux le débit d'infiltration avec une mesure précise du niveau d'eau dans le réservoir.

Ce matériel est simple d'utilisation, il est léger, portable résistant et peut être mis en œuvre par une seule personne car il nécessite une faible quantité d'eau par essai (2.5 à 3 L). Généralement, tous les outils nécessaires à la mesure, ainsi que la formule de détermination de K en tenant compte des essais à deux charges distinctes, sont fournis avec la mallette de transport.

Test à la fosse

Ce test n'est pas décrit dans une norme, même partiellement.

Le test à la fosse consiste à mesurer la capacité du sol à infiltrer les eaux en profondeur. Le trou est réalisé à l'aide d'un **tractopelle** ou d'une **mini-pelle** jusqu'à la profondeur à laquelle on désire infiltrer. Les conditions de saturation initiales s'appliquent de façon équivalente aux tests précédents.

La formule s'applique à la surface de fond de fouille.



Sondage au tractopelle

FICHE TECHNIQUE 4
EVALUATION DU NIVEAU DE LA NAPPE
APPRÉCIATION DU SENS D'ÉCOULEMENT DES EAUX DE LA NAPPE

Il est nécessaire de réaliser ces tests dans des conditions défavorables d'infiltration, c'est-à-dire en période de hautes eaux.

Sonde piézométrique

Un piézomètre est un tube crépiné planté dans le sol permettant d'observer le niveau d'eau.

L'évaluation du niveau d'eau consiste à plonger la sonde piézométrique dans l'ouvrage existant sur le site de l'étude (puits ou piézomètre). Lorsque la sonde atteint l'eau, une lumière s'éclaire sur le support de l'enrouleur par exemple. On relève alors la hauteur d'eau dans la nappe.



Sonde piézométrique

Il convient de ne pas oublier de retrancher la hauteur hors sol de l'ouvrage.

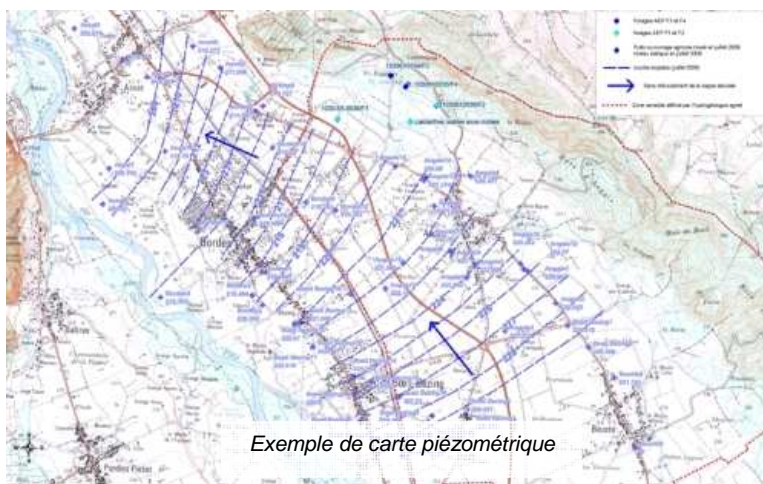
Remarques sur les piézomètres

- Ces derniers sont soumis à déclaration au titre de la Loi sur l'Eau ;
- Des piézomètres pourraient être utiles pour préciser le niveau haut de la nappe. S'ils restent en place, ils serviront notamment à effectuer un suivi de la qualité des eaux souterraines influencées éventuellement par la ZRV.

Carte piézométrique ou **carte isopièze**

Ce type de carte permet de représenter le sens d'écoulement des eaux d'une nappe.

Le principe consiste à relever les niveaux d'eau dans les ouvrages (un puits ou un piézomètre) implantés aux alentours du site de l'étude. Les lignes isopièzes (courbes de même niveau d'eau) sont ensuite tracées, et l'axe d'écoulement des eaux est matérialisé à l'aide d'une flèche. L'eau s'écoulant de haut en bas, la flèche doit pointer en direction de la hauteur d'eau la plus basse.



Exemple de carte piézométrique

FICHE TECHNIQUE 5

TRACAGES

Généralités

Les essais de traçage des eaux de la nappe situés sous la zone de rejet permettent de vérifier in situ le cheminement souterrain des eaux infiltrées.

L'injection d'un traceur dans le sol n'est que le reflet d'une situation à un moment donné en fonction de conditions au moment des mesures. Elle permet néanmoins de confirmer le sens d'écoulement de la nappe et sa vulnérabilité vis-à-vis des eaux infiltrées, de vérifier les sorties de l'aquifère (sources) et d'estimer les temps de transit dans le terrain.

Ce sont des études lourdes de durée assez longue nécessitant l'intervention d'un bureau d'étude spécialisé en hydrogéologie. Le coût d'une telle manipulation est important : entre 10 000 et 50 000 euros suivant les points de contrôles et les quantités de traceur à injecter. Ces études sont donc réservées à quelques situations particulièrement délicates.

C'est pourquoi les quelques éléments de cette fiche sont donc très généraux et ne permettent pas de s'affranchir d'une analyse complète par un bureau d'étude spécialisé.

Types de traceurs existants

Traceurs radioactifs : L'utilisation et la détention de substances radioactives sont soumises à autorisation au titre du Code de la Santé Publique Cette autorisation est délivrée dans la majorité des cas par l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) après instruction du dossier (formulaire d'autorisation à compléter disponible sur le site Internet de l'ASN). L'utilisation et la détention doivent être justifiées pour pouvoir être autorisées.

Traceurs chimiques : les anions qui n'interagissent pas ou très peu avec les sols eux mêmes anioniques sont mesurables par colorimétrie en laboratoire. De même, les complexes stables du Zn, Cr, Co, Ni avec des acides polyaminocarboxyliques (ex : EDTA) sont mesurables par spectrophotométrie ;

Traceurs fluorescents : les traceurs fluorescents sont les plus souvent utilisés car mesurables *in situ* jusqu'à des concentrations très basses. Cependant, certains présentent des risques écotoxicologiques³ et il convient d'éviter leur usage. C'est pourquoi certains traceurs sont déconseillés : Sulforhodamine B et Rhodamine (Wt, B, et 6). D'autres traceurs ne présentent pas ou peu de risque écotoxicologique :

- Fluorescéine,
- Éosine,
- Amino G,
- Naphthionate de sodium,
- Yramine,
- Tynopal CB5-X,
- Tynopal ABP

Le Naphthionate et le Tynopal sont des traceurs dits "inoffensifs", mais les raisons techniques suivantes limitent leur utilisation:

- Le Naphtionate réémet dans le bleu, ce qui induit des interférences avec l'eau. Il en résulte un bruit de fond important et un seuil de détection plutôt élevé. Son usage est particulièrement déconseillé lorsque de grandes distances sont en jeu (nécessite la mise en œuvre d'une masse 10 à 20 fois plus importante que la fluorescéine) ;
- Le Tynopal est facilement adsorbé et est affecté d'un bruit de fond et d'un retard élevés. Il ne peut être utilisé que dans des cas de relations directes assurées. Là encore, les quantités à mettre en oeuvre sont massives.

³ D'après Carré J., Joyeux M. et Montiel A. 2007. Risques sanitaires associés aux traceurs fluorescents utilisés en hydrologie. *Environnement, risques et santé*, vol 6, n°6, pp 443-452.

Parmi les traceurs fluorescents pouvant être utilisés sans limite de toxicité, la **fluorescéine** est souvent le traceur le plus simple à utiliser et le mieux adapté. Cependant, elle est fréquemment utilisée par les spéléologues, ce qui impose de quantifier un éventuel « bruit de fond » au préalable.

Conditions de réalisation des essais

Généralement, les mesures sont menées sur une durée de quelques semaines à plusieurs mois. Les conditions météorologiques optimales pour réaliser les mesures sont :

- période légèrement pluvieuse, afin que le traceur ne reste pas piégé dans le terrain. Cela permettra d'éviter les éventuels relargages pouvant se produire en cas de piégeage du traceur lorsque le transfert s'avère trop long ;
- absence de très forte pluie afin de s'affranchir du risque d'un transfert du traceur trop rapide.

AUTEURS

Les auteurs de ce document, membres de l'atelier thématique ZRV, sont:

Jean-Marc BEC	CG / SATESE 81
Vincent BLU	CG / SATESE 86
Catherine BOUTIN	Irstea, animation de l'atelier
Vincent BOUVARD	CG / SATESE 38
Jocelyne DI MARE	AgE – Adour Garonne
Nadine DIMASTROMATTEO	Ministère en charge de l'Ecologie
Ronan PHILIPPE	CG 42/ MAGE
Stéphane GARNAUD	ONEMA
Cyril GONNORD	CG / SATESE 79
Julien LALOE	AgE – Rhin Meuse
Hélène LAPRUNE	CG / SATESE 61
Gilles MALAMAIRE	SATESE 13/83/84
Léa MERCOIRET	Irstea
Stéphanie PROST-BOUCLE	Irstea
Bruno RAKEDJIAN	Ministère en charge de l'Ecologie
Jérôme REBEL	DDT 77
Jean-Pierre SAMBUCCO	CG / SATESE 34
Alain VACHON	AgE – Loire Bretagne

Le groupe a travaillé sur la base de propositions fournies par :

- Lauriane BOULP, Jean-Louis IMBERNON, Célia NIGAY, et Jocelyne Di MARE (Agence de l'Eau Adour-Garonne)
- Jean-Marc BEC (CG /SATESE 81)
- Gilles MALAMAIRE (SATESE 13/83/84)