RAPPORT DETAILLE SUR LES DIAGNOSTICS EFFECTUES PAR LA METHODOLOGIE BREVETEE INVESTIG'+® PENDANT LA PHASE D'INDUSTRIALISATION (18 MOIS)

Sommaire

1 Introduction 4

2 Objectifs de l'industrialisation d'INVESTIG'+® 4

3 Contexte des investigations avec INVESTIG'+® 5

3.1 Contexte réglementaire 5

3.2 Les valeurs de référence 6

3.3 L'industrialisation d' INVESTIG'+® 12

4 Description de l'outil INVESTIG'+® 13

4.1 Le RESISTIVIMETRE 14

4.2 Le pénétromètre 17

4.3 L'ENDOSCOPE 18

4.4 Les mesures de GAZ 22

4.5 Les BANDELLETTES 24

5 Les réponses apportées par INVESTIG'+® 26

5.1 Paramètres d'état 26

5.2 Paramètres de fonctionnement 27

5.3 Les contrôles réglementaires 29

6 Les diagnostics INVESTIG'+® 30

6.1 Pour tous diagnostic 30

6.2 Diagnostic constitué de l'ensemble des mesures 31

7 Acquisition des données INVESTIG'+® 33

7.1 Site web et logiciel « système expert » 34

7.2 Répartition des mesures pour l'étude 35

7.2.1 Répartition par situation géographique 35

7.2.2 Répartition des mesures effectuées par type d'outil 36

8 Informations factuelles issues des investigations INVESTIG'+® 38

8.1 Valeur du filtre moyen sur l'ensemble de l'étude 38

8.2 Age des filtres diagnostiqués 40

8.3 Comparatif entre les valeurs de référence et la réalité mesurée sur site 41

8.3.1 Surface des filtres 41

8.3.2 La terre végétale de recouvrement 43

8.3.3 Présence de géotextile 48

8.3.4 Le gravier 49

8.3.5 Le sable 51

8.4 Mesures in situ associés au fonctionnement épuratoire du massif 63

8.4.1 Évaluation du fonctionnement des massifs 63

8.4.2 La colonisation 64

8.4.3 La saturation 67

8.4.4 Les mesures d'oxygène 68

8.4.5 Les bandelettes 70

9 Enseignements issus des investigations INVESTIG'+® 71

1 Introduction

Depuis prés d'un siècle la France conseille le sol naturel ou « reconstitué » pour traiter les eaux usées d'une maison individuelle ou d'un groupe de maisons. Encore en 2009, la réglementation française sépare les filières utilisables en d'une part les filières traditionnelles et d'autre part les filières agréées.

Si les filières agréées doivent répondre à une série de contrôles visant à s'assurer de la réalité de leurs performances, les filières traditionnelles sont simplement validées au bénéfice de leur ancienneté sans aucune preuve ou certitude de leur capacité à fonctionner, sauf à considérer que la disparition hydraulique des eaux usées est une preuve de traitement pour protéger les milieux naturels aux niveaux sanitaire et environnemental.

Face à cette réalité de méconnaissance du fonctionnement et de l'évolution dans le temps des filières traditionnelles, VEOLIA EAU a décidé dés 2006 de s'intéresser à la mise au point d'outils aptes à aller voir au cœur de ces filières de filtration pour les diagnostiquer de façon factuelle et rapide.

En 2009 un brevet INVESTIG'+® a été déposé conjointement par le CEMAGREF (IRSTEA depuis), l'Université Blaise PASCAL de Clermont Ferrand et VEOLIA EAU. Cet outil répond aux exigences fixées d'aller chercher au cœur de massifs filtrants de manière non destructive des informations factuelles permettant d'apprécier leur état et leur fonctionnement.

L'efficacité d'INVESTIG'+® étant acquise, la phase d'industrialisation de cet outil devait être réalisée. Elle fait l'objet de ce rapport.

2 Objectifs de l'industrialisation d'INVESTIG'+®

En 2012 on évalue le parc des petites installations d'assainissement desservant des maisons individuelles au sens des arrêtés ANC de septembre 2009 à plus de 5 000 000 de dispositifs.

Même si les informations statistiques font défaut sur la typologie de ces dispositifs, la quasi-totalité du parc est constitué de filières traditionnelles plus ou moins complètes (dans plus d'un tiers des cas seul existe un traitement primaire), et VEOLIA EAU estime que près de 2 000 000 d'installations sont des filtres où le sable est utilisé pour traiter les eaux usées issues d'une fosse septique.

INVESTIG'+® s'est intéressé de façon prioritaire à ces « filtres utilisant du sable », filtres censés depuis une vingtaine d'années répondre aux exigences de l'XPDTU64.1, document établissant les règles de l'art de mise en œuvre au sens des assureurs des installateurs de ces dispositifs.

INVESTIG'+® est aussi apte à examiner au cœur du sol en place ou de divers matériaux filtrants l'état et le fonctionnement de ces filtres mais les adaptations technologiques nécessaires sont en cours de mise au point et ces « autres » filtres feront l'objet d'un prochain rapport.

Les objectifs de ces travaux peuvent être résumés comme suit :

- tester la résistance des outils à leur utilisation sur le terrain selon un rythme industriel d'usage de 200 jours par an,
- tester l'organisation du travail pour réaliser les diagnostics avec INVESTIG'+®,
- créer un programme de formation à cet outil INVESTIG'+®,
- acquérir une première base de données significative sur les filtres des filières traditionnelles,
- rapporter du terrain des informations factuelles sur l'état et le fonctionnement de ces filtres,
- tirer sur la base de plusieurs centaines d'investigations de premiers enseignements sur ces filières

3 Contexte des investigations avec INVESTIG'+®

3.1 Contexte réglementaire

Le 30 mai 1903 une circulaire (en application de la loi du 15 février 1902 relative à la protection de la santé publique) demande aux préfets de faire en sorte que les maires édictent des règlements sanitaires communaux. Depuis cette circulaire les contraintes réglementaires ont évolué au fur et à mesure de parution de textes. Le 9 Avril 1982 est publié au journal officiel « les règles de construction et d'installation des fosses septiques et appareils utilisés en matière d'assainissement autonome des bâtiments d'habitation ». Ce texte décrit la constitution et les caractéristiques des dispositifs mis en œuvre dans des filières d'assainissement non collectif. Cependant les règles de mise en œuvre de ces filières n'étaient pas précisées. Les professionnels de l'assainissement non collectif se sont regroupés pour normaliser ces règles. Cette collaboration a donné lieu, en décembre 1992, à un document technique unifié sous forme d'une norme expérimentale (NF XP DTU 64.1) précisant les règles de mise en œuvre des dispositifs d'assainissement autonome. Ce document a été révisé à deux reprises : une première fois en Aout 1998 et une deuxième fois en Mars 2007. Il est d'ailleurs actuellement en cours de révision. Il décrit les matériaux, les prescriptions communes, les prétraitements et traitements constituant un dispositif d'assainissement non collectif pour les filières appelées traditionnelles par la réglementation française, pour moins de 20 EH et du neuf exclusivement. Ce document de mise en œuvre, souvent improprement utilisé pour concevoir ou dimensionner une filière traditionnelle, est utilisé comme document décrivant l'état de l'art en termes de mise en œuvre par les constructeurs de filières et par les assureurs.

Le premier arrêté concernant les modalités de contrôles de ces filières date du 6 mai de 1996.Il fixe les modalités du contrôle technique exercé par les communes sur les systèmes d'assainissement non collectif. Il définit plusieurs types de contrôles:

- *« La vérification technique de la conception, de l'implantation et de la bonne exécution des ouvrages »*
- *« La vérification périodique de leur bon fonctionnement »*

L'arrêté du 7 septembre 2009, relatif aux modalités de l'exécution de la mission de contrôle des installations d'assainissement non collectif, définit les modalités de contrôles selon l'âge des systèmes n'ayant jamais fait l'objet d'un contrôle:

- système construit avant le 31 décembre 1998 : « *un diagnostic de bon fonctionnement et d'entretien* » (dont les modalités sont fixées par l'arrêté)
- système construit après le 31 décembre 1998 : « *une vérification de conception et d'exécution* » (dont les modalités sont fixées par l'arrêté).

L'arrêté du 27 Avril 2012, relatif aux modalités de l'exécution de la mission de contrôle des installations d'assainissement non collectif, est paru au journal officiel le 10 mai 2012. Les deux arrêtés précédents (6 mai 1996, et 7 septembre 2009) sont abrogés.

Les contrôles sont regroupés selon deux catégories :

- *« Installations neuves ou à réhabiliter : examen de la conception, vérification de l'exécution »*
- *« Autres installations : vérification du fonctionnement et de l'entretien. »*

Les points à contrôler sont détaillés dans les annexes de l'arrêté.

Les notions de conceptions et de fonctionnement sont au cœur des arrêtés.

Les arrêtés imposent le contrôle des installations mais la réglementation ne précise pas comment faire ces contrôles. Des professionnels de l'assainissement non collectif se sont regroupés pour établir un référentiel de diagnostic précis afin de répondre aux vérifications exigées par la réglementation. Ce document a été publié sous la forme d'un accord AFNOR AC P 16-635 en Octobre 2011 dont l'intitulé est « Référentiel de diagnostic des installations d'Assainissement Non Collectif ». Ce document détaille point par point l'ensemble des contrôles à effectuer lors du diagnostic d'une installation. Les mesures effectués avec INVESTIG'+® permettent de répondre à des points de contrôles présents dans cet accord.

3.2 Les valeurs de référence

- Arrêté « prescriptions techniques »

Comme nous venons de le voir, la conception de ces filières est soumise à la réglementation. Des arrêtés concernant les prescriptions techniques sont publiés. La dernière publication date du 7 mai

2012. Cet arrêté modifie l'arrêté du 7 septembre 2009 fixant les prescriptions techniques applicables aux installations d'assainissement non collectif.

Les exigences réglementaires concernant les FASVD sont les suivantes (extraits de l'arrêté du 7/09/09) :

« *Il comporte un épandage dans un massif de sable propre rapporté formant un sol reconstitué.*

A la base du lit filtrant, un drainage doit permettre d'effectuer la reprise des effluents filtrés pour les diriger vers le point de rejet validé ; les drains doivent être, en plan, placés de manière alternée avec les tuyaux distributeurs.

La surface des lits filtrants drainés à flux vertical doit être au moins égale à 5 mètres carrés par pièce principale, avec une surface minimale totale de 20 mètres carrés.

Dans le cas où la nappe phréatique est trop proche, l'épandage doit être établi à la partie supérieure d'un tertre réalisé au-dessus du sol en place. »

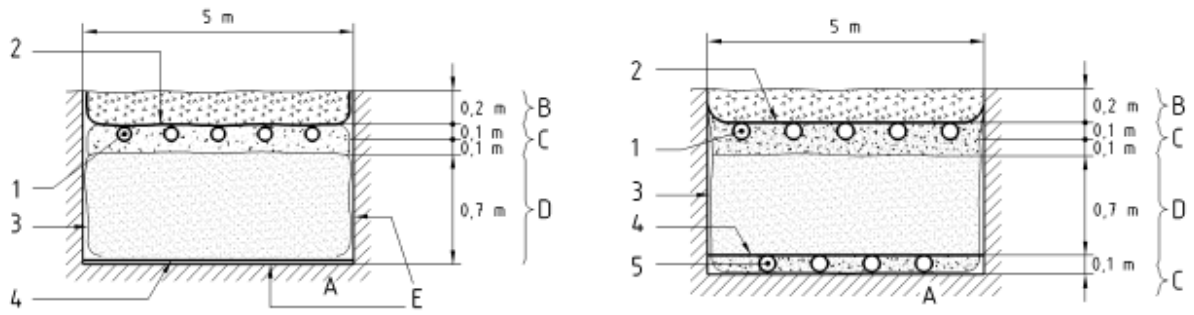
Ces prescriptions doivent être appliquées pour la conception et le dimensionnement des filières

Lors de la construction de la filière, la norme NF XP DTU 64.1 détaille l'état de l'art concernant la mise en œuvre de ces installations.

- La norme NF XP DTU 64.1

La mise en œuvre des filières filtre à sable vertical (FASV) et filtre à sable vertical drainé (FASVD) est décrite dans la norme NF XP DTU 64.1 édition de 2007.Ce document est composé de deux parties : P1-1 pour le cahier des prescriptions techniques (la mise en œuvre de la filière) et P1-2 pour les critères généraux de choix des matériaux (notamment le choix du sable utilisé).

La composition d'un FASV et d'un FASVD est présentée sur des schémas vue en coupe.



Matériels

1 Tuyau d'épandage avec fentes orientées vers le bas (pente jusqu'à 1 %)

2 Géotextile de recouvrement (débordement de 0,10 m min. de chaque côté)

3 Film imperméable éventuel et d'un seul tenant sur les parois et le fond de fouille (dans le cas d'une roche fissurée)

4 Géogrille de séparation

5 Tuyau de collecte avec fentes orientées vers le bas

Matériaux

A Terrain naturel

B Terre végétale de recouvrement (0,20 m max.)

C Graviers lavés stables à l'eau de granulométrie comprise entre 10 et 40 mm

D Sable lavé stable à l'eau (Cf. XP DTU 64.1 P1-2)

E Fond de fouille et parois scarifiés sur 0,02 m

Figure 1 : Vue en coupe d'un filtre à sable vertical non drainé et drainé (Schéma extrait de l'XP DTU 64.1 mars 2007)

Les extraits présentés ci-dessous sont issus de la version de mars 2007. Les éléments soulignés dans les extraits correspondent à des précisions faites dans la version 2007 par rapport aux versions antérieures.

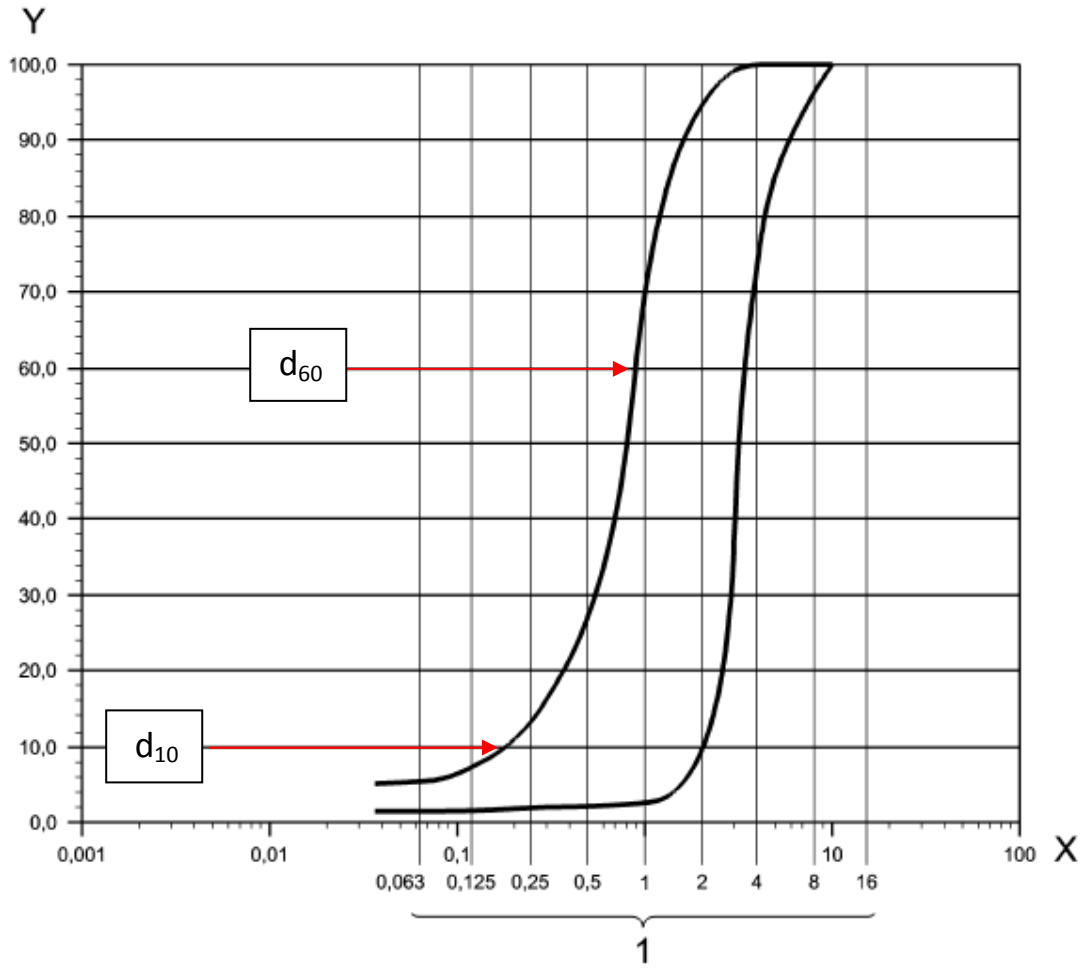
La composition d'un FASVD, selon l'XP DTU64.1, doit être la suivante (description du fond du filtre jusqu'au niveau du sol):

- *« Une couche de graviers d'environ 0,10 m d'épaisseur est étalée avec précaution de part et d'autre des tuyaux de collecte, pour assurer leur assise. »*
- *« Les tuyaux de collecte et le gravier sont recouverts <u>d'une géogrille</u> qui déborde de 0,10 m de chaque côté des parois de la fouille. »*
- *« Le sable lavé (voir XP DTU 64.1 P1-2) est déposé sur la couche drainante sur une épaisseur de 0,70 m et régalé sur toute la surface du filtre.»*
- *« Une couche de graviers de 0,10 m d'épaisseur minimale, est étalée horizontalement sur le sable lavé»* (couche sur laquelle est déposée les tuyaux d'épandage)
- *« La couche de graviers d'environ 0,10 m est étalée avec précaution de part et d'autre des tuyaux d'épandage, de raccordement et de bouclage pour assurer leur assise. <u>Elle peut être</u>*

augmentée afin de permettre une alimentation gravitaire tout en conservant un recouvrement maximal de 0,20 m de terre végétale. »

- *« Les tuyaux et le gravier sont recouverts d'un géotextile, de façon à les isoler de la terre végétale qui comble la fouille. »*
- *« La terre végétale utilisée pour le remblaiement des fouilles est exempte de tout élément caillouteux de gros diamètre. Cette terre est étalée par couches successives directement sur le géotextile sur une épaisseur de 0,20 m maximum, en prenant soin d'éviter de déstabiliser les tuyaux et les boîtes. »*

En plus de la construction du filtre, la norme renseigne sur la qualité du sable constituant le massif. La courbe granulométrique du sable mis en place doit être comprise entre les deux courbes granulométriques qui forment le fuseau granulométrique présenté dans la partie 2 de la norme (P1-2). La courbe granulométrique du sable utilisé pour constituer le massif filtrant est établie à partir d'une analyse granulométrique réalisée conformément aux normes NF P 94-056, NF EN 933-1 et NF EN 933-2. Un échantillon de sable est tamisé mécaniquement sur une colonne de tamis (en utilisant, au minimum, les mailles des tamis suivants (en mm) : 0,063 ; 0,125 ; 0,25 ; 0,5 ; 1 ; 2 ; 4 ; 6,3 ; 8 et 16). La courbe représente le pourcentage de masse de l'échantillon retenu dans chaque tamis.



Légende

X Taille des tamis en mm

Y % de passant

1 Mailles des tamis

Figure 2 : Fuseau granulométrique de la norme XPDTU64.1

Trois valeurs sont extraient de ces courbes :

- d_{10} correspond au diamètre des mailles du tamis laissant passer 10 % de la masse du sable, en mm

- le CU qui correspond au coefficient d'uniformité du sable. Il s'agit du rapport d60/d10. Il illustre l'uniformité de la taille des grains composant le sable.

- le pourcentage de fines, qui correspond au pourcentage de particules inférieures à 80 µm.

Les valeurs du d_{10} sur les deux courbes de référence sont de 0,18 et de 2 mm Pour répondre à ce que recommande la norme, le sable mis en place doit avoir une valeur comprise entre ces bornes.

De plus la norme ajoute (sur la version 2007) deux recommandations sous forme de note (une note est une indication donnée à titre d'information, mais dont le contenu n'est pas normatif):

« *NOTE L'attention du lecteur est attirée :*

— *sur l'intérêt de s'approvisionner avec un sable uniforme. Il est déconseillé d'utiliser un coefficient d'uniformité inférieur à 3 et supérieur à 6 ;*
— *sur la nécessité d'avoir un taux de fines inférieur ou égal à 3 %.* »

En résumé :

La composition d'un FASVD est imagée sur le schéma suivant.

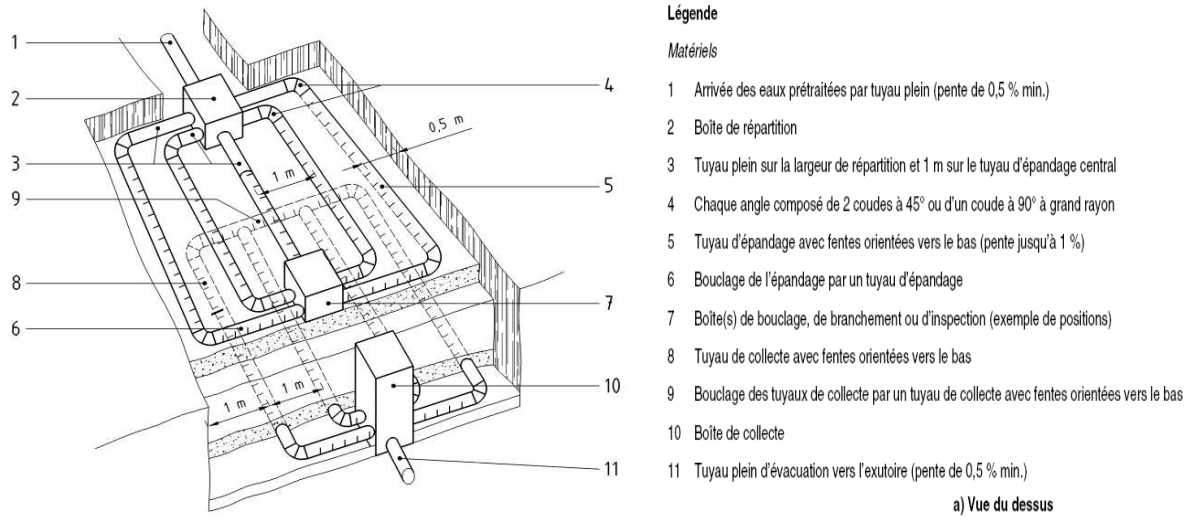


Figure 3 : Vue du dessus d'un FASVD (schéma extrait de la norme XP DTU 64.1 de 2007)

Les valeurs présentes dans la réglementation (surface du massif) et dans la norme (hauteur de couche, qualité du sable, géotextile et géogrille) sont regroupées dans le tableau suivant.

	Filtres à sable vertical non drainé	Filtres à sable vertical drainé
Hauteur de terre végétale de recouvrement	20 cm max	
Présence d'un géotextile	Oui	
Hauteur de gravier couche supérieure	20 cm	
Hauteur de sable	70 cm	
Présence d'une géogrille	Non	Oui
Hauteur de gravier couche inférieure	Absence	10 cm
Surface	20m² mini pour 4PP (pièces principales) + 5m² par PP supplémentaire	
d_{10}	0,18 à 2 (selon la courbe fournie)	
CU (recommandation)	Entre 3 et 6	
%fines (recommandation)	< 3%	

Tableau 1 : Valeurs pour différents paramètres issues du XP DTU64.1 de 2007

Les mesures effectuées avec nos outils vont permettre de vérifier l'ensemble des paramètres présentés dans le tableau ci-dessus. Ces mesures peuvent être effectuées lors des diagnostics concernant les contrôles des installations neuves ou réhabiliter afin de pouvoir effectuer l'examen de la conception et la vérification de l'exécution exigée par l'arrêté « contrôle » du 27 Avril 2012.

3.3 L'industrialisation d' INVESTIG'+®

Afin de répondre aux objectifs fixés pour l'industrialisation d'INVESTIG'+®, un travail sur sites réels a été mis en place. Pour avoir un panel le plus large possible nous avons sollicité les responsables ANC dans les différentes régions de VEOLIA EAU. Nous recherchions des sites contrôlés par leurs services et qui étaient identifiés comme filtre à sable drainé ou non drainé. Après avoir présenté le projet aux communes ou communautés de communes concernées, et obtenu leurs accords, il nous a été envoyé des listings sur lesquels se trouvaient les noms et coordonnées de propriétaires possédant le type d'installations recherchées.

A partir de ces listings, des courriers ont été envoyés directement aux propriétaires expliquant la démarche de l'étude et présentant de façon succincte l'ensemble des outils d'INVESTIG'+®. Quelques

jours après les envois de courriers, les propriétaires étaient contactés par téléphone afin de compléter si nécessaire les informations sur l'étude, mais surtout afin de savoir s'ils étaient d'accord pour accueillir l'équipe technique chez eux pour procéder à un diagnostic gratuit de leur installation par la méthodologie INVESTIG'+®. Dans le cas d'une réponse positive, une date de rendez vous était prise avec le propriétaire.

La principale difficulté qui a été rencontrée fut de trouver des propriétaires d'accord pour participer à l'étude mais également dont les disponibilités étaient compatibles avec le planning de l'équipe technique. En effet au démarrage une équipe nationale constituée de deux techniciens formés aux outils a été mise en place. L'évolution des outils et l'amélioration de l'efficacité de l'équipe technique a fait évolué rapidement l'organisation du planning. Il fallait donc une forte réactivité de l'équipe technique mais également de la personne gérant la partie administrative. Cette personne devait gérer l'envoi de courrier au particulier, l'appel des particuliers quelques jours après et la prise de rendez vous. Afin de s'assurer d'avoir les particuliers au téléphone, les coups de fils ont du être passé en fin de journée entre 17h et 19H30. De plus, tous les diagnostics programmés sur une semaine devaient se trouver dans un rayon de 40 km autour de l'hébergement de l'équipe technique. Grâce à cette organisation et malgré la difficulté pour trouver des sites, l'outil INVESTIG'+® a fonctionné à plein régime (2 sites par jour, 4 jour sur 5) pendant toute la durée de l'étude (hors période de vacances).

Les diagnostics pour l'étude d'industrialisation se sont déroulés de novembre 2009 à juillet 2011. Plus de 500 dispositifs ont été diagnostiqués chez les particuliers mais au moins 2000 courriers ont été envoyés dans toutes les régions de France.

Il est très vite apparu que la technologie pouvait être utilisée sur d'autres tailles et types de filières à massifs filtrants, mais également dans d'autres contextes (notamment des filtres mis en place pour l'assainissement collectif). Ainsi des filières d'assainissement non collectif composées de tranchées d'épandages, de lits d'épandages, de filtres plantés de roseaux, des massifs à zéolithe mais également des filtres coco ont été expertisés avec la méthode INVESTIG'+ ®. L'expérience a été étendue à des stations de plus grande taille (Station dont les capacités varient de 25 EH jusqu'à 4500 EH) Pour ces filières, les résultats seront présentés ultérieurement.

4 Description de l'outil INVESTIG'+®

L'outil INVESTIG'® est composé de l'association de 5 instruments qui, individuellement, existent ou sont utilisés dans d'autres contextes. Suite à 3 années de recherche effectuées conjointement entre deux équipes de scientifiques et d'universitaires (Université de Clermont-Ferrand - laboratoire de génie civil -, et IRSTEA (anciennement CEMAGREF) de Lyon) et Veolia Eau, le brevet INVESTIG'+® a été déposé. VEOLIA EAU a l'exclusivité de l'exploitation de ce brevet mais a laissé ouverte la porte d'une acquisition hors Groupe de cet équipement dans des conditions à négocier.

La mallette est composée d'un pénétromètre, d'un endoscope, d'un résistivimètre, d'un analyseur de gaz et de bandelettes de mesures chimiques des formes azotées. L'ensemble de ces instruments est utilisé pour obtenir les informations nécessaires au contrôle d'une installation d'assainissement par massif filtrant. La résistivité, le Pénétromètre et l'endoscope répondent sur le respect des règles de l'art c'est-à-dire sur la structure du massif (taille et composition). L'endoscope, le Pénétromètre, l'analyseur de gaz et les bandelettes de mesures chimiques des formes azotées donnent une indication sur des paramètres de fonctionnement

Figure 4 : Ensemble des outils constituant INVESTIG'+®

4.1 Le RESISTIVIMETRE

Il permet de déterminer l'emplacement exact et la surface du massif enterré grâce à une injection de courant électrique dans le sol via une série d'électrodes enfoncées manuellement (piquet métallique). Les propriétés de propagation du courant sont dépendantes du type de matériau traversé.

Figure 5 : **Photo de la mise en place d'un profil de résistivité : les électrodes sont reliées entre-elles par des câbles connectés au générateur de courant (boitier dans le cercle)**

La présence de gravier entraine des valeurs de résistivité différentes de celles mesurées dans le terrain naturel. On peut localiser précisément la couche supérieure de gravier dans le cas d'un FASV ou d'un FASVD. Dès qu'un système de traitement est constitué de gravier (tranchée d'épandage, lit d'épandage) il pourra être localisé.

L'ensemble des réponses aux impulsions électriques est traité par un logiciel qui procède à une inversion mathématique afin de mettre en évidence la position des différentes couches de matériaux sur un profil vertical. A partir de cette inversion il devient possible de déterminer la longueur de la zone où le gravier est mis en place sur le profil. Pour connaître la surface du filtre il suffit de faire une mesure de résistivité dans la longueur et une autre dans la largeur. Un exemple de résultats des mesures et le détail du calcul est présenté ci-dessous.

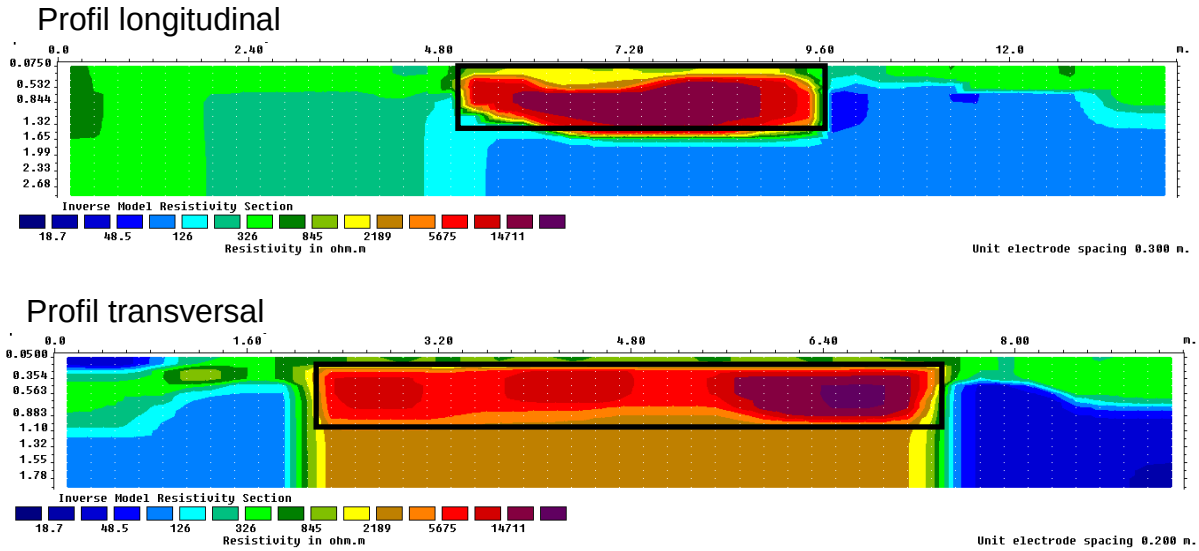


Figure 6 : **Image de résistivité obtenue sur un système diagnostiqué. Le filtre est localisé dans l'encadré noir**

A partir de ces profils, il est possible de connaitre la surface du massif en mesurant la distance sur laquelle du gravier est présent. La mesure est précise à 10 cm près.

Dans le cas de l'exemple présenté nous obtenons le calcul suivant :

[Profil longitudinal (9.6-5.1)] * [Profil transversal (7.4-2.2)] = 23 m²

L'écartement entre les électrodes plantées dans le sol défini la profondeur maximale du profil obtenu. Ainsi plus on les écarte les unes des autres (toujours en gardant une équidistante entre chaque électrode), plus on atteint les couches en profondeur. Un espacement de 30 cm entre les électrodes sur les profils longitudinaux permet d'atteindre une profondeur de 2.68 m et pour les profils transversaux 20 cm d'espacement permet d'atteindre 1.78 m. 20 cm est l'écartement minimal qui permet d'éviter les interférences. Ces espacements entre les électrodes (20cm en transversal et 30cm en longitudinale) sont suffisants pour localiser la couche supérieure des graviers car les filtres se situent logiquement sous moins d'un mètre de terre végétale de recouvrement.

Le regard de répartition renseigne sur la profondeur des tuyaux d'épandage qui sont installés dans la couche de gravier supérieure. Si cette profondeur dépasse 1 m, il faut alors écarter les électrodes pour atteindre la couche de gravier afin d'accéder à la longueur sur le profil.

Avec l'espacement minimal est de 20 cm entre les électrodes, l'ensemble des électrodes forment une ligne de 9,4 m de long. Cette ligne doit être plantée sur de la terre végétale de recouvrement uniquement. Si un élément (une allée de gravier ou un mur par exemple) se trouve sur cette ligne la mesure sera impossible à mettre en place.

Quand l'espacement entre les électrodes augmente, la longueur de la ligne augmente également (Avec 30 cm d'espacement la ligne atteint une longueur de 14,1 m).

4.2 Le pénétromètre

Cet instrument permet de déterminer la nature et la hauteur des matériaux qui composent le système d'assainissement. Il est basé sur les différentes résistances des matériaux à l'enfoncement d'une pointe métallique. Une tige métallique pointue est introduite dans le sol à l'aide une tête de frappe et d'une massette de poids calibré. La tige enfoncée mesure 2 cm de diamètre ce qui permet de ne pas détériorer la terre végétale de recouvrement ainsi que le massif filtrant. La précision de la mesure est le centimètre.

Figure 7 : **Photo de la mise en place de l'outil Pénétromètre pour un sondage**

A chaque coup porté, la tige s'enfonce d'une certaine profondeur. Le boitier (à droite sur la photo) enregistre cette profondeur et calcule immédiatement la résistance de pointe de la zone traversée (relation entre l'enfoncement de la tige et la puissance du coup de massette). L'ensemble des données fournit un profil vertical par sondage réalisé, dans lequel les différentes couches de matériaux rencontrées se visualisent facilement car elles n'offrent pas toutes la même résistance de pointe.

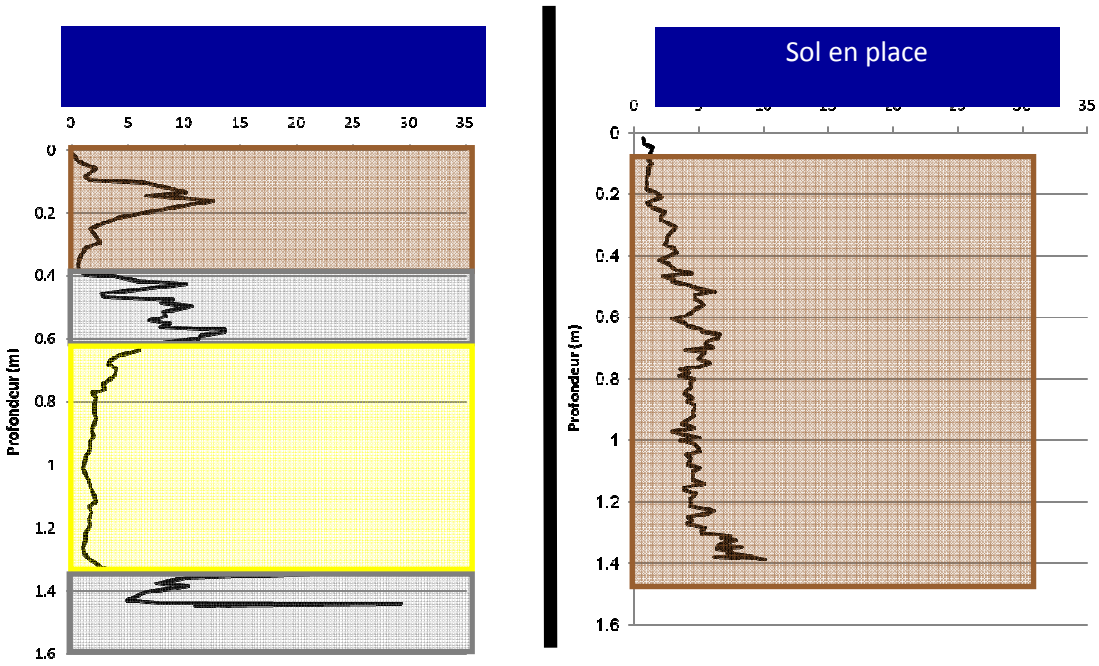


Figure 8 : **Exemple de résultats obtenus avec le pénétromètre dans deux cas de figure. à gauche : dans un filtre à sable drainé (on retrouve les couches de terre végétale de recouvrement, de gravier dans lequel se trouve les tuyaux d'épandage, le sable épurateur, puis le gravier du fond). à droite : dans un sol naturel (on ne distingue aucune autre couche que le sol de plus en plus résistant avec la profondeur).**

Le sondage effectué avec le pénétromètre est utilisé également pour faire descendre l'Endoscope afin de limiter les forages dans le filtre.

4.3 L'ENDOSCOPE

Une caméra miniature est insérée dans une tige creuse munie de fenêtres pour permettre la prise de photos des différents matériaux rencontrés dans la zone sondée.

Cette tige est mise en place dans le forage de 20 mm effectué avec le pénétromètre.

L'ensemble des photos prisent dans la zone du massif composé de sable subissent une analyse d'image qui permet de recomposer précisément la courbe granulométrique du sable en place.

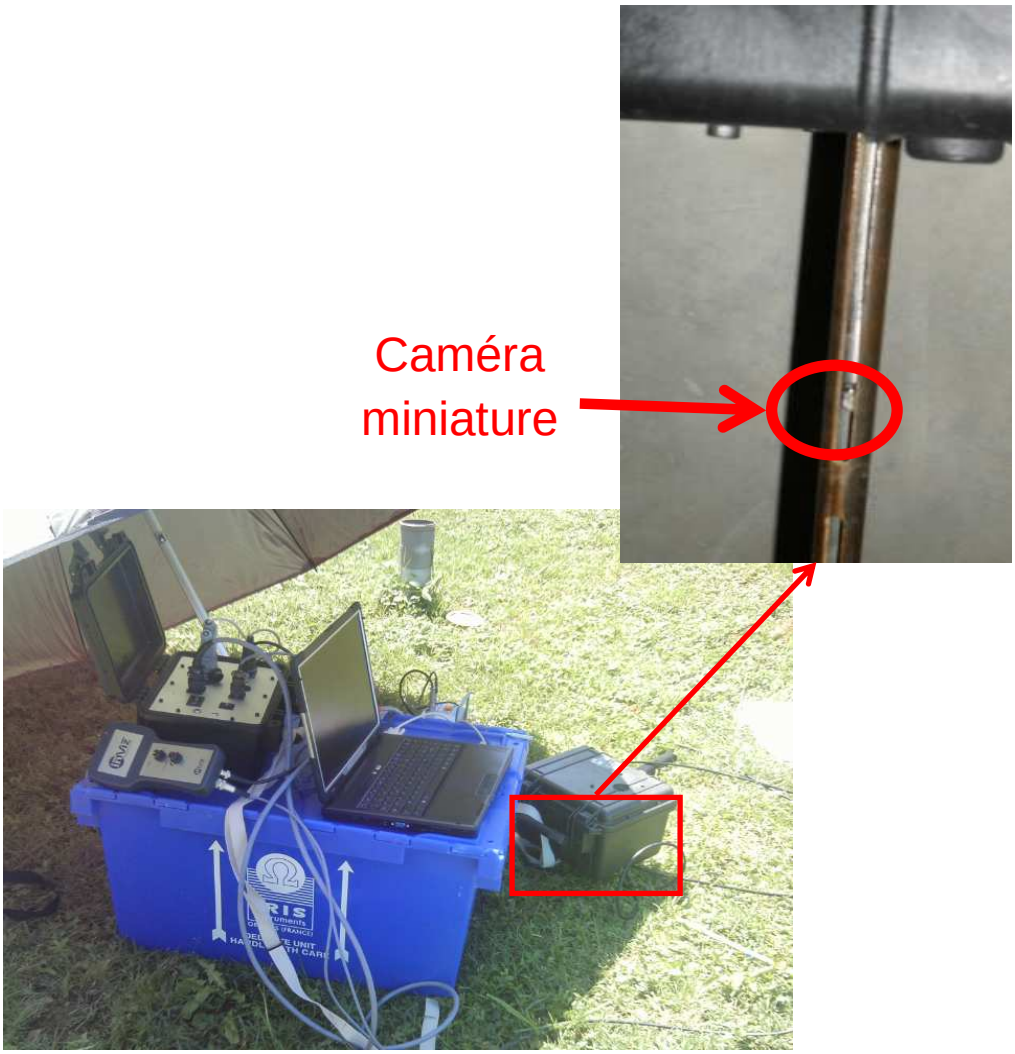


Figure 9 : **Photo de la mise en place d'un sondage d'endoscope**

L'image de la caméra est retransmise en directe sur l'écran de l'ordinateur. La caméra est descendue par un moteur jusqu'au fond du forage (couche inférieure de gravier pour le FASVD, et terre végétale de recouvrement situé sous le massif de sable pour le FASV). L'ensemble des images est enregistré pour permettre l'analyse d'image ultérieurement. Au cours de la descente, les images nous permettent de distinguer facilement les éléments rencontrés directement sur site. Les anomalies au niveau de la mise en œuvre (notamment les matériaux utilisés et les épaisseurs des couches), et la présence d'eau dans les filtres, sont directement visibles au moment du diagnostic. Des images obtenues sur site sont présentées ci-dessous.

Figure 10 : Photo de gauche à droite : géotextile, gravier, sable

Figure 11 : **Photo de gauche à droite : géogrille, coco propre, coco colonisé en usage**

A partir des images enregistrées pour le sable il est possible de reconstituer précisément la courbe granulométrique du sable en place. Pour cela les images triées par l'opérateur sont traitées par un logiciel qui applique un maillage sur chaque image, et établi une moyenne sur l'ensemble du massif. Un nombre minimum d'images (une trentaine) est nécessaire pour pouvoir reconstituer la courbe granulométrique avec fiabilité. La courbe granulométrique peut alors être comparée à celle indiquée dans la norme expérimentale XP DTU 64-1 P1-2, annexe A (normative).

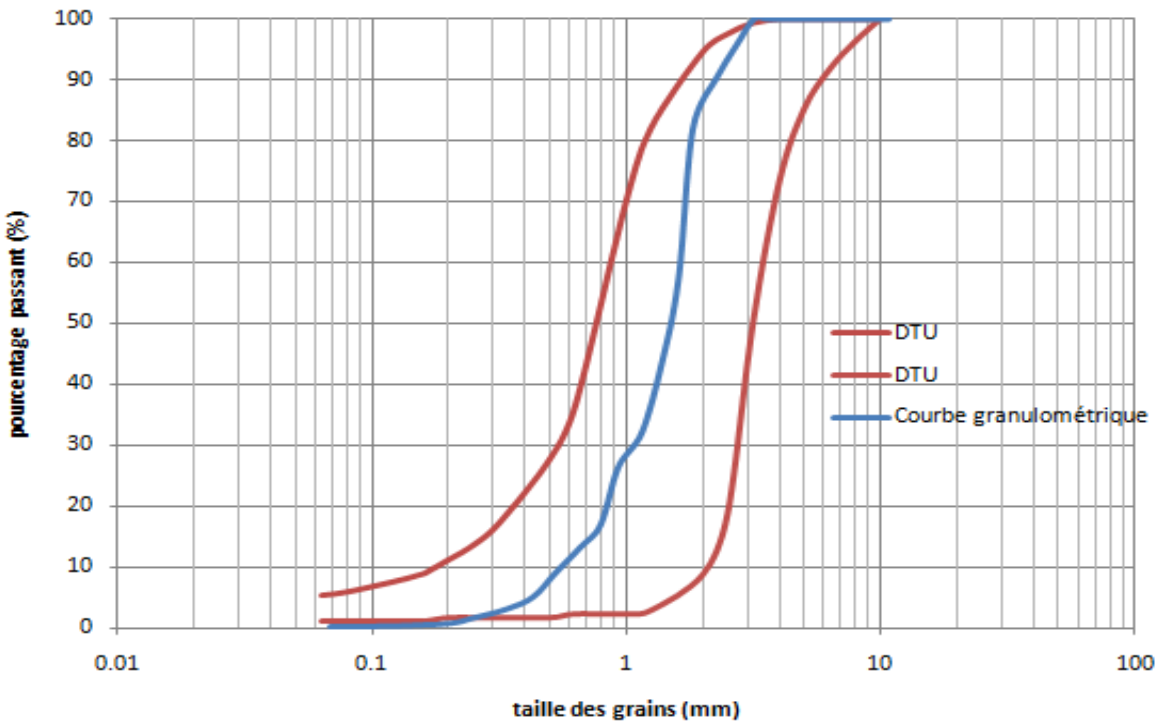


Figure 12 : **Exemple de résultats obtenus de courbe granulométrique**

On peut aussi la comparer au fuseau granulométrique recommandé par l'IRSTEA (Les massifs de sable dans les filières «cultures fixées sur supports fins» - CEMAGREF LYON - Hichame GUELLAF).

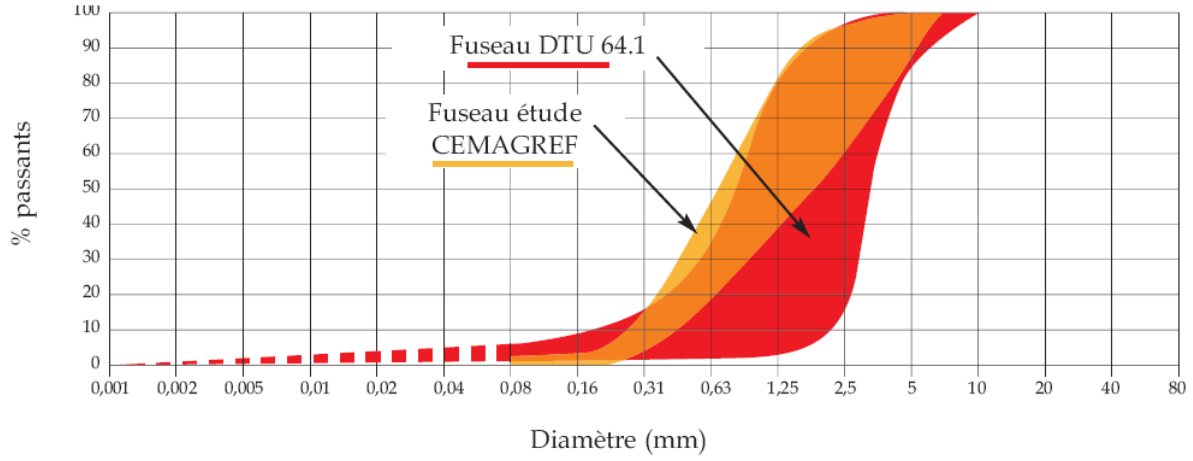


Figure 13 : Fuseaux granulométrique (étude Cemagref-étude DTU (98)) Courbe extraite du document « Epuration des eaux usées domestiques par filtration sur sable » AESN Mai 2001

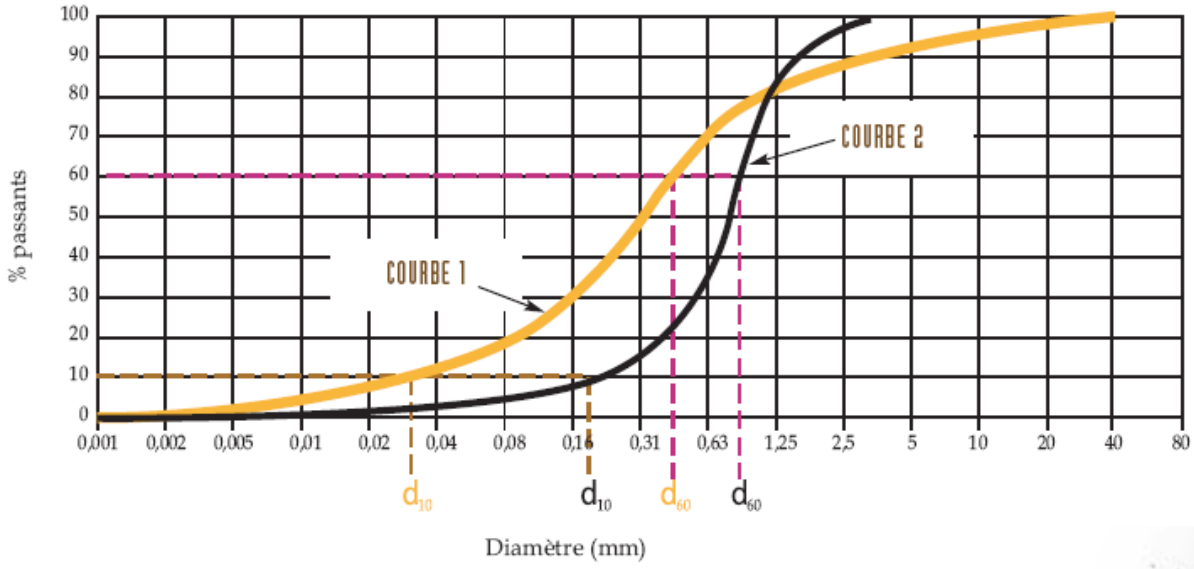
A partir de la courbe granulométrique reconstituée, les trois valeurs caractéristiques indiquées dans les documents de références sont extraites.

- le d_{10} correspond au diamètre du tamis laissant passer 10 % de la masse du sable, en mm

- le CU qui correspond au coefficient d'uniformité du sable. Il s'agit du rapport d60/d10

- le pourcentage de fines, qui correspond au pourcentage de particules inférieures à 80 µm.

Ces trois paramètres permettent d'apprécier la qualité du sable par rapport aux valeurs fournies dans le document de référence.



Paramètre	COURBE 1	COURBE 2
d_{10}	0,0315	0,17
d_{60}	0,43	0,9
$CU = d_{60}/d_{10}$	13,65	5,29

Figure 14 : Exemple de l'impact du CU sur la forme de la courbe. Courbe et tableau extrait du document « Epuration des eaux usées domestiques par filtration sur sable » AESN Mai 2001

La figure 12 issue du document « Epuration des eaux usées domestiques par filtration sur sable » (AESN Mai 2001) illustre l'influence des paramètres d_{10} et CU sur l'allure des courbes granulométriques. Un CU élevé entraine une courbe aplatie correspondant à un sable constitué de grains de tailles variables. A l'inverse, un CU faible entraine une courbe verticale correspondant à un sable constitué de grains de tailles homogène.

4.4 Les mesures de GAZ

L'appareil permet de mesurer dans le filtre les teneurs en oxygène et en dioxyde de carbone à différentes profondeurs. L'appareil de mesures analyse l'air atmosphérique pour les deux paramètres

choisis. Une pompe permet d'amener l'échantillon devant les cellules de mesures. Des profils de consommations peuvent être établis pour connaitre les zones biologiquement actives du filtre.

Figure 15 : **Photo : A gauche : appareil de mesure Dräger. Au centre: Pointe rétractable ouverte pour permettre la mesure et à droite : Pointe rétractable fermée**

Pour effectuer ces mesures au cœur du massif, des cannes creuses équipées de pointes rétractables sont utilisées. La pointe est nécessaire pour permettre l'enfoncement de la tige dans le massif (meilleure pénétration dans le sol). Afin de ne pas ressortir la canne pour pomper l'air à la profondeur désirée il suffit de relever légèrement la canne (quelques millimètres). En relevant la canne la pointe rétractable s'ouvre et le prélèvement d'air en profondeur peut se faire. Pour continuer la mesure la canne est enfoncée jusqu'à atteindre le point de mesure suivant où la même opération est répétée.

Les mesures de gaz sont exprimées en pourcentage. La saturation dans l'air à 20°C est de 20,9% pour l'oxygène et de 0% pour le dioxyde de carbone. Comme la mesure nécessite de pomper l'air en place, il est important de ne pas maintenir le pompage trop longtemps à la même profondeur. Si le volume pompé est trop important cela risque de perturber le milieu en entrainant un renouvellement forcé de l'air présent. Les mesures effectuées seraient faite sur un air renouvelé et non sur l'air présent initialement dans le massif.

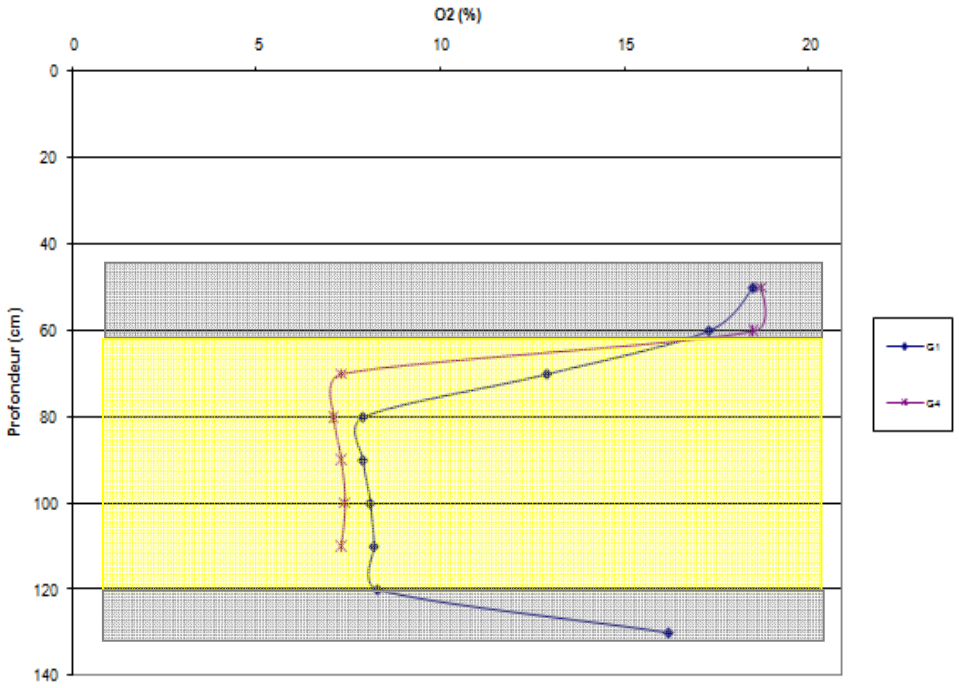


Figure 16 : Profil d'oxygène en fonction de la profondeur sur un massif de sable.

Cet exemple de profil montre une forte différence entre la zone de gravier dans laquelle l'air circule facilement, et la zone de sable où la biomasse épuratrice, en se développant, bouche la porosité et rend difficile le renouvellement d'oxygène. La teneur en oxygène retrouve des valeurs élevées dans les graviers du fond puisque la circulation d'air est à nouveau facilitée grâce aux tuyaux de drainage raccordés au regard de sortie (présence d'air atmosphérique).

Cet appareil est fait pour mesurer les gaz dans l'atmosphère. La présence d'eau dans le massif empêche les mesures. L'eau ne doit pas atteindre les cellules de mesures au risque d'abimer l'appareil. Pour cela un filtre de protection est ajouté sur l'appareil de mesure. Pour plus de sécurité, le tuyau reliant la canne de mesure à l'appareil est transparent ce qui permet une vérification visuelle de l'absence/présence d'eau en cours de pompage.

4.5 Les BANDELLETTES

Quand l'eau usée traitée est accessible, des tests avec des bandelettes chimiques peuvent être faits pour estimer les performances épuratoires du système sur les formes azotées. Ce qui est visé, au-delà de la qualité de la nitrification, est bien l'évaluation de la présence ou du manque d'oxygène au sein du massif. L'oxygène est nécessaire pour assurer une bonne qualité de nitrification. Dans un système où l'oxygène est rare la qualité de la nitrification dévient médiocre.

A partir du rapport entre $N\text{-}NO_3^-$ / $N\text{-}NH_4^+$ nous avons classé la qualité de la nitrification en 2 groupes :

- $N\text{-}NO_3^-/N\text{-}NH_4^+ < 1$ nitrification médiocre

- $N\text{-}NO_3^-/N\text{-}NH_4^+>1$ bonne nitrification

La qualité de la nitrification est en lien avec les autres formes de pollution (notamment la dégradation de la pollution carbone). Une bonne qualité de nitrification induit obligatoirement une bonne qualité de la dépollution carbone. Une qualité de nitrification médiocre signifie que l'oxygène est en quantité insuffisante pour assurer la nitrification, et potentiellement insuffisante pour garantir un traitement correct du carbone.

Figure 17 : **Photo du kit utilisé pour mesurer les formes azotées.**

La quantification de la valeur pour les différents paramètres se fait par colorimétrie. Les gammes de mesures sont variables selon les paramètres. Pour NO_3^- la gamme va de 0 à 500 mg/l, pour NO_2^- elle va de 0 à 80 mg/l, et pour NH_4^+ elle va de 0 à 400 mg/l.

Les mesures des bandelettes sont estimées en mg/L de NH_4^+, NO_3^- et NO_2^-. Cependant pour connaître l'état de nitrification, nous choisissons d'établir des ratios entre les formes azotées. Pour cela il faut que les résultats soient homogènes, donc exprimés en azote, soit $N\text{-}NH_4^+$, $N\text{-}NO_3^-$ et $N\text{-}NO_2^-$. Un exemple est présenté dans le tableau suivant.

Formes azotées	Gamme bandelettes	Valeurs retenues	Coefficient multiplicateur (Masse molaire Azote/masse molaire de la forme azotée)	Valeurs finales
Ammoniac	50 à 100 mg/l de NH_4^+	75 mg/l de NH_4^+	0,78	58,5 mg/l de $N\text{-}NH_4^+$
Nitrites	0 mg/l de NO_2^-	0 mg/l de NO_2^-	0,30	0 mg/l de $N\text{-}NO_2^-$
Nitrates	250 à 500 mg/l de NO_3^-	375 mg/l de NO_3^-	0,23	86,3 mg/l de $N\text{-}NO_3^-$

Tableau 2 : Exemple d'exploitation des résultats bandelettes.

Pour notre exemple nous serons donc à $N\text{-}NO_3^-/N\text{-}NH_4^+= 1,5$ donc dans le cas d'une bonne nitrification.

Les tests effectués uniquement sur les eaux de sortie nous informent sur la qualité de la nitrification. Pour déterminer l'abattement de la pollution azotée sur le filtre, une mesure sur l'eau de sortie de fosse septique doit être effectuée pour connaître la différence entre les concentrations qui arrivent sur le massif et celles qui en sortent.

5 Les réponses apportées par INVESTIG'+®

Les réponses apportées par les mesures effectuées via les outils concernent deux types de paramètres différents : Les paramètres d'état et les paramètres de fonctionnement.

La résistivité, le pénétromètre et l'endoscope nous informent sur la structure du massif (taille et composition) et sur la mise en œuvre. Ces informations correspondent à des paramètres d' « état ».

L'endoscope, le pénétromètre, l'analyseur de gaz et les bandelettes de mesures chimiques des formes azotées nous renseignent sur l'état biologique du massif. Ces informations correspondent à des paramètres de « fonctionnement ».

5.1 Paramètres d'état

L'ensemble des mesures issues de ces trois outils (Résistivité, Pénétromètre et Endoscope) permet de vérifier les caractéristiques des massifs filtrants par rapport aux règles de conception (dimensionnement) et d'exécution (mise en œuvre) sur 3 paramètres :

- La surface du massif filtrant,
- les hauteurs des différentes couches,
- les caractéristiques granulométriques du sable mis en place.

Les outils dont les résultats de mesures sont utilisés pour comparer les valeurs des sites diagnostiqués aux valeurs de référence sont présentés dans le tableau suivant.

Pour connaître :	outils à utiliser
Hauteur de terre végétale de recouvrement	Pénétromètre + Endoscope
Présence d'un géotextile	Endoscope
Hauteur de gravier	Pénétromètre + Endoscope
Hauteur de sable	Pénétromètre + Endoscope
Présence d'une géogrille	Endoscope
Surface	Résistivité
d_{10}	Endoscope
CU	Endoscope
%fines	Endoscope

Tableau 3 : Outils utilisés pour connaître les paramètres d'état.

5.2 Paramètres de fonctionnement

Au delà de la vérification de la mise en œuvre, il devient possible d'évaluer le fonctionnement épuratoire du système. Pour les massifs filtrants, les capacités de dégradation de la pollution sont basées sur l'activité épuratrice d'une biomasse qui se développe sur les grains de sable.

La mise en place de cette biomasse et sa croissance correspondent à la colonisation du massif. Cette colonisation est recherchée car la croissance bactérienne est la conséquence logique de l'épuration. La colonisation du sable par la biomasse est naturelle et irréversible. Quand l'espace entre les grains de sable est totalement occupé par la biomasse l'infiltration ne peut plus se faire. La zone colonisée devient inutilisable. Cela correspond au vieillissement naturel du massif.

La colonisation bactérienne, donc le vieillissement, dépend de la charge organique appliquée sur le filtre par unité de surface. Plus la charge organique surfacique est grande, plus la croissance bactérienne est importante. La croissance de la biomasse entraîne une colonisation intense et par conséquent le comblement précoce de la porosité. A l'inverse, lorsque la charge organique surfacique est faible, la croissance bactérienne est faible et entre deux alimentations, la biomasse a le temps de se minéraliser. C'est la répartition des eaux usées à la surface des massifs qui a une responsabilité dans les charges surfaciques excessives. L'excès d'eau (surcharge hydraulique surfacique) a deux conséquences :

- apporter trop de charge organique (stimule la croissance bactérienne)
- apporter trop d'eau et limiter ainsi la réoxygénation naturelle du massif (tant que de l'eau occupe la porosité, l'air ne circule pas)

La croissance de la biomasse est également liée à la vitesse d'infiltration qui influe sur le temps de contact entre l'eau usée à traiter et la biomasse épuratrice. Si cette vitesse est trop élevée (infiltration trop rapide), le temps de contact sera trop court pour observer une dépollution efficace et la croissance de la biomasse sera très faible. A l'inverse si cette vitesse est trop faible (infiltration trop lente) le temps de contact sera très important. La dépollution sera très efficace mais la croissance de la biomasse sera rapide entraînant une colonisation précoce du milieu.

La biomasse a besoin d'oxygène pour dépolluer l'eau usée à traiter. Cet oxygène est présent naturellement dans l'espace libre entre les grains. La biomasse consomme l'oxygène lors de l'oxydation de la pollution est libère du dioxyde de carbone. La porosité est essentielle pour permettre une bonne circulation de l'air atmosphérique chargé en oxygène. Si cette porosité est trop faible le renouvellement d'air ne sera plus possible entraînant une dégradation de la qualité de la dépollution.

La porosité du massif diminue avec la croissance de la biomasse. La valeur de la porosité initiale et donc la perméabilité est un paramètre important pour assurer une pérennité du système dans le temps. Même si le vieillissement du massif est inévitable il ne doit pas être précoce car il réduit la durée de vie du filtre.

Le fonctionnement du massif est lié à l'équilibre fragile qu'il existe entre ces paramètres. Tant que l'équilibre entre ces paramètres est maintenu le massif peut assurer son rôle épuratoire. Dès que cet équilibre n'existe plus, le vieillissement s'accélère et rapidement le massif ne peut plus fonctionner.

Pour évaluer le fonctionnement de ces massifs nous avons défini 5 paramètres :

- le niveau de colonisation : il correspond à l'occupation de l'espace entre les grains (réduction de la porosité). Plus la colonisation est importante plus la porosité diminue réduisant les capacités d'infiltration du massif jusqu'à atteindre une colonisation totale où l'infiltration sera impossible.
- le niveau de saturation en eau : L'eau usée percole dans le massif filtrant. En cas de dégradation des conditions d'infiltration l'eau a plus de difficulté à traverser le massif (vitesse d'infiltration lente). De l'eau est alors visible lors du passage de la caméra.
- la teneur en oxygène qui permet de localiser les zones en activité sur le filtre. En effet la biomasse épuratrice consomme de l'oxygène pour dégrader la pollution carbonée et azotée.
- la perméabilité initiale qui correspond à la capacité d'infiltration du massif dans le sable propre.

- La qualité de la nitrification associée à la qualité d'oxygénation du massif.

Les outils utilisés pour répondre aux différents paramètres sont regroupés dans le tableau suivant.

Pour connaître :	outils à utiliser
Teneur en oxygène	Mesure de gaz
Niveau de colonisation	Endoscope
Niveau de saturation	Endoscope
Perméabilité	Pénétromètre + Endoscope
Qualité de la nitrification	Bandelettes

Tableau 4 : Outils utilisés pour connaître les paramètres de fonctionnement

5.3 Les contrôles réglementaires

L'arrêté du 27 Avril 2012 décrit les modalités de l'exécution de la mission de contrôles des installations d'assainissement non collectif. Ce texte classe les installations en deux groupes :

- Les installations neuves (installations réalisées après le 9 octobre 2009 selon l'arrêté du 7 mars 2012) ou à réhabiliter :

- Les autres installations

Pour les installations neuves ou à réhabiliter INVESTIG'+® permet de faire le contrôle « vérification de l'exécution » en identifiant (mesures pénétromètre et endoscope), localisant (mesures de résistivité) et caractérisant (mesures pénétromètre et endoscope) le dispositif de traitement. Les mesures effectuées sur site permettent également de vérifier le respect des prescriptions techniques réglementaires en vigueur. Ces mesures correspondent à ce que nous avons appelé les paramètres d'état du filtre.

Pour les autres installations, INVESTIG'+® permet de vérifier l'existence du traitement (résistivité, pénétromètre, endoscope) et également vérifier le bon fonctionnement et l'entretien (Endoscope, teneur en oxygène, bandelettes). La mission de contrôle doit également évaluer les dangers pour la santé des personnes ou les risques avérés de pollution de l'environnement en vérifiant notamment que le dimensionnement des installations est adapté conformément aux prescriptions techniques (arrêté du 7 septembre 2009 modifié par l'arrêté du 7 mars 2012) et aux exigences des documents de référence en termes de conditions de mise en œuvre (XP DTU 64.1).

<u>En résumé</u>

Les outils composant INVESTIG'+® nous permettent de pouvoir répondre aux exigences des contrôles réglementaires en fonction de la date de réalisation de l'installation. Seuls ces outils peuvent aller voir au cœur du système sans le détériorer. Grâce aux mesures factuelles nous pouvons effectuer des contrôles respectant la réglementation en vigueur.

Toutes ces mesures se font de façon non destructive, sans aucune incidence sur le fonctionnement du massif filtrant. Chaque outil apporte une information sur un paramètre d'état et/ou de fonctionnement. L'association de ces paramètres d'état et de fonctionnement permet d'établir un diagnostic complet et factuel de l'installation sondée.

6 Les diagnostics INVESTIG'+®

L'utilisation des ces outils sur le terrain suit une chronologie précise qui permet d'adapter le diagnostic en fonction des résultats obtenus pour chaque mesure. Pour obtenir un diagnostic complet, tous les outils sont utilisés. Le diagnostic sera partiel quand certains outils ne pourront pas être déployés ou parce que la demande du diagnostic sera ciblée et donc partielle.

Pour les sites diagnostiqués pendant l'industrialisation d'INVESTIG'+® nous avons fait des mesures pour les paramètres d'état et de fonctionnement.

6.1 Pour tous diagnostic

Il est indispensable de recueillir des informations sur la vie du système d'assainissement auprès du propriétaire:

- l'année de la construction de la filière,
- son entretien (vidange de fosse septique notamment, contrôles précédents),
- le nombre d'occupants usuels,
- le type d'occupation (principale ou secondaire),
- le nombre de pièces principales (PP) et de chambres dont la maison est dotée pour qu'une vérification du dimensionnement puisent être effectuée
- les évènements particuliers (sur-occupation, absence d'occupation temporaire, changement d'occupation)
- La présence et l'état des ouvrages ou équipements en amont du filtre pouvant avoir un impact direct sur le filtre (Bac à graisse, fosse septique, pré filtre, mode d'alimentation du filtre (auget, pompe, chasse)…)

Toutes les informations nécessaires à la compréhension du fonctionnement du filtre sont importantes car elles permettent d'améliorer la qualité de l'interprétation du diagnostic.

6.2 Diagnostic constitué de l'ensemble des mesures

Le diagnostic complet correspond à un diagnostic où l'ensemble des mesures est effectuée en fonction de la filière diagnostiquée. Ces mesures permettent de connaître les paramètres d'état (lié à la mise en œuvre du massif) et les paramètres de fonctionnement (lié à la vie du massif depuis sa construction).

La localisation et le nombre de sondage a été défini pour couvrir l'ensemble du site de façon optimisée. Le plan des mesures effectuées lors d'un diagnostic complet est présenté ci-dessous.

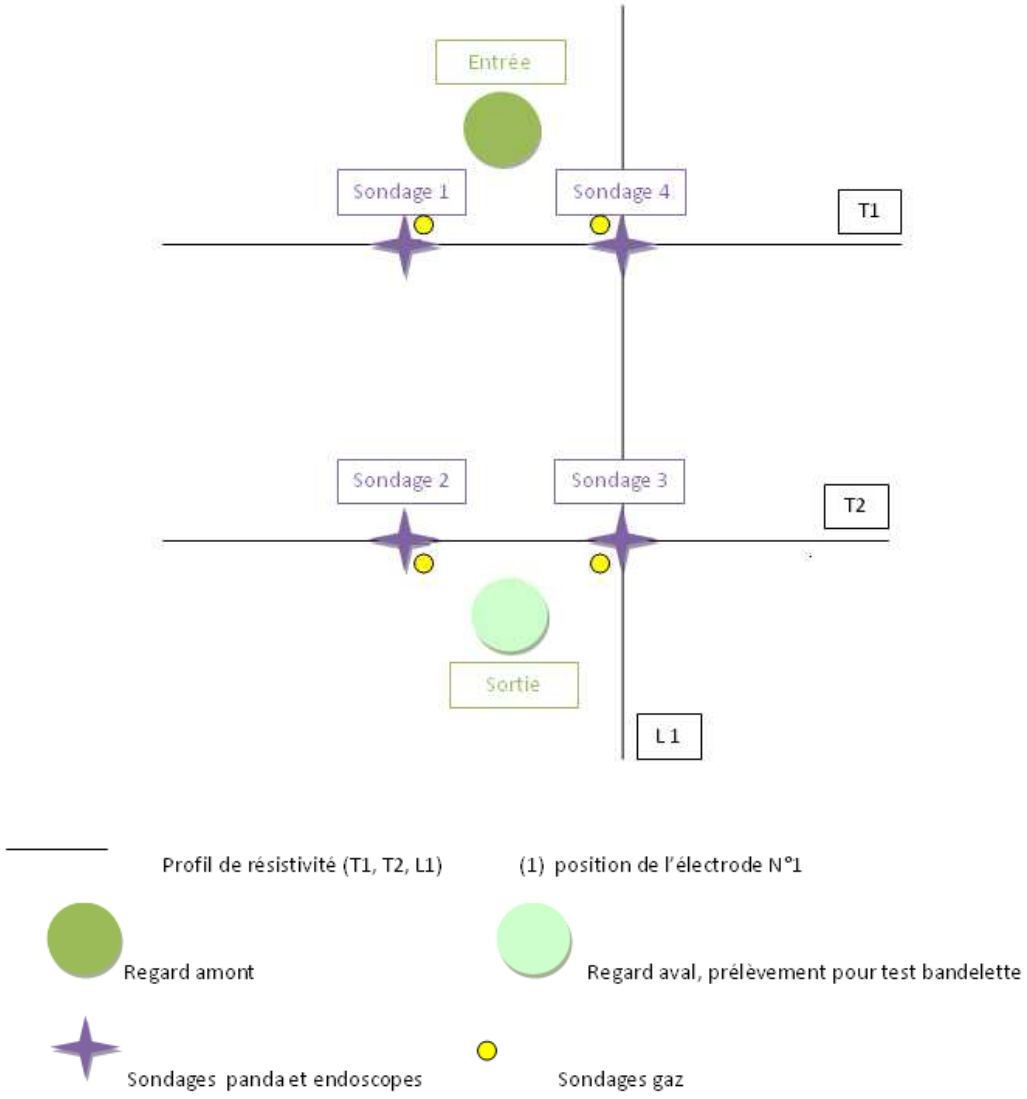


Figure 18: Plan des mesures effectuées lors d'un diagnostic complet

Concernant les paramètres de fonctionnement notamment, le positionnement des points de sondage permet de visualiser s'ils existent des déséquilibres d'alimentation hydraulique du filtre. Ces

déséquilibres sont liés à un mouvement du réseau de distribution des eaux usées à traiter. La charge surfacique devient plus importante sur une zone du massif pouvant avoir rapidement des conséquences sur l'état de fonctionnement du filtre. Les 4 sondages effectués délimitent 4 zones du massif représentées sur la figure suivante.

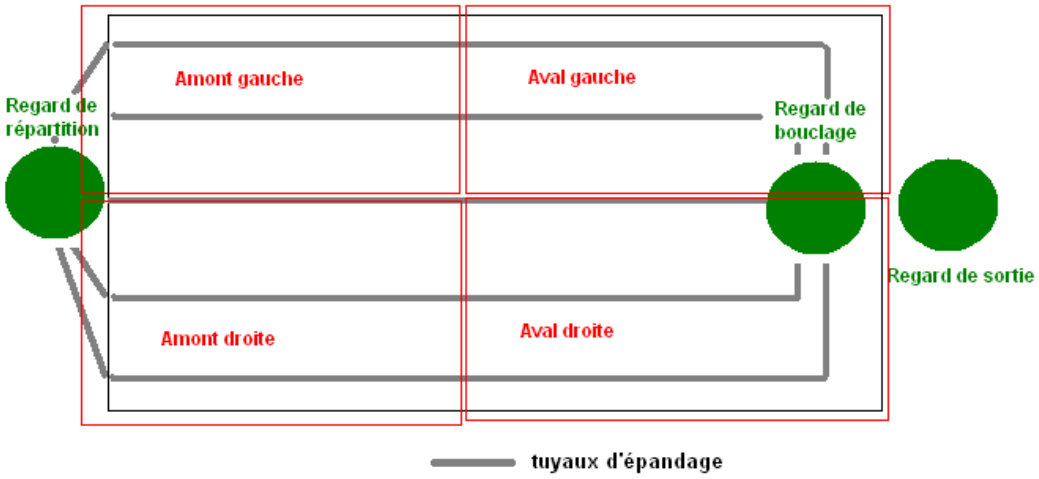


Figure 19 : Représentation du découpage du filtre en fonction de la localisation des sondages.

Par exemple, si seul le point situé dans la zone amont droite montre des signes d'activité lors de la mesure de gaz et que les 3 autres sont à saturation (20,9% en oxygène) alors le système de distribution est déséquilibré du côté droite (dans le sens de l'écoulement). Cela réduit la surface d'infiltration du système et entraîne un vieillissement précoce de cette zone qui reçoit l'ensemble des eaux usées à traiter. Ainsi la localisation précise des sondages peut permettre de savoir dans quel sens est le déséquilibre.

La localisation des points de mesures est essentielle pour effectuer une interprétation des résultats.

Selon le niveau de précision recherché (diagnostic courant ou Expertise) le nombre des sondages par site peut être augmenté. Ainsi, Pour un diagnostic « normal », 4 sondages sont effectués, alors que pour une expertise le nombre de sondage est au minimum doublé pour obtenir une image très précise du massif.

- *Avant les mesures*

La première chose à faire en arrivant sur le site est la localisation puis l'ouverture des regards. En effet la profondeur du regard d'entrée permet de connaître la profondeur de la couche de gravier supérieure, et de préparer les outils en conséquence.

Une fois l'organisation du filtre bien comprise (sens de l'écoulement, position du massif, nombre de tuyaux d'épandage, présence d'élément perturbateur (comme des objets encombrants sur le filtre

ou la présence de plantations-, etc.)), les outils sont déchargés et entreposés dans une zone qui ne sera pas utilisée au cours de l'intervention.

Après cela, l'enchainement des mesures doit être toujours le même, sauf si un élément extérieur ou un résultat obtenu pendant le déroulé du diagnostic nécessite une modification du protocole.

Figure 20 : Photo de sites donc la surface est occupée par des éléments empêchant certaines mesures.

En fonction des différentes situations rencontrées sur le terrain, des aménagements du protocole peuvent être fait. Cependant cette chronologie a été mise en place pour optimiser les temps passés et pouvoir adapter les mesures à la situation, notamment pour les analyses de gaz. Nous avons vu que la présence d'eau rendait la mesure impossible, et cette présence est visualisée avec l'endoscope. Ainsi les résultats obtenus par l'endoscope au moment de la mesure conditionnent l'utilisation du Dräger pour la mesure d'oxygène.

7 Acquisition des données INVESTIG'+®

Les mesures effectuées lors d'un diagnostic suivent un protocole précis afin de ne rien oublier mais aussi afin d'éviter des mesures inutiles. L'organisation théorique d'un diagnostic est la suivante :

- ✓ Observation visuelle classique de la filière à l'arrivée sur site (Localisation fosse septique et système d'assainissement, localisation et ouverture des regards présents, mesure des profondeurs de ces regards et prise de note de commentaires sur leurs états, etc.). Toutes ces observations doivent être faites avant même de sortir l'équipement sur site, ce qui permet d'adapter les mesures à chaque cas précis.

- ✓ Déchargement de l'ensemble du matériel nécessaire pour le cas diagnostiqué. En fonction des observations faites en arrivant sur site certains outils seront inutiles (Ex : Cas de la résistivité qui ne peut pas être utilisée car des contraintes sur le site empêche sa mise en place. Inutile de la décharger du véhicule)

- ✓ Mise en place d'outils pour effectuer l'ensemble des mesures. L'objectif sur chaque site est de pouvoir faire le déroulé chronologique.

- ✓ Replis du matériel et chargement dans le véhicule

- ✓ Vérification sur site que toutes les informations ont été collectées, remise en état du site (Fermeture des regards, remise en place d'éléments éventuellement déplacés pour les mesures, etc.), vérification que rien n'a été oublié sur site

L'ensemble des mesures terrains permet d'obtenir un diagnostic complet qui regroupe deux volets :

- ✓ **L'état** par lequel on entend les caractéristiques dimensionnelles (longueur, largeur, épaisseur) et structurelles (matériaux mise en place) du massif. Pour obtenir ces informations les mesures sont effectuées sur 4 sondages (Cf. plan de mesures). Pour la synthèse de résultats les valeurs seront moyennées sur l'ensemble des sondages effectués.

- ✓ **Le fonctionnement** par lequel on entend l'état biologique du massif et son efficacité épuratoire. Pour obtenir ces informations les mesures sont également effectuées sur 4 sondages et leur localisation géographique sur le filtre est fondamentale pour l'interprétation des résultats des mesures. (Cas d'un déséquilibre du réseau de distribution)

Pour certains outils, les informations sont visualisables au moment de la mesure (cas du niveau de colonisation et du niveau de saturation) et ces résultats peuvent avoir des conséquences sur le déroulé du diagnostic (absence de mesures de gaz en présence d'eau dans le filtre visualisée par les mesures endoscope). Une seconde partie des résultats est obtenue après un traitement informatique des données. Ce traitement a été simplifié par la création d'un site web permettant le stockage des données et également leurs traitements pour certains paramètres.

7.1 Site web et logiciel « système expert »

Un fichier est crée par client dans lequel toutes les informations sont regroupées. Les données recueillies sur le terrain (Année de construction, nombre d'occupants, profondeur des regards, etc.) sont saisies directement sur le site web. L'ensemble des fichiers résultats doit être mis au bon format pour pouvoir ensuite les importer sur le site. Une partie du traitement se fait automatiquement à

partir des résultats des outils. Une autre partie du traitement se fait directement sur le site web. Toutes les informations pour utiliser ce site web et réaliser le traitement des données sont présentes dans le guide d'utilisation d'INVESTIG'+®.

Tous les sites diagnostiqués pendant l'industrialisation ont été traité via le logiciel web. En synthétisant les résultats des outils par site, une base de données est constituée de l'ensemble des résultats pour tous les sites diagnostiqués. Les résultats exposés dans les chapitres suivants sont issus de cette base de données disponible sur demande (laurence.rolland@veoliaeau.fr)

7.2 Répartition des mesures pour l'étude

7.2.1 Répartition par situation géographique

La localisation des sites a été uniquement définie par les particuliers ayant accepté de participer à l'étude. Le nombre de sites et leur localisation par département sont reportés sur la carte ci-dessous.

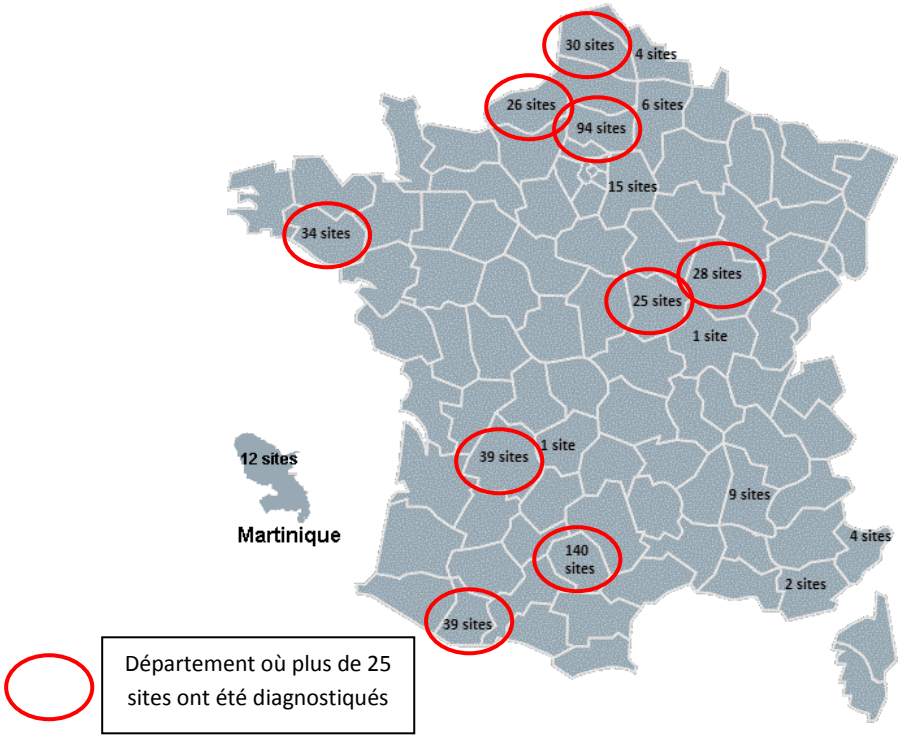


Figure 21 : Répartition des sites composés de massif de sable sur le territoire

509 sites ont pu être diagnostiqués pendant la durée de l'étude. Ces sites correspondent à des systèmes mise en place pour l'assainissement collectif et non collectif. On notera que les règles de mise en œuvre et de dimensionnement des ouvrages relatifs à ces deux modes d'assainissement sont différentes. Des sites installés en Martinique composés de sable noir ont également été diagnostiqués au cours de l'étude.

Pour la suite du document nous nous intéresserons uniquement aux sites non collectifs de France métropolitaine ce qui représente 473 sites au total. La répartition couvre l'ensemble du territoire et nous permet d'analyser l'influence de la mise en œuvre en fonction des départements. Nous considérons un département pouvant être traité comme une entité représentative dés lors qu'au moins 25 diagnostics y ont été effectués (cerclés de rouge sur la carte).

7.2.2 Répartition des mesures effectuées par type d'outil

Pour chaque outil, le pourcentage de sites où les mesures ont pu être effectuées est présenté dans le tableau suivant.

Outils	% des sites où des pannes ont empêchés la mesure	% des sites où les contraintes de terrains n'ont pas permis d'effectuer la mesure	Contraintes de terrains rencontrés
Résistivité	0 %	29 %	Manque de place (site « encombré »)
Pénétromètre	2 %	0 %	
Endoscope	Version 1 : 10 % Version 2 : 0%	0 %	
Oxygène	1 %	6 %	sol trop dur (période de gel)

Tableau 5 : Nombre de mesures effectués sur les 473 sites par outil composant INVESTIG'+®.

Pour l'endoscope, les pannes sont intervenues principalement au démarrage de l'étude. Le passage de la version N°1 à la version N°2 a considérablement réduit les pannes. L'amélioration des soudures sur la version N°2 a permis de supprimer totalement les pannes pour cet outil.

Pour le Pénétromètre, les pannes étaient liées à un problème de séchage des connectiques après des interventions sous la pluie. Une fois le problème identifié aucune panne ne s'est produite sur cet outil.

Pour la mesure de résistivité, aucune panne ne s'est produite sur l'ensemble de l'étude. Les contraintes de terrain et notamment le manque de place n'ont eu des conséquences que pour 29% des sites, l'outil n'a pas pu être mis en place. Pour 71% des sites la surface précise du système d'assainissement a été mesurée.

L'absence de **mesures en Oxygène** est liée pour 1% à la casse des embouts de jonction, et 6% aux conditions climatiques. En effet lors des périodes hivernales le sol gelé est trop dur pour pouvoir enfoncer les tiges de mesures (environ 25 sites).

Les **mesures de formes minérales azotées avec les bandelettes** dépendent de l'accessibilité à l'eau traitée. Elle est fonction du type de filtre en place (drainé ou non) mais également de la présence d'eau dans le regard de sortie au moment du passage du technicien. Tous les sites étaient en fonctionnement depuis plus de 6 mois au moment du diagnostic.

Types de filtres	Nombres de sites	Mesures bandelettes	Nombres de sites
FASV	82	Pas d'accès aux eaux traitées	
FASVD	391	Non (Pas d'eaux traitées dans le regard de sortie)	250 (64%)
		Oui (Eaux traitées dans le regard de sortie)	141 (36%)

Tableau 6 : Répartition des sites de l'étude pour les tests de bandelettes

Pour 64% des FASVD aucune eau traitée n'a pas être prélevées dans le regard de sortie des filtres. Lors de la construction des filtres drainés, une géo membrane étanche est disposée dans le fond de fouille et les bords. Elle isole entièrement le massif du sol encaissant. L'absence d'eau dans le regard de sortie peut s'expliquer par des insuffisances d'étanchéité du massif et pas par des phénomènes d'évapotranspiration. L'étanchéité est pourtant mise en place car le sol naturel n'est pas compatible avec une infiltration des eaux usées traitées. La mise en œuvre est donc non réglementaire pour ces filtres.

Malgré l'absence de certaines mesures, pour tous les sites de l'étude un diagnostic a été rendu à chaque particulier. Ils sont répartis de la façon suivante.

Types de filtres	Mesures effectuées	diagnostic	Nombres de sites
FASV (82 sites)	Résistivité Pénétromètre Endoscope Gaz	Complet (toutes les mesures ont été faites)	30 (36% des FASV)
		Partiel (toutes les mesures n'ont pas été faites)	52 (64% des FASV)
FASVD (391 sites)	Résistivité Pénétromètre Endoscope Gaz Bandelettes	Complet (toutes les mesures ont été faites)	104 (26 % des FASVD)
		Partiel (toutes les mesures n'ont pas été faites)	287 (74% des FASVD)

Tableau 7 : Proportion de diagnostic complet et partiel pour les FASV et les FASVD

Les diagnostics partiels de l'étude liés aux problèmes de pannes ponctuelles (Pénétromètre, Endoscope, Gaz) concernant moins de 10% des sites. Ces pannes se sont produites sur les premiers mois de l'étude et sont liés à l'amélioration du prototype de l'outil endoscope.

Pour 36% des FASV toutes les mesures ont pu être effectuées. Les diagnostics sont incomplets car les contraintes de terrain empêchent la mise en place de la résistivité.

Pour 26% des FASVD un diagnostic complet a pu être effectué. Cela s'explique par l'absence des tests de bandelettes pour 64% des FASVD. Les autres diagnostics partiels sont également liés à des contraintes de terrains (mise en place de la résistivité impossible).

Ce n'est pas à cause des outils que les diagnostics ne sont pas constitués de l'ensemble des mesures mais bien à cause des contraintes de terrains. C'est principalement l'absence d'eau en sortie de filtres qui empêche que les diagnostics soient complets. Cette absence d'eau met en évidence les problèmes d'étanchéité des filtres drainés.

8 Informations factuelles issues des investigations INVESTIG'+®

8.1 Valeur du filtre moyen sur l'ensemble de l'étude

L'ensemble des mesures effectuées pendant la phase d'industrialisation d'INVESTIG'+® nous permet dans un premier temps de donner l'image du filtre moyen rencontré durant notre étude. Ces valeurs sont présentées face aux valeurs de référence de l' XP DTU 64.1 de mars 2007.

	Moyenne mesurée sur les sites de l'étude	XP DTU 64.1
Hauteur de terre végétale de recouvrement (cm)	45	**20 (max)**
Présence d'un géotextile	Oui	**Oui**
Hauteur de gravier (cm)	24	**20**
Hauteur de sable (cm)	55	**70**
Surface (m²/PP)	7	**5**
d_{10}	0.38	**De 0,18 à 2**
CU	5.07	De 3 à 6
%fines	0.57	< 3%
Occupation (m²/occupant)	15	
Age du filtre (année)	6	

Tableau 8 : Caractéristiques du filtre moyen rencontré durant l'étude (en rouge exigence, en noir recommandation)

Le filtre moyen de l'étude s'écarte pour plusieurs valeurs de la référence constituée par la norme XPDTU 64.1.

La hauteur de terre végétale moyenne de recouvrement est de plus du double de celle requise par la dernière version du document de référence (45 cm au lieu de 20 cm).

Le géotextile est bien présent entre la couche de terre végétale de recouvrement et les graviers du haut. La couche supérieure moyenne de gravier est de 24 cm donc proche des 20 cm souhaités.

La hauteur de sable moyenne est inférieure au 70 cm exigé puisqu'il manque 21% par rapport à l'exigence de la norme XPDTU64.1.

Le dimensionnement moyen est de 7m²/PP au lieu des 5m²/PP fixé par l'arrêté « prescriptions techniques du 7 septembre 2009 ». (Supérieure de 40%)

Le sable moyen mis en place pour le filtre a un d_{10} conforme aux exigences de l'XP DTU 64.1 de 2007. Il suit également les recommandations pour le coefficient d'uniformité et le % de fines.

La réalité de surface de filtre par occupant des habitations pour lesquelles le système d'assainissement a été diagnostiqué lors de cette étude est très importante et atteint en moyenne 15 m² par occupant. Dans ces conditions deux remarques essentielles doivent être faites :

- La distribution gravitaire rencontrée lors de 100% de nos investigations rend illusoire l'utilisation satisfaisante de ces ouvrages avec une telle surface par occupant

- La surface des filtres rencontrés est 3 fois trop grande vis-à-vis des exigences réglementaires (5m² par EH) et 5 fois trop grande par rapport aux capacités épuratoires « sécurisées » d'un sable conforme aux exigences de l'XPDTU 64.1.

L'âge de notre filtre moyen est de 6 ans avec un minimum de 1 an et un maximum de 26 ans.

La suite du document présente les détails de mesures pour les différents paramètres.

8.2 Age des filtres diagnostiqués

L'année de construction a été obtenue directement auprès des propriétaires (26% des propriétaires ne connaissent pas cette information).

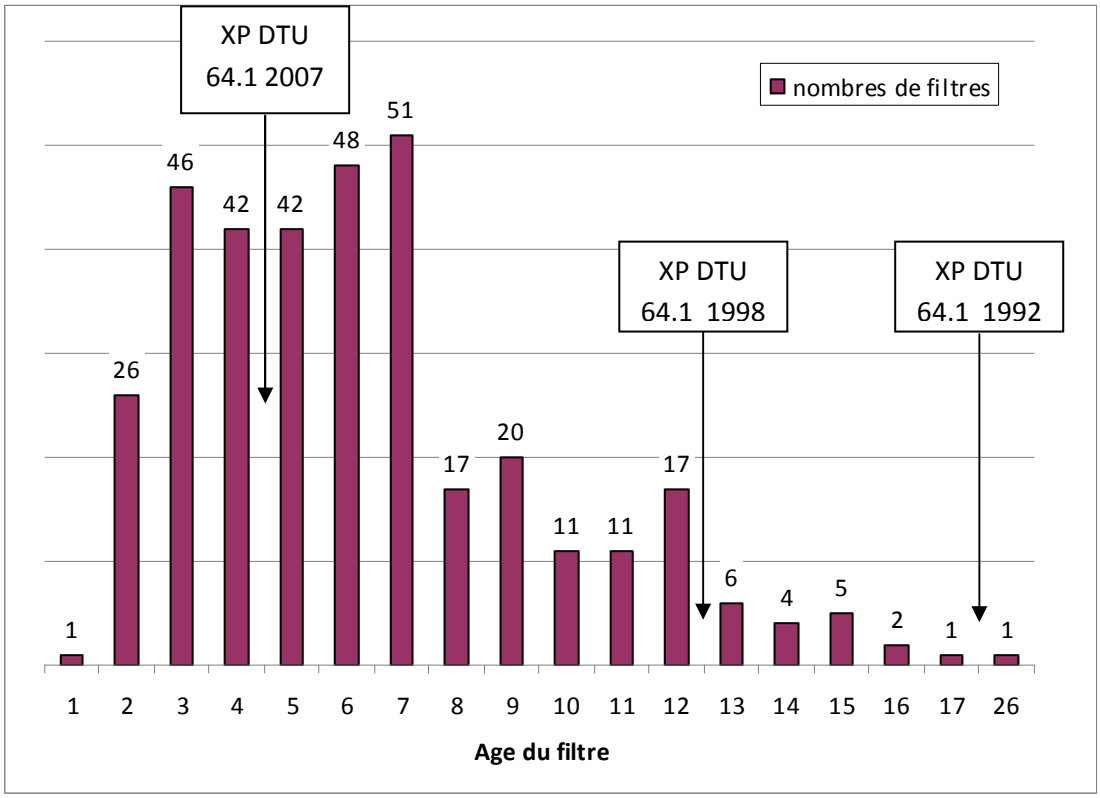


Figure 22 : Nombre de site en fonction de l'âge des filtres (par rapport à 2011)

Nous avons diagnostiqués des filtres dont l'âge varie de 1 à 26 ans.

Les sites ont des mises en œuvre régies par les 3 versions de la norme XP DTU 64.1.

73 % des filtres investigués ont 7 ans ou moins de fonctionnement.

Tous les sites sont en fonctionnement depuis plus de 6 mois au moment du diagnostic, on peut en déduire que tous les mécanismes d'épurations y sont correctement en place.

8.3 Comparatif entre les valeurs de référence et la réalité mesurée sur site

8.3.1 Surface des filtres

La surface du filtre est en lien avec la capacité d'accueil de la maison. L'arrêté de 2009 exige 5m²/PP (Pièces principales définies par le code de la construction R-111-1-1) avec un minimum de 20m².les surfaces sont donc les suivantes : 1,2, 3 ou 4 PP = 20m², 5PP = 25m², 6PP = 30m², etc.

Le rapport entre les surfaces mesurées factuellement (mesurées avec le résistivimètre) et les PP est fait sur 172 sites. La figure suivante présente la répartition du nombre de sites en fonction de la relation m^2 / PP.

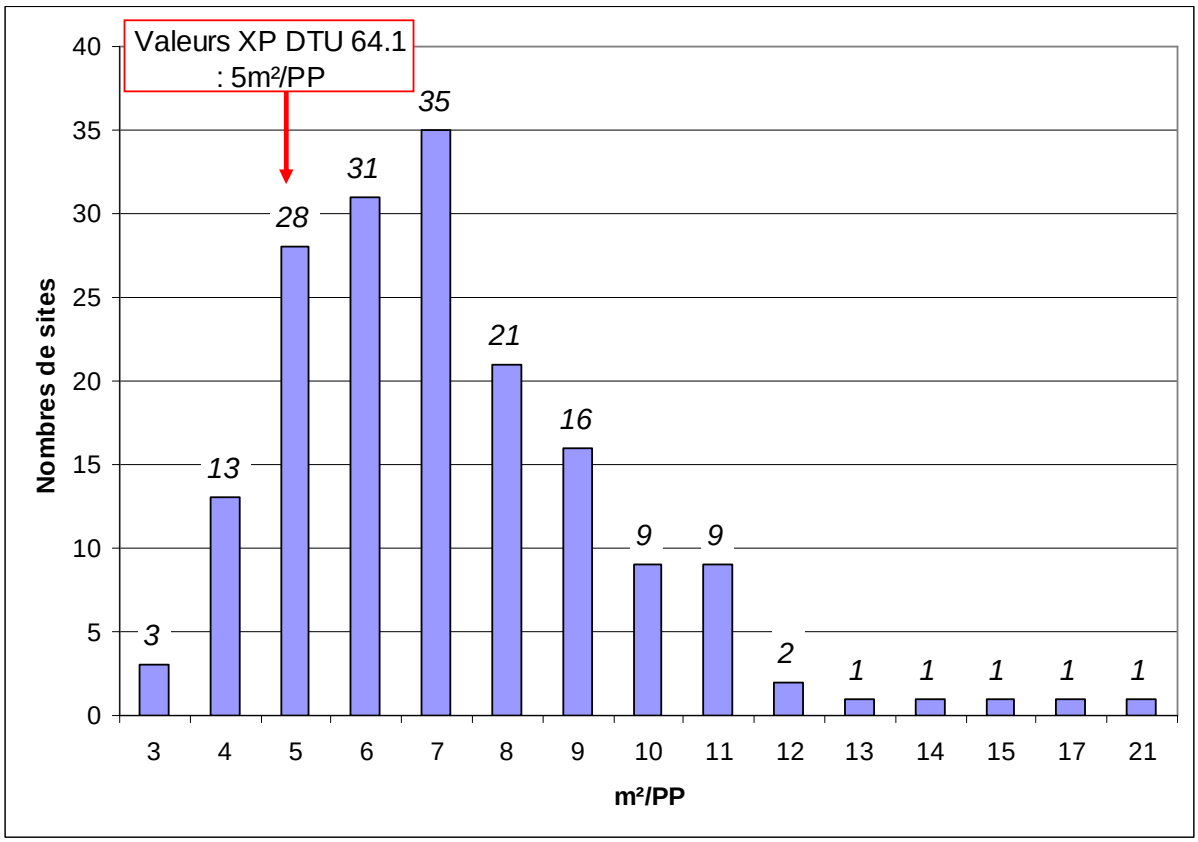


Figure 23 : Répartition du nombre de sites en fonction du m²/PP

La moyenne obtenue sur l'échantillon est de 7m²/PP. Cette valeur est supérieure aux dimensionnements recommandés par l'arrêté du 7 septembre 2009 fixant les prescriptions techniques applicables au x installations d'assainissement non collectif.

Sur l'ensemble des mesures factuelles 16% des sites sont dimensionnés à 5m²/PP. 75% ont des valeurs supérieures à celle définis par l'arrêté.

Une autre information importante est l'occupation réelle de la maison au moment du diagnostic. En effet même si le système d'assainissement est dimensionné sur le nombre de pièces principales de la maison, l'eau usée à traiter est produite par les occupants réellement présents. Cette information est connue dans nos travaux et peut être associée aux surfaces mesurées sur 230 sites. La figure suivante présente le nombre de sites en fonction du ratio m²/occupant.

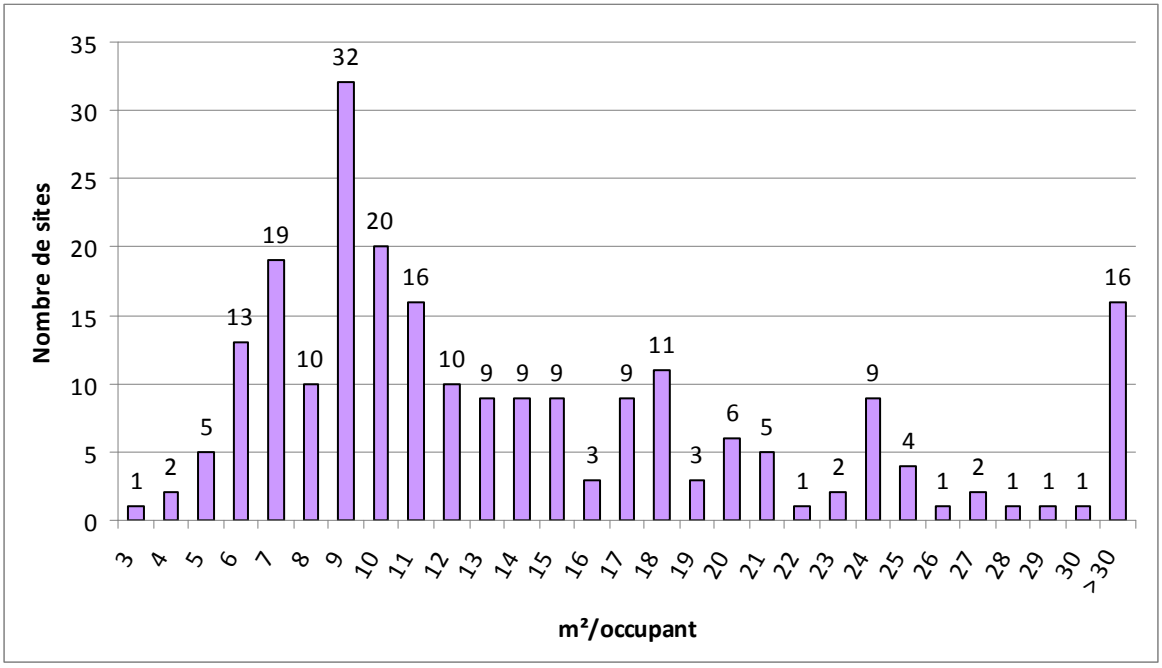


Figure 24 : Répartition du m²/occupant sur les sites de l'étude

Les valeurs obtenues sont réparties selon les sites entre 3 m²/occupant et plus de 30m²/occupant.

La moyenne de toutes ces valeurs est de 15 m²/occupant.

Cela met en évidence la différence entre les notions de PP reliées aux équivalents habitants et les occupants réels de l'habitation. La valeur moyenne passe du simple au double (7 m²/PP pour 15 m²/occupant).

Au travers de données acquises durant l'étude, on en conclut que le dimensionnement des systèmes n'est pas adapté à la vie réelle de l'habitation.

Les filtres sont largement surdimensionnés et cela rend illusoire la répartition homogène des eaux usées à traiter avec un système gravitaire au fil de l'eau.

8.3.2 La terre végétale de recouvrement

Hauteur de terre végétale de recouvrement

Dans la XP DTU 64.1 de 2007 il est précisé à plusieurs reprises que la hauteur de terre végétale de recouvrement recouvrant le système ne doit pas dépasser 20 cm. Sur chaque site plusieurs sondages sont effectués et les valeurs présentées dans la figure suivante correspondent à la valeur moyenne de chaque site. Le graphique suivant représente l'ensemble des résultats sur les 451 sites.

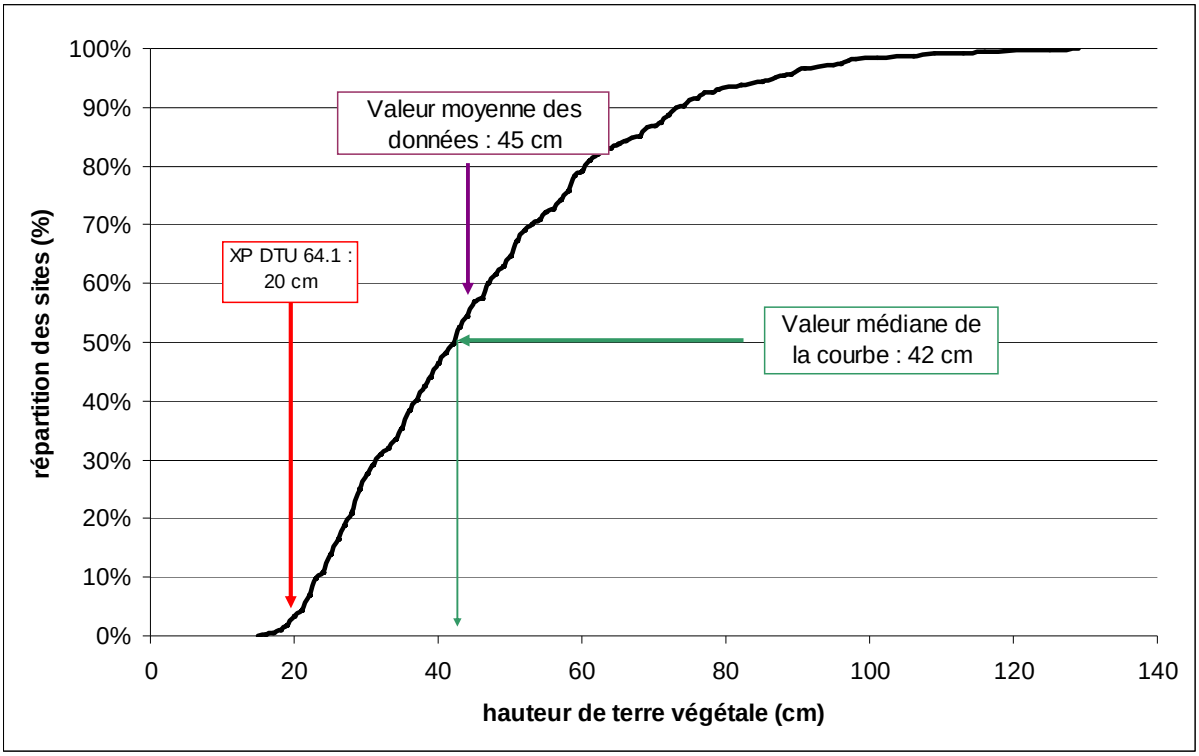


Figure 25 : Courbe percentile des hauteurs de terre végétale de recouvrement (répartition des différentes hauteurs obtenues)

Une majeure partie des filtres est compris entre 23 cm et 73 cm (bornes respectivement des percentiles 10 et 90).

La moyenne de terre végétale de recouvrement sur l'ensemble des données est de 45 cm. La courbe percentile nous montre que 50% des sites (médiane) ont une hauteur de terre végétale de recouvrement inférieure à 42 cm.

Seul 4% des sites ont une valeur inférieure ou égale au 20 cm énoncés dans la norme XP DTU 64.1 de 2007.

Nous avons vu que les hauteurs de terre végétale de recouvrement étaient très variables. La construction des filières est régie par des contraintes techniques mais elle est aussi liée aux pratiques sur le terrain qui peuvent être différentes d'un entrepreneur à l'autre. Pour notre étude, nous n'avons pas d'informations sur les constructeurs, mais nous pouvons classer les sites par département et voir si des différences apparaissent. La figure suivante représente ces résultats.

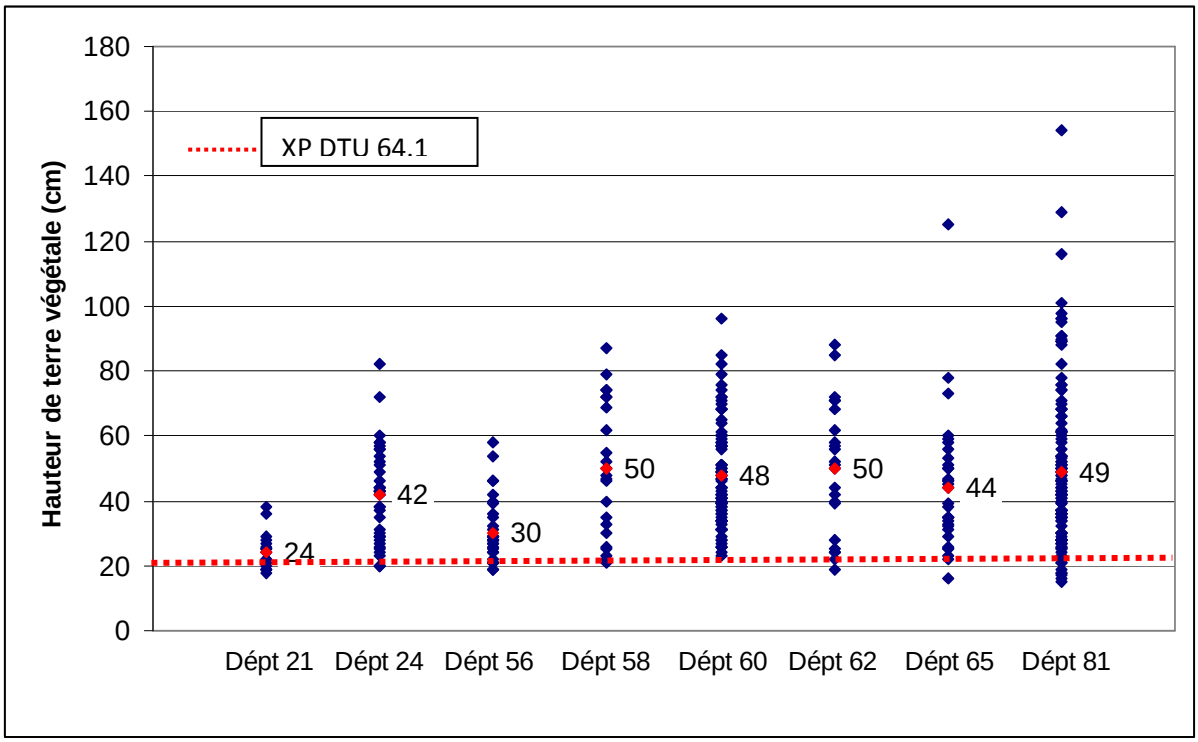


Figure 26 : hauteur de la couche de terre végétale de recouvrement par département(en rouge valeur moyenne par département)

Un département se différencie des autres par une valeur moyenne de hauteur de terre végétale de recouvrement de 24 cm (département N°21)

La variation entre les différents sites pour ce département est faible par rapport aux autres départements. Les sites sont regroupés sur deux communes. Il est donc possible que les constructeurs soient identiques pour plusieurs systèmes.

Le département où l'amplitude est la plus forte est le Tarn (N°81) mais cela s'explique par le nombre de diagnostics effectués dans ce département (139 sites). Cependant cela illustre que les pratiques au sein d'un département peuvent être très variables.

Variations de hauteurs de terre végétale de recouvrement sur un même site

Les valeurs présentées au dessus sont issues de la moyenne sur les différents sondages effectués sur un même site. Cependant il est possible de regarder les variations de hauteurs de terre végétale de

recouvrement entre les différents sondages d'un même site. Les résultats sont regroupés dans la figure suivante.

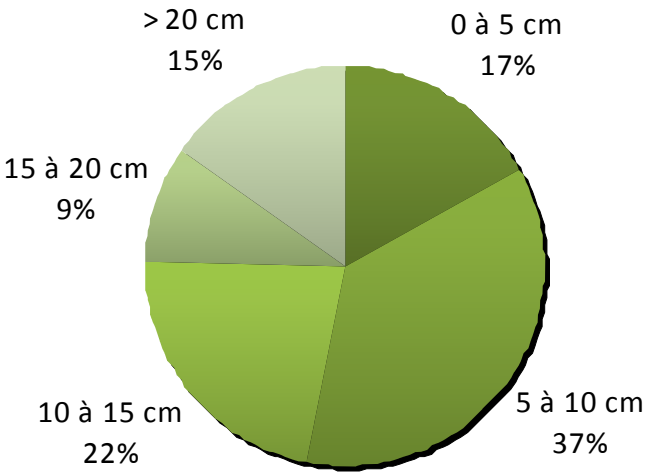


Figure 27 : Répartition des sites en fonction des variations de hauteur entre les sondages d'un même site

Pour 46 % des sites la différence de niveau est supérieure à 10 cm entre les sondages d'un même site. La terre végétale de recouvrement est la couche qui permet au site de s'intégrer dans le terrain naturel du jardin. En effet elle recouvre l'ouvrage et suit la topographie du site. La topographie naturelle a donc une forte influence sur la hauteur de terre végétale de recouvrement. Un exemple est présenté sur la figure suivante.

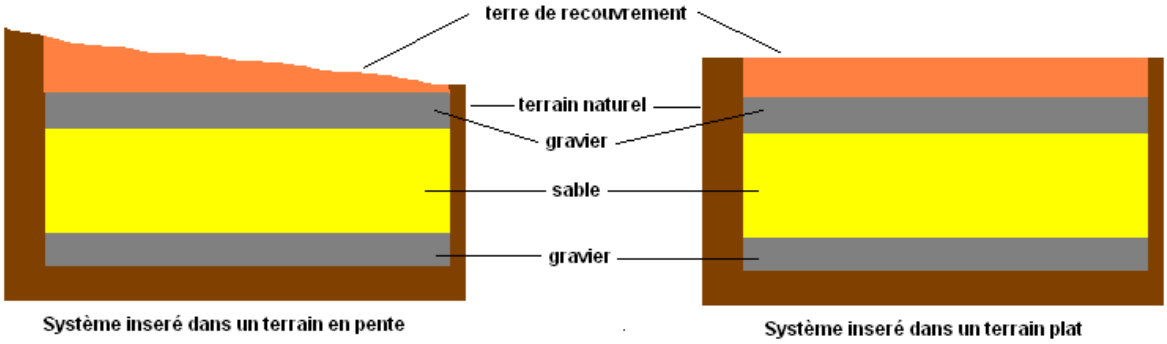


Figure 28 : Coupe simplifiée des différentes couches d'un filtre à sable sur un site avec une pente du terrain naturel (à gauche) et sans pente (à droite)

Ainsi une grande partie des variations observées s'explique par une pente sur le terrain naturel qui entraîne donc une hauteur de terre végétale de recouvrement variable sur les différents points des

sondages. De plus le terrain naturel n'est pas toujours parfaitement plat. Des variations de planéité expliquent également ces différences.

Lien entre la hauteur de terre végétale de recouvrement et l'oxygénation du massif

La terre végétale de recouvrement qui se trouve au dessus du système l'isole de l'air atmosphérique. Sans que cela soit explicitement indiqué, la limite de 20 cm de terre végétale de recouvrement est à priori fixée pour permettre à l'oxygène atmosphérique d'atteindre le système et ainsi faciliter la circulation de l'air dans le massif. Cette hauteur limite n'a pas de fondement scientifique. Nous n'avons recensé aucune étude permettant d'établir un lien entre la hauteur de terre végétale de recouvrement et l'oxygène présent dans le massif filtrant. Cependant il est connu que la concentration en oxygène chute naturellement avec la profondeur dans un sol naturel.

Dans notre étude nous avons fait des mesures d'oxygène au sein du massif. Nous pouvons donc comparer la teneur en oxygène dans le massif avec la hauteur de terre végétale de recouvrement recouvrant le système.

Pour cela nous allons prendre la valeur minimum d'oxygène mesurée parmi les 4 sondages fait sur un même site, et l'associer à la hauteur de terre végétale de recouvrement mesurée sur ce même site. De plus, toutes les valeurs « zéro » qui correspondent aux sondages où de l'eau était présente ont retiré des données utilisées. Ainsi, nous pouvons constater si de l'oxygène est présent dans le filtre. Cette association peut être faite sur 380 sites de l'étude. La figure suivante présente le résultat de cette comparaison. Sur la figure nous avons distingué les filtres à sable drainé ou non drainé.

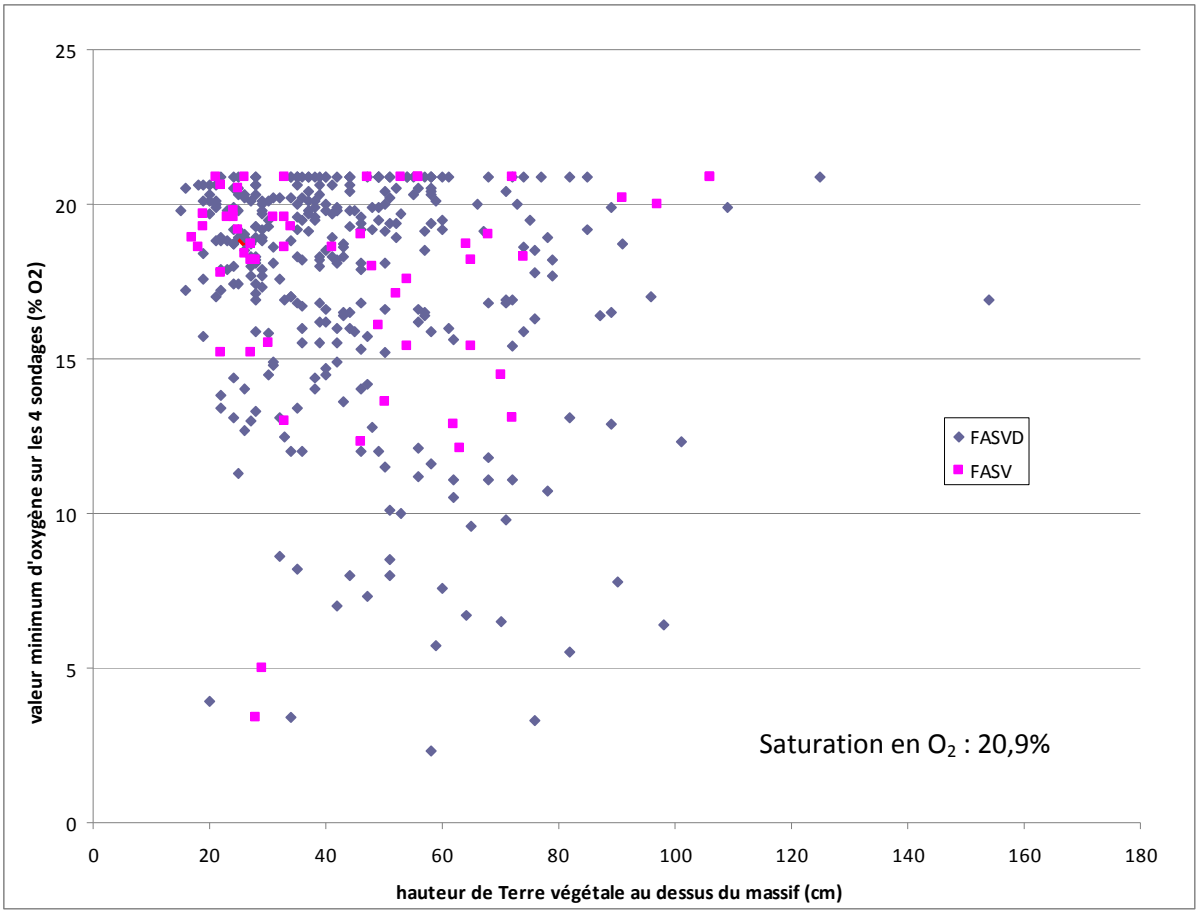


Figure 29 : Graphe de la valeur minimum d'oxygène mesurée sur un site en fonction de la hauteur de terre végétale de recouvrement au dessus du massif.

En observant uniquement ce paramètre aucune tendance n'est visible.

En absence d'activité biologique la teneur en oxygène mesurée est à saturation (20,9%). Cette saturation est atteinte que la hauteur de terre végétale de recouvrement soit forte (plus d'un mètre) ou faible (moins de 20cm).

De plus quelle que soit la hauteur de terre végétale de recouvrement les valeurs minimales en oxygène sont très variables. La teneur en oxygène dans le massif est liée à l'activité biologique du filtre et pas à la hauteur de terre végétale de recouvrement.

Enfin, l'oxygène présent dans le massif n'est pas apporté par la couche de gravier du fond puisqu'aucune différence n'est visible entre les FASVD et les FASV.

Nota : cet exercice ne nous renseigne à aucun moment sur les capacités de réoxygénation du massif après une phase d'alimentation

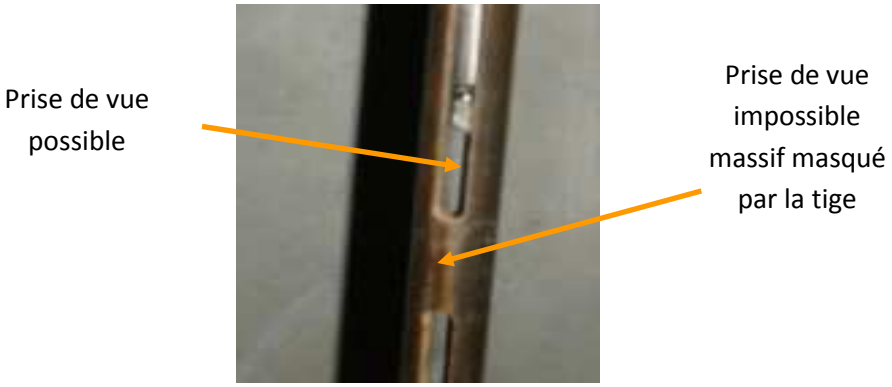
En résumé

L'ensemble des résultats obtenus sur la terre végétale de recouvrement nous apportent plusieurs enseignements. :

- 4 % des sites ont une épaisseur de terre végétale de recouvrement inférieure ou égale aux 20 cm exigés dans la norme XP DTU 64.1.
- Le niveau de terre végétale de recouvrement recouvrant un massif est lié à la topographie du terrain naturel.
- La hauteur de terre végétale de recouvrement recouvrant le filtre n'a aucune influence sur l'oxygénation de la couche de sable.

8.3.3 Présence de géotextile

Le géotextile est utilisé comme un anti contaminant. Il permet d'éviter à la terre végétale de recouvrement de migrer dans les graviers. La présence du géotextile entre la terre végétale de recouvrement et les graviers a été vue par la caméra pour 95% des sites. Pour les 5% restant, les photos de l'interface Terre végétale de recouvrement /Gravier n'ont pas pu être faite à cause du pas de vis des tiges d'endoscope qui occulte cette zone du massif.



Photos : tiges creuses pour le passage de l'endoscope

L'absence de visualisation est liée au mode opératoire pour la réalisation des sondages endoscope. Il a été amélioré depuis l'étude d'industrialisation afin de visualiser systématiquement la zone de transition.

Comme la zone n'a pas été vue il est impossible de confirmer ou non la présence du géotextile.

Pour tous les sites où l'interface terre végétale de recouvrement /gravier a été vu lors du passage caméra, un géotextile est bien présent.

8.3.4 Le gravier

Pour ce paramètre la XP DTU 64.1 de 2007 stipule que la hauteur de gravier doit être d'au minimum de 10cm, sur laquelle repose les tuyaux d'épandage. Une couche de gravier de 10 cm est ensuite étalée de part et d'autres des tuyaux d'épandage pour les maintenir en place. La hauteur totale de gravier est donc de 20 cm minimum.

Hauteur de gravier

La répartition de l'ensemble des valeurs est représentée sur la figure suivante.

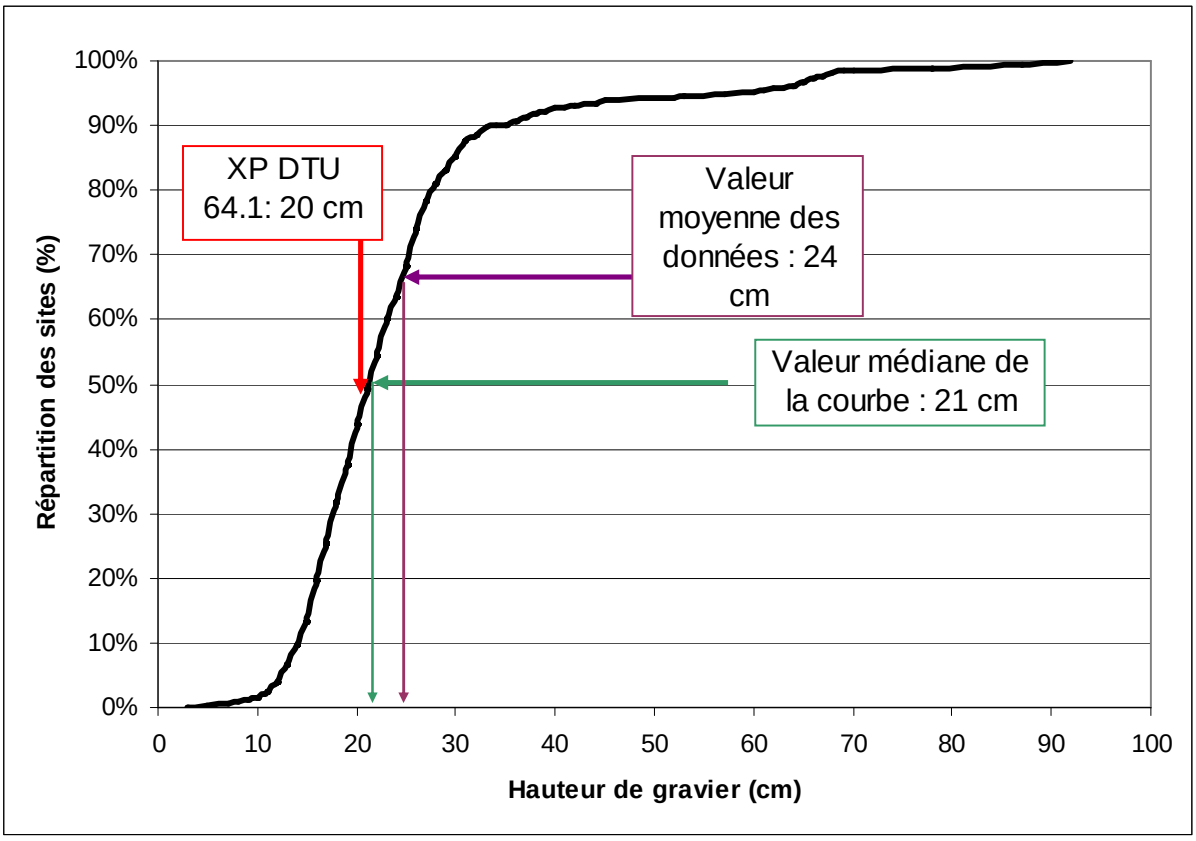


Figure 30 : Courbe percentile des hauteurs de gravier (répartition des différentes hauteurs obtenues)

Une majeure partie des sites possède une couche de gravier comprise entre 14 cm et 34 cm (respectivement borne des percentiles 10 et 90).

38 % des sites ont une couche de gravier moyenne inférieure aux 20 cm minimum exigés dans la norme XP DTU 64.1. La moyenne sur l'ensemble des données est de 24cm.

Ces résultats confirment que dans la pratique l'enfoncement du système qui est la conséquence de l'altimétrie des eaux usées prétraitées en sortie des fosses septiques n'est pas compensé par les graviers (comme le demande la norme) mais bien par la terre végétale de recouvrement présente sur le site.

De la même façon que pour la terre végétale de recouvrement nous pouvons regarder les résultats par département. Cela est présenté dans la figure suivante.

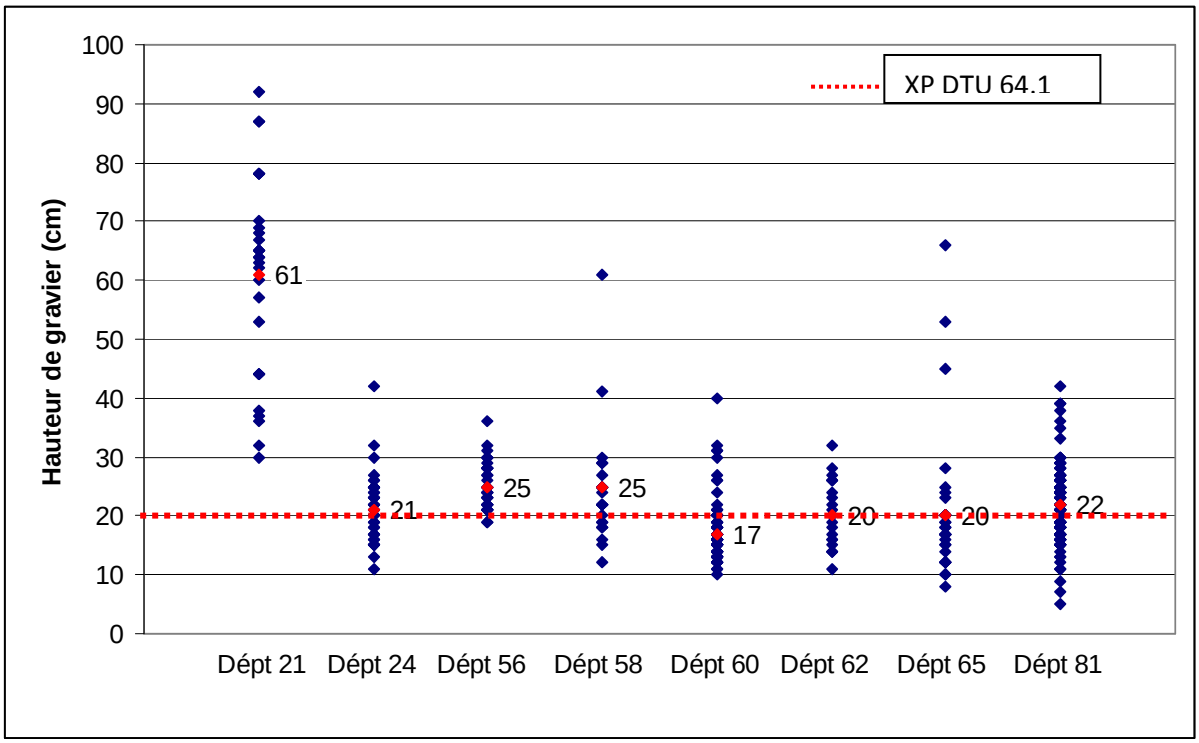


Figure 31 : hauteur moyenne de la couche de gravier par département(en rouge valeur moyenne par département)

Un département se détache des autres avec une valeur moyenne par site de 61 cm (département N°21). Pour les autres, les valeurs sont proches des 20 cm exigés par la norme XP DTU 64.1.

Pour le département 21, la hauteur de terre végétale de recouvrement moyenne est de 24 cm. La hauteur moyenne de gravier est de 61 cm. La mise en œuvre des sites diagnostiqués sur ce département respectent la norme en compensant l'enfoncement du système par des graviers et non par la terre végétale de recouvrement.

Variations de hauteurs de gravier sur un même site

Comme pour la terre végétale de recouvrement, la courbe précédente représente la moyenne des sondages par site. Des variations sur un même site peuvent être observées, et quantifiées. Ces résultats sont présentés sur la figure suivante.

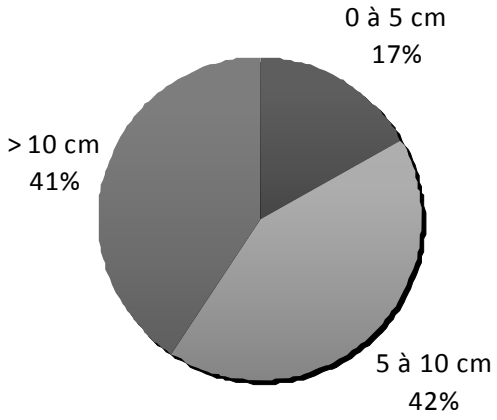


Figure 32 : Répartition des sites en fonction des variations de hauteur entre les sondages d'un même site

41 % des sites ont une différence de la hauteur de gravier supérieure à 10 cm entre les différents sondages. Les tuyaux reposent sur une couche de gravier de 10 cm d'épaisseur puis ils sont recouverts de gravier. Ces variations peuvent s'expliquer par la topographie du terrain naturel mais également pas une mise en place des graviers de recouvrements des tuyaux non homogène.

8.3.5 Le sable

Pour le sable les mesures INVESTIG'+® nous informent sur la hauteur de la couche mais également sur les caractéristiques granulométriques du sable en place. Rappelons que le sable est l'élément principal du système. Il est mis en place pour servir de support au développement de la biomasse épuratrice. Sa porosité doit en outre permettre une bonne circulation des gaz pour apporter suffisamment d'oxygène aux bactéries épuratrices. L'eau à traiter percole dans la couche de sable et l'épuration se réalise avec comme conséquence le développement de la biomasse dans la porosité.

Les caractéristiques exigées dans la norme doivent permettre d'obtenir une bonne qualité d'épuration tout en évitant une colonisation trop précoce du massif. L'état de santé du filtre est basé sur un équilibre fragile entre le développement de la biomasse assurant une bonne qualité d'épuration et le maintien d'une porosité suffisante pour permettre une bonne circulation de l'air au sein du massif.

8.3.5.1 La couche de sable

Hauteur de la couche de sable

La norme exige une hauteur de sable de 70 cm sur l'ensemble du massif. La figure suivante présente la répartition des hauteurs de sable sur l'ensemble des sites de l'étude.

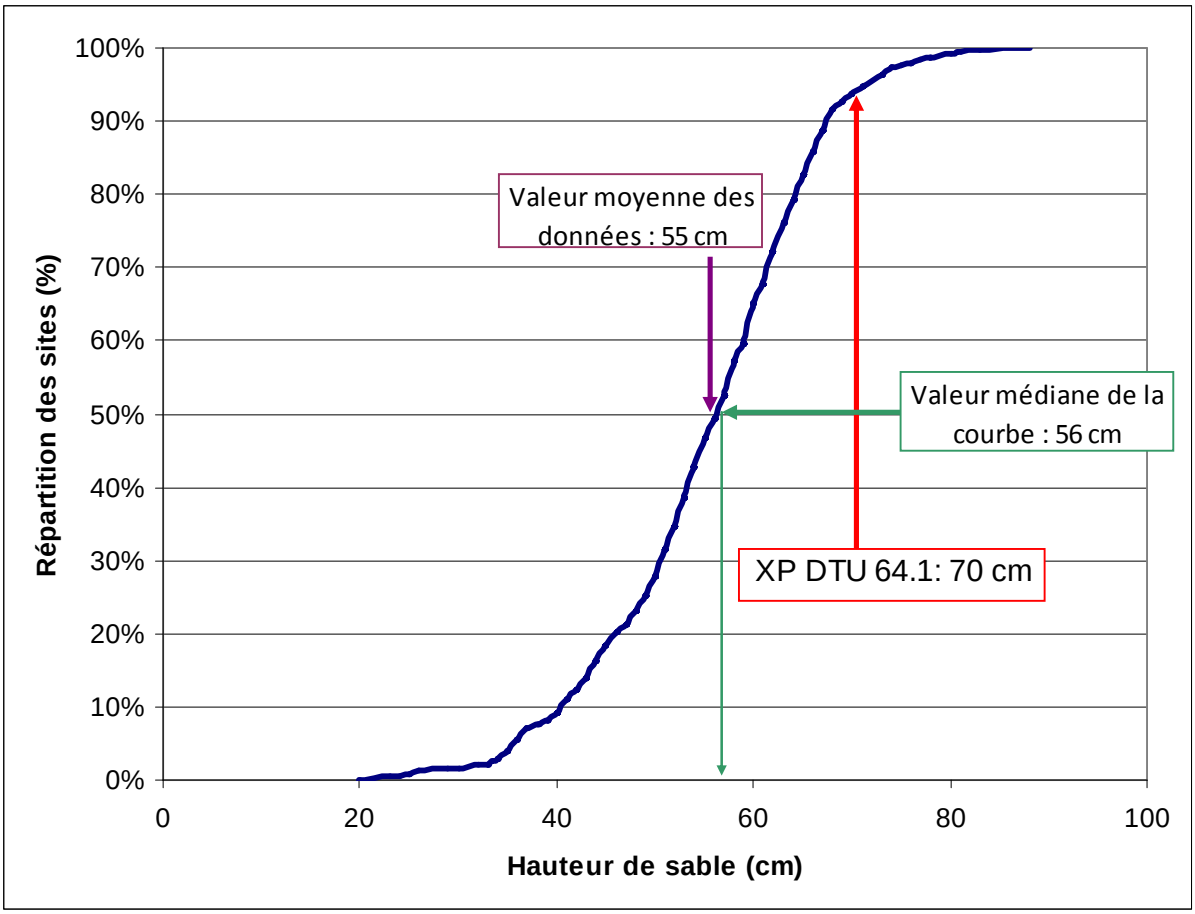


Figure 33 : Courbe percentile des hauteurs de sable (répartition des différentes hauteurs obtenues)

La majeure partie des sites ont une hauteur de sable comprise entre 40 cm et 67 cm (percentiles 10-90). Pour 50% des sites la hauteur de sable est inférieure à 56 cm.

La moyenne sur l'ensemble des données est de 55 cm.

Seulement 7% des sites ont une couche de sable supérieure ou égale à la valeur de la norme XP DTU 64.1.

Variation par département

Comme pour les deux paramètres précédents, les résultats sont détaillés par département. Ces résultats sont présentés dans la figure suivante.

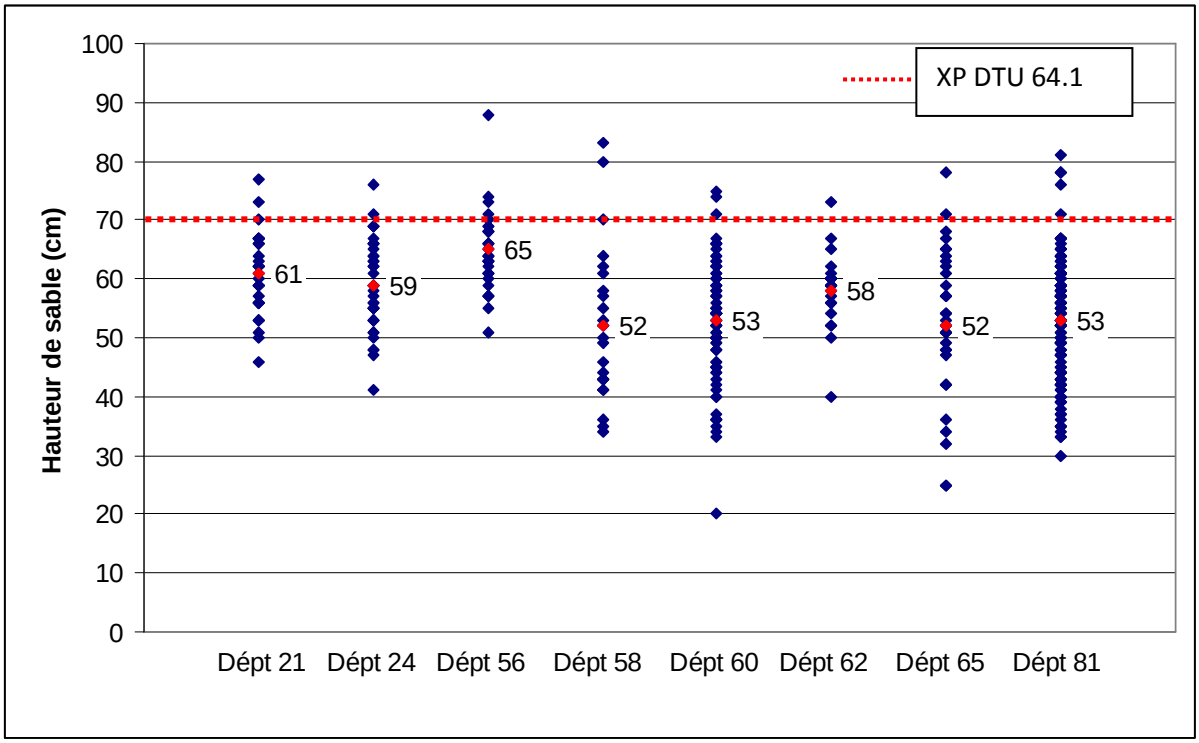


Figure 34 : hauteur moyenne de la couche de sable par filtre et par département(en rouge valeur XP DTU 64.1)

Les valeurs moyennes de hauteurs de couche de sable sont comprises entre 52 cm (Département 58 et 65) et 65 cm (Département 56).

Entre la valeur minimale et maximale mesurée par département les écarts sont de 31 cm (Département 21) à 55 cm (Département 60). Les hauteurs de couche de sable entre des sites construits dans un même département sont très variables.

Le retrait des valeurs extrêmes (10 % des valeurs fortes et 10% des valeurs faibles) ne modifie pas les valeurs des moyennes.

La variation de hauteur de sable pour les filtres au sein d'un même département est très importante et la valeur moyenne par département est inférieure aux 70 cm énoncé dans la norme.

Lien hauteur de la couche de sable / qualité de la nitrification

Les mesures simultanées de hauteur de sable et des bandelettes ont été réalisées sur 141 sites durant l'étude. La figure suivante représente le niveau de nitrification en fonction de la hauteur de sable.

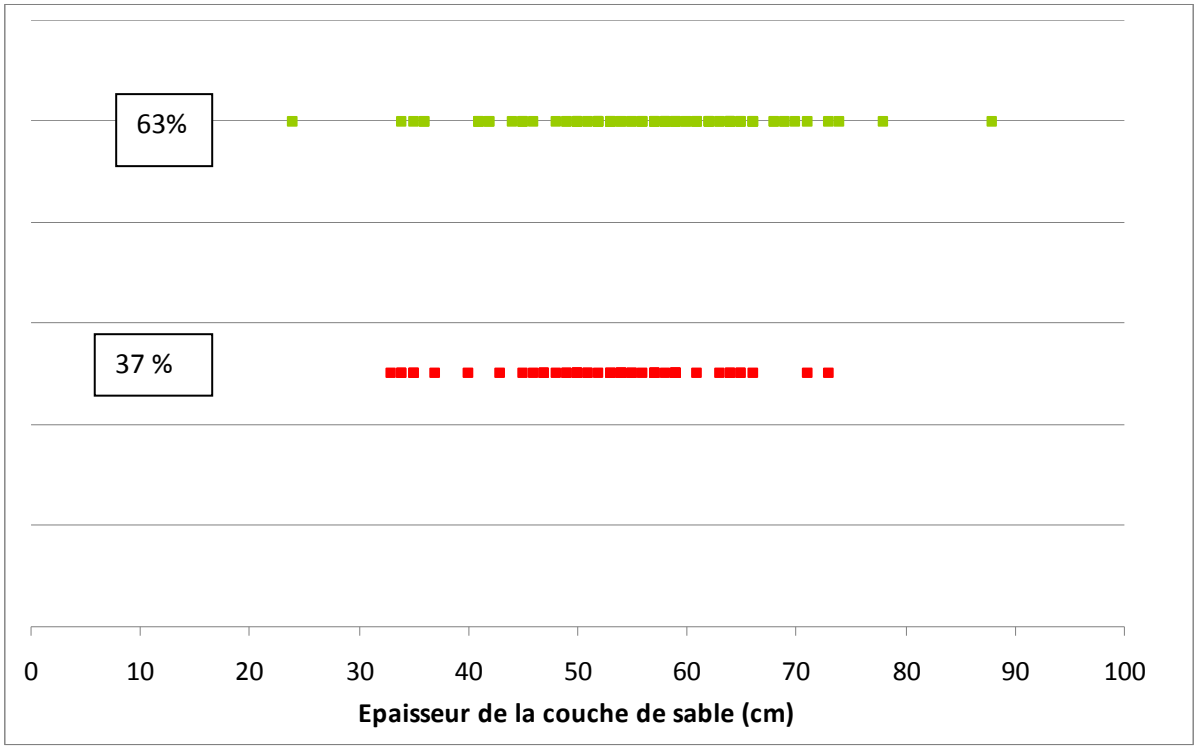


Figure 35 : relation entre la qualité de la nitrification et les hauteurs de sable (En rouge nitrification médiocre, en vert bonne nitrification).

Pour 63 % des sites où la qualité de la nitrification est bonne, la hauteur de la couche de sable varie entre 24 et 88 cm. Pour 37 % où la qualité de la nitrification est médiocre, la hauteur de sable varie de 33 à 73 cm.

On en déduit que la qualité de la nitrification n'est pas dépendante de la hauteur de sable présente dans le massif.

Variation hauteur de sable sur un même site

Les résultats sont présentés dans la figure suivante.

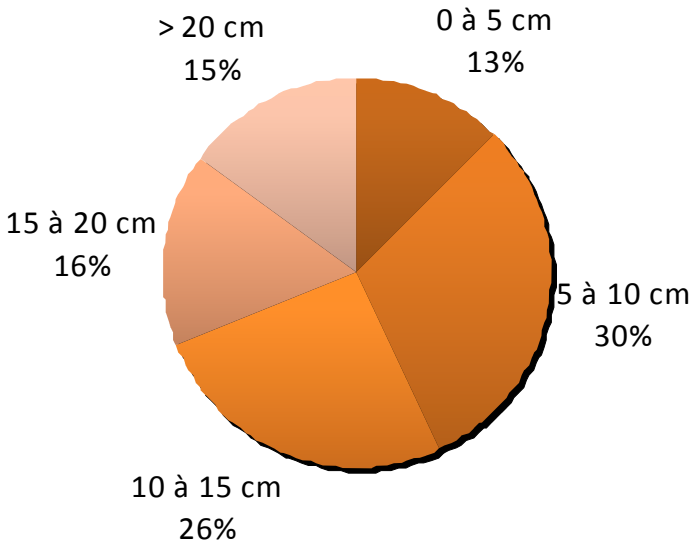


Figure 36 : Répartition des sites en fonction des variations de hauteur entre les sondages d'un même site

Pour 43% des sites les variations de hauteur de la couche de sable sur un même filtre sont inférieures à 10 cm. Cela peut s'expliquer par les tassements hydrauliques liés à l'alimentation du massif (tassement jusqu'à 6 centimètres observés sur un pilote –Présentation Cemagref 5ème Assises National de l'assainissement non collectif).

Les variations mesurées pour les 57% restants sont trop élevées pour être liées à un tassement hydraulique. Selon la norme, le fond de fouille doit être horizontal et recouvert de 70 cm de sable. La hauteur doit être identique sur toute la surface du filtre. Ces variations de hauteurs sont présentes depuis la construction du filtre puisqu'aucun élément lié au fonctionnement du système ne peut l'expliquer.

On peut en déduire que les fortes variations de hauteurs de sable (> 10 cm) mesurées sur un même massif sont lié à la mise en œuvre du filtre et non à son alimentation.

Relation surface/volume

Nous avons regardé précédemment les surfaces des filtres. Dans la pratique, pour la construction d'un massif filtrant la fouille est effectuée selon le dimensionnement imposé dans l'arrêté de 2009 et donc si l'on considère la surface du filtre et la hauteur de sable, on en déduit un volume de sable à mettre en place. Volume = Surface x hauteur de sable

Selon le document de référence : Volume = 5m²/PP x 0.7 cm

Au vu des mesures effectuées nous pouvons regarder ce paramètre sur les sites où la surface, les PP et les hauteurs de sable sont connues. Cela représente 165 sites de notre étude.

Les résultats sont présentés en deux temps. Dans un premier temps sur les 165 sites ceux qui respectent le document de référence par rapport à la hauteur de sable et dans un deuxième temps sur les 165 sites toujours ceux qui respectent le volume théorique qui doit être présent.

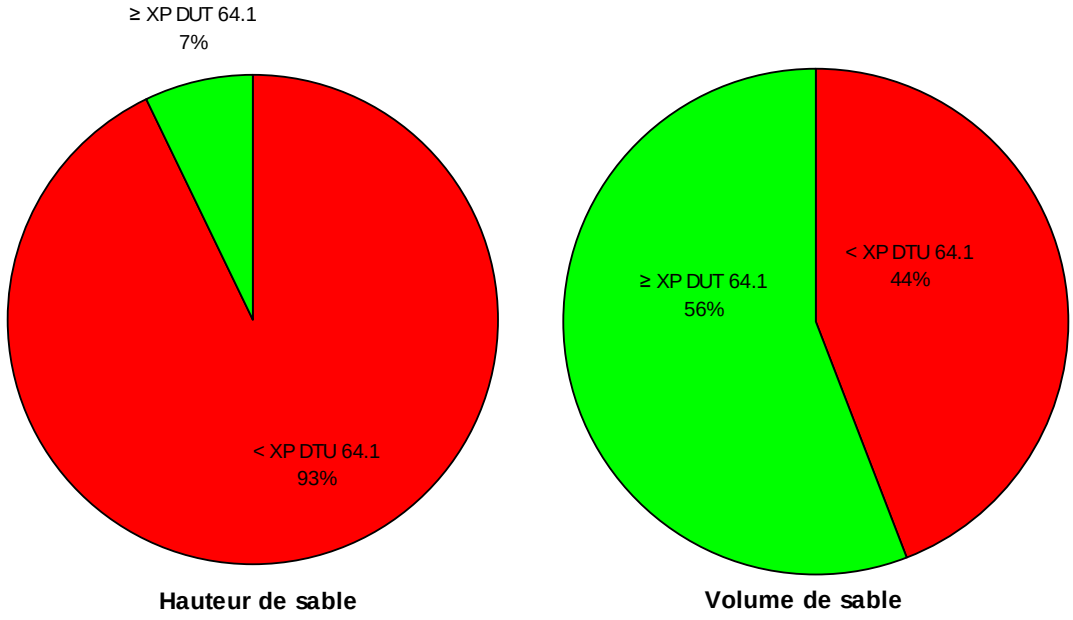


Figure 37 : Comparaison hauteur de sable et volume de sable par rapport aux valeurs de référence sur 165 sites.

Seulement 7% des massifs ont une hauteur de sable supérieure ou égale aux 70 cm données dans le document

Par contre 56% de ces mêmes filtres ont un volume de sable présent qui correspond au volume théorique.

La différence entre ces deux valeurs (56% volume respecté et 7% de hauteur respectée) soit 49%, les filtres ont des volumes théoriques mais sur une hauteur inférieure. Selon la formule pour calculer le volume de sable (Volume= Surface *Hauteur) si le volume reste identique mais que la hauteur diminue alors la surface doit augmenter. Pour ces filtres la surface est supérieure à celle prévue par le dimensionnement et la hauteur de sable est inférieure à celle décrite dans la norme.

<u>En résumé sur la hauteur de sable</u>

- Seulement 15% des filtres ont une hauteur au moins égale à ce que la norme demande.
- Dans 57% des cas lors de la mise en œuvre la hauteur de la couche de sable n'était pas homogène sur l'ensemble du massif

- Pour 80 sites les hauteurs de sable sont inférieures à celle de la norme car le volume correspondant au dimensionnement est réparti sur une plus grande surface (fouilles élargies).

- La hauteur de sable constituant le massif filtrant n'a aucune influence sur la qualité de la nitrification

8.3.5.2 *Caractéristiques du sable*

Ces informations sont extraites des courbes granulométriques recomposées à partir des images acquises par l'endoscope. Ces courbes ont été reconstituées pour 362 sites sur l'ensemble de l'étude. La courbe minimale et maximale des sites sont reportée sur la figure suivante.

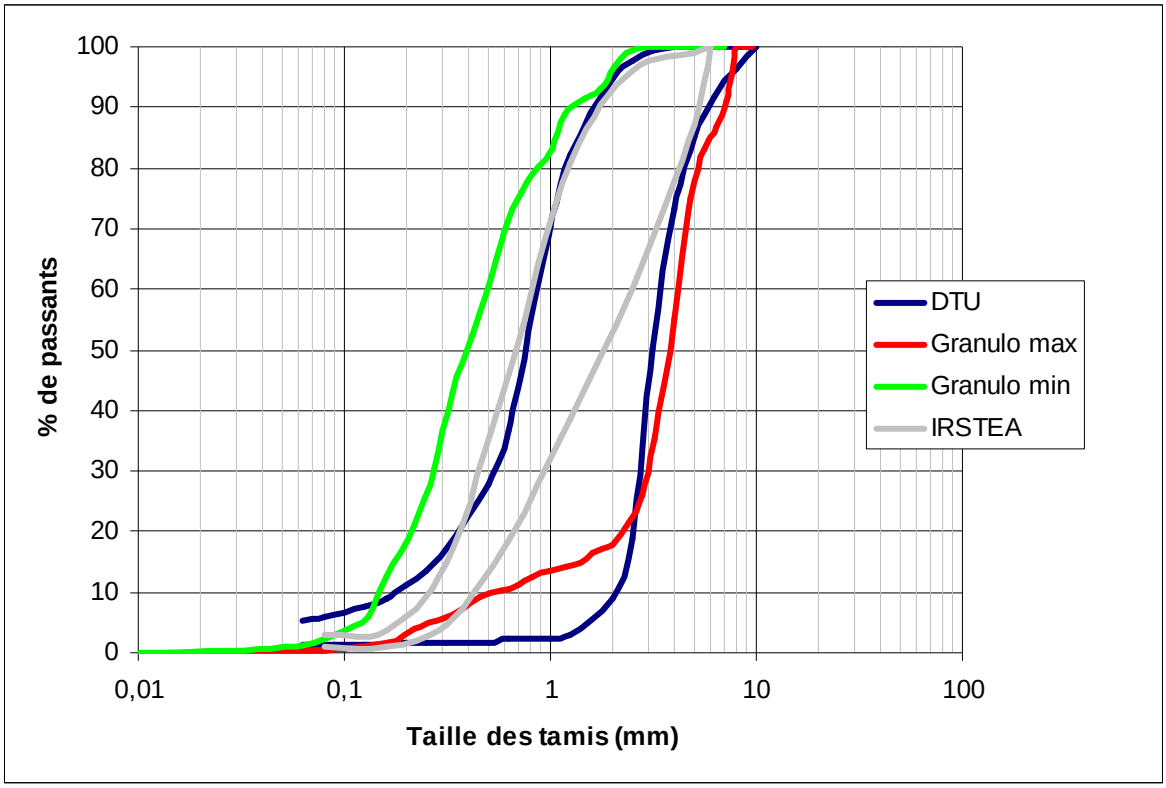
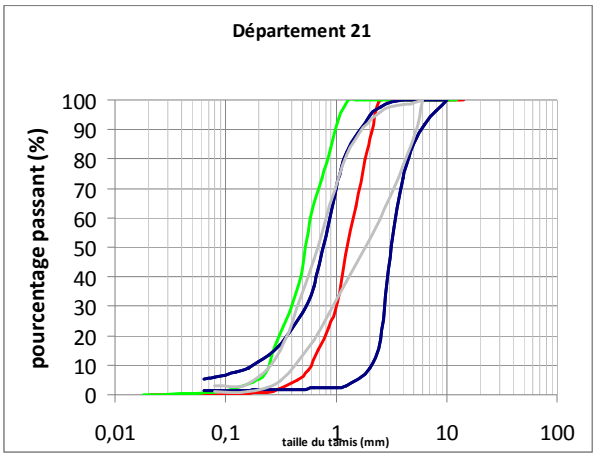


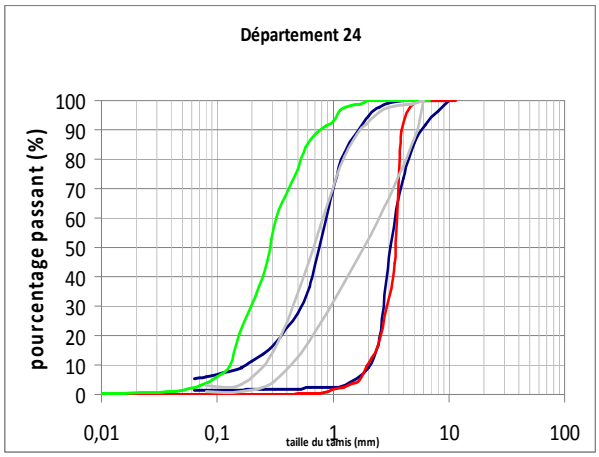
Figure 38 : Courbe granulométrique minimale et maximale des sites diagnostiqués pendant l'étude (Courbe bleu XP DTU 64.1, courbe grise IRSTEA)

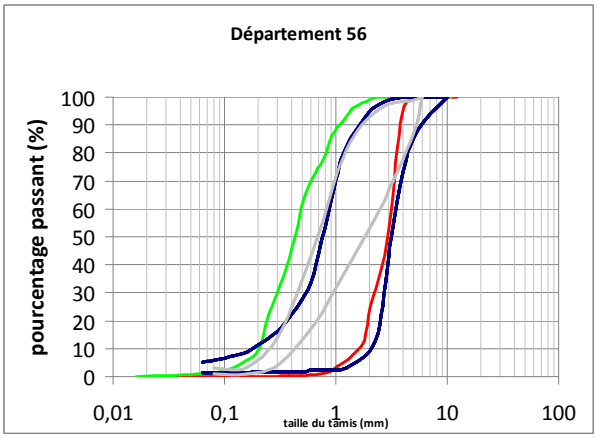
La variation des courbes granulométriques obtenues à partir des images est très importante. La courbe verte représente un massif composé de particules plus fines que la courbe de référence de l'XP DTU 64.1. Ce filtre est construit dans le département 24 en 2009, il est alimenté par les 3 occupants de la maison. Sa qualité de nitrification constatée est bonne. La courbe rouge représente un massif composé de particules plus grosses que la courbe de référence. C'est un filtre construit dans le département 76 en 2008, avec 1 seul occupant dans la maison. La qualité de nitrification constatée pour ce filtre est médiocre.

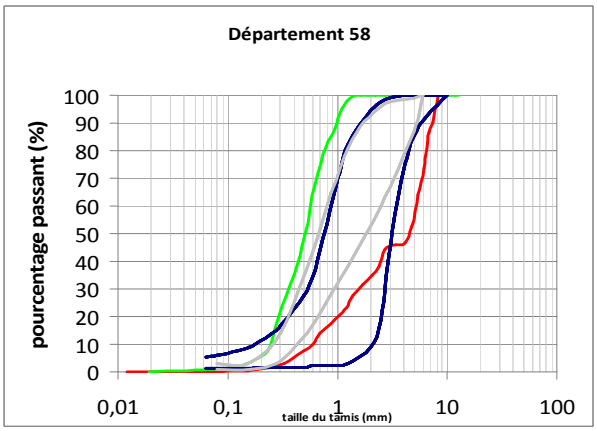
Ces deux courbes illustrent que la qualité de la nitrification n'est pas liée uniquement à la porosité du massif. Un massif constitué d'un sable avec une courbe granulométrique composée de gros grains (courbe de droite) possède une forte porosité cependant la qualité de la nitrification est médiocre. Une bonne circulation de l'air dans le massif ne suffit pas à assurer une bonne qualité de nitrification, donc d'autres éléments ont un impact sur la qualité de la dégradation des formes azotées.

Ces courbes minimales et maximales peuvent être établies pour quelques départements.









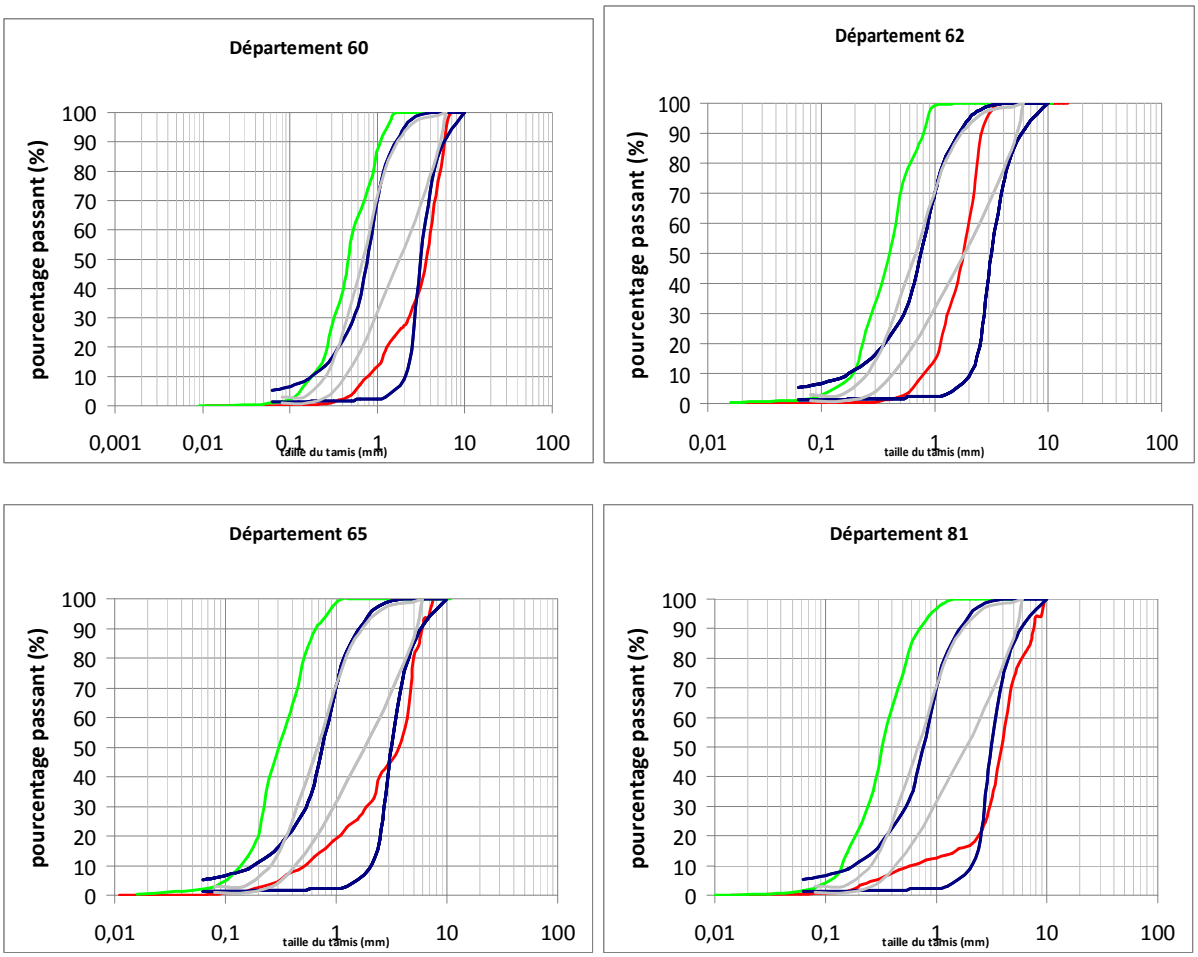


Figure 39 : Courbe granulométrique minimale et maximale pour chaque département.(en bleu fuseau XP DTU 64.1, en rouge la maximale, en vert la minimale).

Globalement, dans tous les départements où nous avons conduit des investigations, des sables de granulométrie non conforme à la norme XPDTU64.1 sont rencontrés, ce qui pourrait signifier que les carrières n'ont pas une qualité suffisamment suivie des fuseaux granulométriques de leurs sables. Les raisons de ces hétérogénéités locales des sables sont à rechercher, car cela remet en question le potentiel à traiter des eaux usées prétraitées de ces filtres à sable.

Plusieurs paramètres peuvent être issus des ces courbes granulométriques :

- Le d_{10}

Les courbes granulométriques du sable en place doivent être comprises dans le fuseau de référence. La valeur du d_{10} est issue des courbes granulométriques obtenues par les images. En regardant uniquement cette valeur nous pouvons connaître le nombre de sites qui respectent l'XP DTU 64.1.

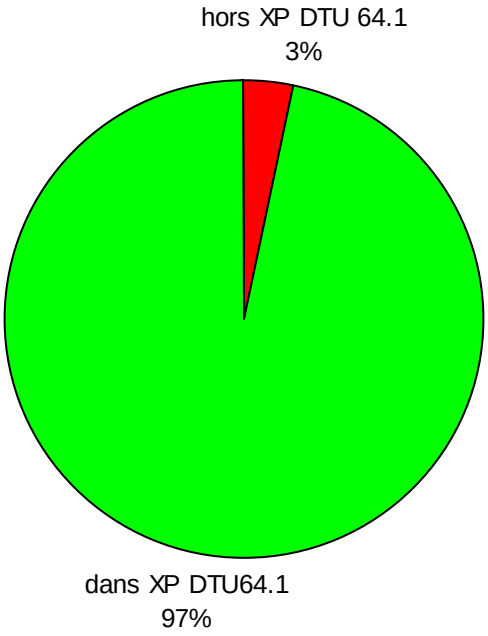


Figure 40 : Répartition des sites pour la valeur de d_{10}.

97% des sites ont un d_{10} compris dans l'intervalle de valeur du fuseau XP DTU 64.1.

Deux autres éléments sont à regarder également mais ils correspondent seulement à des recommandations et non à des exigences.

- Pourcentage de fines

Pour les paramètres de pourcentage des fines, le document notifie que la valeur doit être inférieure à 3%. 100% des sites où les mesures ont été effectuées respectent cette recommandation.

- Coefficient d'uniformité

Le CU est notifié dans l'annexe de l'XP DTU 64.1 de 2007. Il doit être compris entre 3 et 6. Cette valeur garantie une bonne homogénéité des grains de sable qui compose le sable filtrant mis en place.

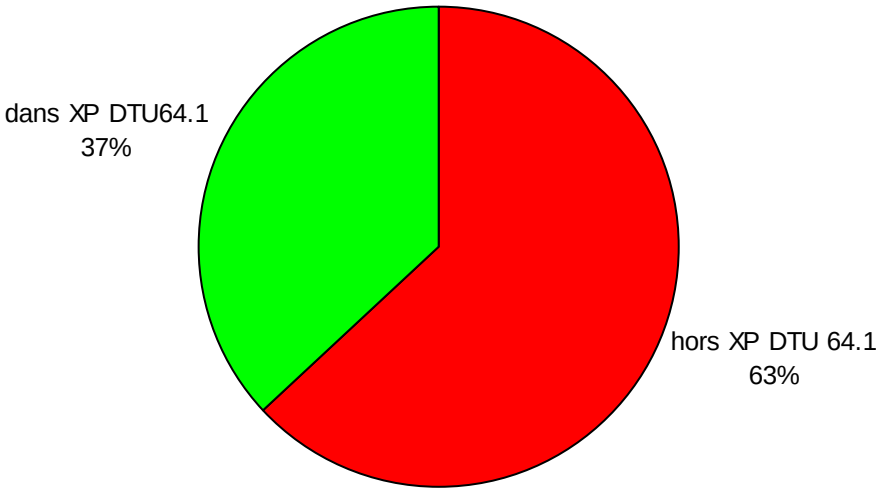


Figure 41 : Répartition des sites pour la valeur de CU.

Seul 37% des sables des sites de l'étude ont un CU compris dans l'intervalle notifié dans l'annexe du document de référence.

L'ensemble des valeurs peuvent être représentées en courbe percentile.

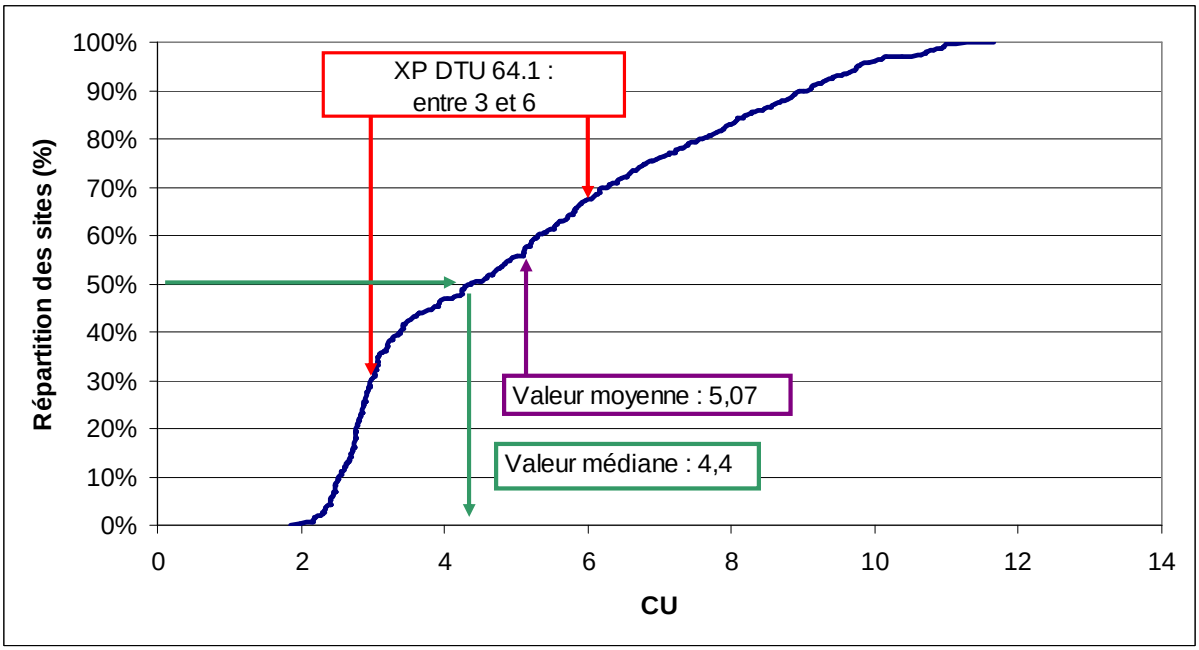


Figure 42 : Répartition des sites par rapport à la valeur de CU

Une majeure partie des valeurs de CU sont comprises entre 2,53 et 9,13 (Percentiles 10-90)

Pour 30% des sites le CU est inférieur à 3. Pour ces sables, la taille de l'ensemble des grains est très homogène. A l'inverse pour les 33% des sites où le CU est supérieur à 6, les grains composants le sable ont des tailles très différentes.

La valeur moyenne est de 5.07. Cette valeur ne représente pas la réalité des variations des CU sur l'ensemble des sites. En effet le mélange de sable à fort CU et à faible CU ramène à une valeur moyenne sans signification.

Le sable utilisé pour la construction des filtres est produit par des entreprises (carriers) qui ne se fournissent pas dans les mêmes zones géographiques (sable extrait de différents fleuves et rivières françaises). Nous pouvons regarder les résultats par département.

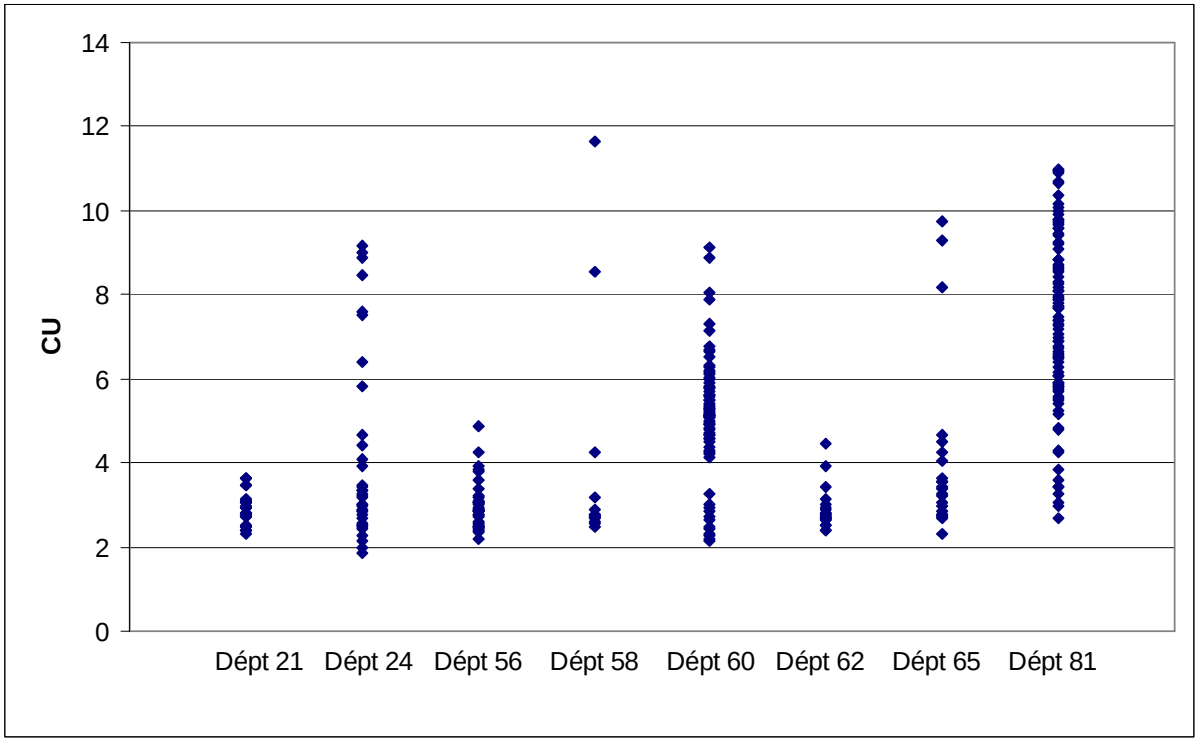


Figure 43 : Valeur moyenne des CU par département(en rouge la moyenne par département)

Pour 5 départements les valeurs de CU sont regroupés (Département 21, 56, 58, 62, 65) Cela peut signifier que les sables ont la même origine.

Pour les 3 autres départements (24, 60 et 81) les CU sont très éparpillés. Cela peut être lié aux fournisseurs (les carriers) de ces départements. Les sites que nous avons diagnostiqué peuvent avoir été construit avec du sable issu de différents fournisseurs.

Relation entre CU et qualité de nitrification

Les deux paramètres ont été mesurés sur 129 sites. La classification se fait en fonction des résultats obtenus sur la nitrification (bonne ou médiocre). Les résultats sont présentés dans le tableau suivant.

Valeurs du CU	Répartition des sites de l'étude	Mauvaise nitrification	Bonne nitrification
Entre 3 et 6	37%	22 %	78 %
<3 et >6	63%	45 %	55 %

Tableau 9 : relation entre les performances épuratoires estimées par bandelette et les valeurs de CU.

1/5 des sites à une mauvaise nitrification quand la valeur du CU est compris entre 3 et 6. Ce rapport passe à ½ quand la valeur du CU est supérieure à 6 ou inférieure à 3.

Cela montre que le CU a une influence sur la qualité de la nitrification.

En résumé sur les caractéristiques du sable

- Pour 100% des sites la recommandation de teneur en fines <3% dans le sable est respectée.
- Pour 97% des sites, la valeur du d_{10} extraite des courbes granulométriques reconstituées se trouve dans le fuseau de la norme
- Pour seulement 37% des sites le CU des courbes granulométriques reconstituées respectent la recommandation d'être compris entre 3 et 6.
- Le pourcentage de filtres avec une bonne qualité de nitrification est plus important quand le CU est compris entre 3 et 6.

8.4 Mesures in situ associés au fonctionnement épuratoire du massif

Les capacités de dégradation de la pollution dans les filtres sont basées sur l'activité épuratrice d'une biomasse qui se développe sur les grains de sable.

La mise en place de cette biomasse et sa croissance correspondent à la colonisation du massif. Cette colonisation est recherchée car la croissance bactérienne est la conséquence logique de l'épuration.

8.4.1 Évaluation du fonctionnement des massifs

Pour évaluer le fonctionnement de ces massifs nous avons défini 4 paramètres :

- le niveau de colonisation : il correspond à l'occupation de l'espace entre les grains (réduction de la porosité). Plus la colonisation est importante plus la porosité diminue réduisant les capacités d'infiltration du massif jusqu'à atteindre une colonisation totale où l'infiltration sera impossible.

- le niveau de saturation en eau : L'eau usée percole dans le massif filtrant. En cas de dégradation des conditions d'infiltration l'eau a plus de difficulté à traverser le massif. Cela est visible lors du passage de la caméra.
- la teneur en oxygène qui permet de localiser les zones en activité sur le filtre. En effet la biomasse épuratrice consomme de l'oxygène pour dégrader la pollution carbonée et azotée.
- la perméabilité initiale du massif qui correspond à la capacité d'infiltration du massif dans le sable propre.

Ces mesures sont effectuées sur les 4 sondages. La localisation des points de sondages sur le filtre, permet de juger de l'équilibre de l'alimentation.

La mesure des différents paramètres est effectuée par des outils différents :

- Niveau de colonisation : Visualisation avec l'endoscope Interprétation des images au moment de la mesure
- Niveau de saturation : Visualisation avec l'endoscope Interprétation des images au moment de la mesure
- Teneur en oxygène : Mesure avec l'analyseur de gaz (Dräger). Interprétation des résultats au moment de la mesure.
- Perméabilité : Valeurs obtenues en associant les mesures Pénétromètre et Endoscope (courbe granulométrique)

Pour les FASVD une mesure des concentrations des formes azotées par les tests bandelettes nous permet de définir la qualité de nitrification.

8.4.2 La colonisation

La colonisation est dépendante de plusieurs paramètres : la charge polluante reçue, le sable en place, la répartition de l'alimentation, les séquences d'alimentation et de repos, etc. Elle est la conséquence du développement de la biomasse épuratrice qui finit par boucher entièrement la porosité initiale du massif. L'eau à traiter ne peut plus s'infiltrer et la zone devient inutilisable.

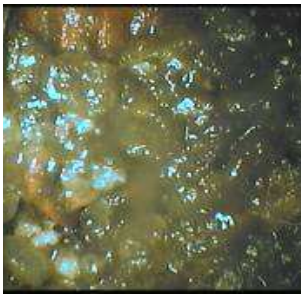
Pour nos mesures nous avons défini trois niveaux de colonisation :

- Néant : pas de colonisation visible
- Partiel : trace de colonisation, l'espace libre entre les grains de sable n'est pas totalement occupée
- Total : Plus d'espace libre entre les grains de sable

Etat et niveau de colonisation :

Colonisation non visible

Colonisation Partielle



Colonisation Totale

Une colonisation partielle tend à évoluer en colonisation totale.

Pour visualiser les résultats obtenus sur les sites de l'étude, nous avons choisi de regrouper les constats de colonisations « partielles » et « totales ». Par contre, lors d'un diagnostic, et en fonction du niveau de colonisation observé, l'interprétation et les conclusions seront bien différenciées.

La figure suivante classe les sites selon le nombre de sondage colmaté sur les 4 effectués sur le même massif. La localisation du ou des sondages colmatés n'est pas précisé sur cette figure.

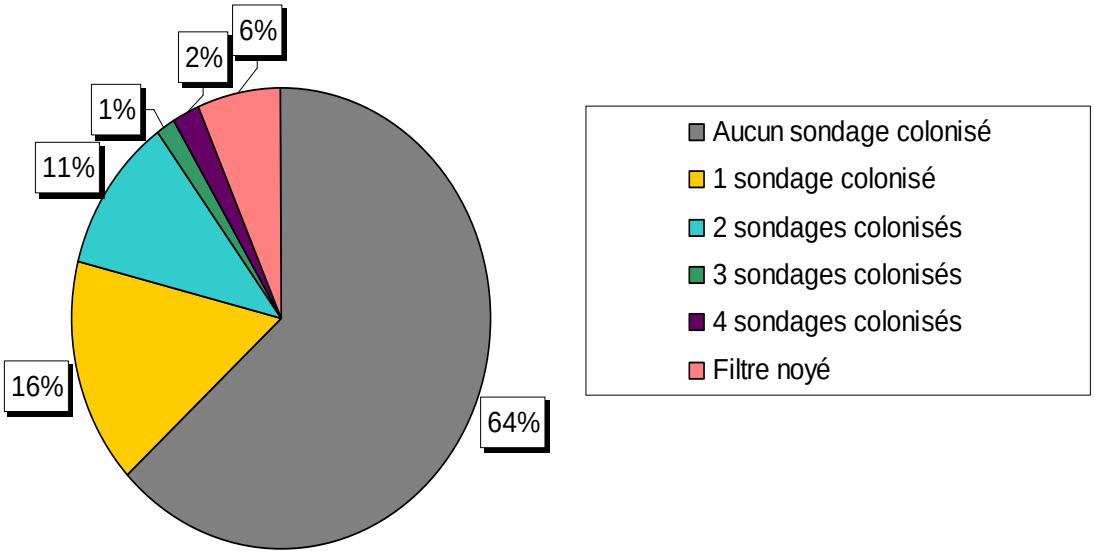


Figure 44 : Répartition des sites selon leur niveau de colonisation.

L'ensemble des résultats est regroupé dans 6 catégories. Les paragraphes suivants détaillent les résultats obtenus pour chaque catégorie.

- Pour 64% des sites, aucun sondage ne montre de signe de colmatage. Nous ne savons pas au moment du diagnostic si les filtres sont en activité ou au repos, cependant dans cette

catégorie, la colonisation bactérienne n'est pas visible. On en déduit qu'ils ne présentent pas de zones qui dysfonctionnent.

- Pour 16% des sites, une colonisation est visible sur 1 des 4 sondages. Cela prouve que l'alimentation du filtre est déséquilibrée puisque un seul point montre des signes de colonisation (un point suralimenté par rapport aux 3 autres). Ce déséquilibre peut s'expliquer par un mouvement, pendant ou après la construction du filtre, des drains de répartitions. Ce dysfonctionnement a des conséquences sur la durée de vie du massif, en empêchant l'utilisation correct de la surface disponible.

  Sur les 69 sites dont un sondage est colonisé:

  - 29 sites présentent un déséquilibre de la répartition de l'effluent qui favorise une suralimentation de la zone amont droite du filtre,
  - 31 ont un déséquilibre sur la zone amont gauche.
  - 9 sites sont colmatés sur les zones en aval de l'alimentation, ce qui signifie que l'eau usée vient alimenter directement la partie aval du filtre. Ceci réduit considérablement la surface prévue pour l'épuration car on imagine mal comment l'eau pourrait revenir alimenter la partie amont du filtre, même lorsque la partie aval sera totalement colonisée.

- 11% des sites ont 2 sondages qui présentent des signes de colonisations.

  - Pour 36 sites cela correspond aux deux sondages amont. Cela confirme que l'alimentation gravitaire au fil de l'eau des effluents ne permet pas une répartition homogène sur l'ensemble du massif.
  - Pour les autres sites (12 sites) ce sont les deux sondages à droite ou les deux sondages à gauche sur lesquels nous avons vu des signes de colonisation. Ce confirme que le réseau de distribution est déséquilibré et que l'alimentation du filtre ne se fait que d'un seul côté.

- 3% des filtres sont colonisés sur 3 ou 4 sondages ce qui correspond à des filtres proches de leur fin de vie. Lorsque l'ensemble des sondages seront colonisés, rapidement l'infiltration deviendra impossible.

- 6% des filtres sont noyés. Pour ces filtres l'eau ne peut plus s'infiltrer dans le massif et l'épuration ne se fait donc pas.

En résumé, 22% des filtres diagnostiqués ont une alimentation déséquilibrée. Cela représente 60% des filtres pour lesquels on peut dire quelque chose (c'est-à-dire si l'on exclu les filtres ou aucune colonisation n'est visible donc pour lesquels nous ne pouvons pas constater de déséquilibres du réseau de distribution)

Le mode d'alimentation des massifs filtrants est un des éléments majeurs des systèmes. 100% des sites diagnostiqués sont alimentés par une distribution gravitaire au fil de l'eau. Les résultats observés sur le niveau de colonisation nous montrent que la répartition des eaux usées à traiter n'est pas homogène sur l'ensemble du massif.

Des « alternatives » existent à l'alimentation gravitaire. Des chasses à augets ou des pompes permettent d'alimenter le système par bâchée avec une quantité d'eau suffisamment importante pour qu'elle se répartisse sur l'ensemble du massif. La norme autorise ces systèmes d'alimentation séquentielle pour l'optimisation de la répartition de l'effluent sur les massifs.

8.4.3 La saturation

La saturation définit la quantité d'eau présente dans le sondage. L'eau doit naturellement percoler dans le massif. La présence d'eau entre les grains signifie que la percolation est difficile voire impossible.

Pour nos mesures nous avons défini quatre niveaux de saturation :

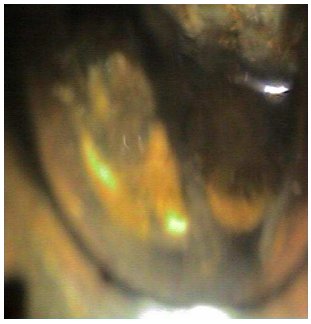
- Sec : Sable qui n'a jamais reçu d'eau
- Néant : pas d'eau visible entre les grains
- Partiel : eau visible entre les grains mais l'eau ruisselle
- Total : sondage noyé totalement : la présence d'un ménisque sur les images indique que la circulation des l'eau est interrompue

Niveau de saturation :

Sec

Néant

Partiel



Total

Pour visualiser les résultats obtenus sur les sites de l'étude, nous avons choisi de regrouper les saturations « partielles » et « totales ». La figure suivante classe les sites selon le nombre de sondage saturés sur les 4 effectués sur le même site. La localisation du ou des sondages saturés n'est pas précisé sur cette figure.

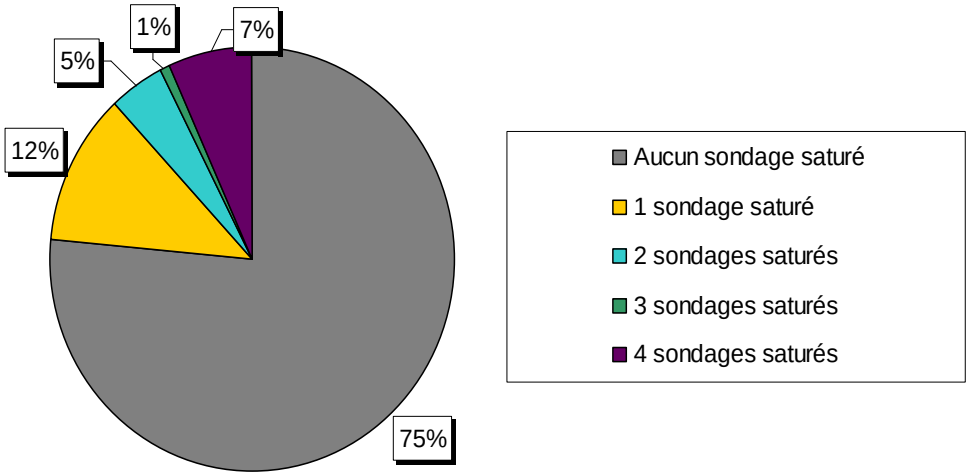


Figure 45 : Répartition des sites selon leur niveau de saturation

Pour cette figure nous n'avons pas différencié les sondages partiellement saturés de ceux totalement saturés (noyés). La visualisation d'eau dans les sondages met en évidence que l'infiltration se fait difficilement (sondage partiellement saturé) voire ne se fait plus (sondage totalement saturé). Dans les deux cas pour le sondage où la saturation est visible l'épuration des eaux à traiter ne peut pas s'effectuer. Cette zone est inutilisable pour la dégradation de la pollution.

Pour 75% des filtres aucune saturation n'est visible.

En revanche pour les 25% restant, des zones du massif sont devenues inutilisables pour l'épuration. Plus le nombre de sondage où la saturation est visible est important sur un site, plus la zone où l'épuration peut se faire est réduite. Quand il n'y a plus de zones disponibles pour l'épuration le massif n'est plus en état de fonctionner. Pour 7 % des sites nous avons visualisé une présence de saturation sur les 4 sondages. Ces massifs sont inefficaces pour épurer les eaux de sortie de fosse septique.

L'observation du niveau de saturation confirme que les systèmes de distribution peuvent être déséquilibrés et l'alimentation gravitaire ne permet pas une répartition homogène de l'eau usée à traiter sur l'ensemble du massif.

8.4.4 Les mesures d'oxygène

Les mesures d'oxygène nous permettent de connaitre la teneur en gaz au cœur du massif au moment de la mesure. Cette teneur en gaz est associée à la dégradation de la pollution carbonée et azotée par la biomasse épuratrice. Les valeurs mesurées nous permettent de localiser les zones en activité.

Pour ce paramètre une échelle de notation qui possède 4 niveaux a été définie. Elle est basée sur les études que nous avons effectuées en laboratoire. Noter que La valeur à saturation pour l'oxygène atmosphérique est de 20.9%:

- Teneur en oxygène à saturation (20.9 %) : Représente une zone qui n'a pas d'activité biologique. Cette zone n'est pas alimentée par de l'eau usée à traiter.
- Teneur en oxygène entre 20,8% et 10% : Représente une zone qui a une activité biologique équilibrée (biomasse active et renouvellement efficace)
- Teneur en oxygène entre 10% et 5 % : Représente une zone où l'activité biologique se dégrade (biomasse active et renouvellement difficile)
- Teneur en oxygène < 5 % : Représente une zone où l'activité biologique est déséquilibrée (biomasse active et renouvellement impossible) Rapidement cette zone ne pourra plus être utilisée pour dégrader la pollution.

Pour comparer les sites nous allons classer les résultats en fonction du nombre de sondage pour lesquels la teneur en oxygène est inférieure à 10%. Les installations avec 4 sondages à 20,9% sont également représentées.

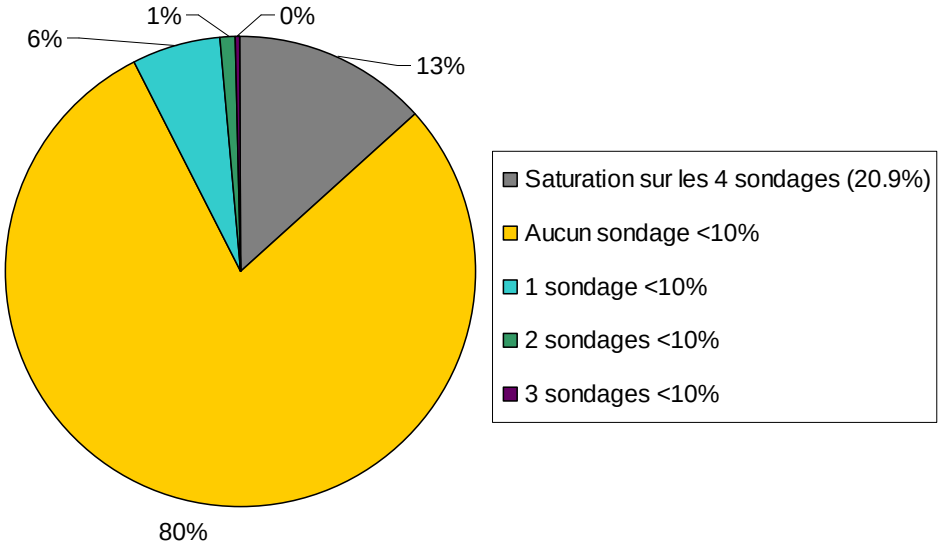


Figure 46 : Répartition des sites selon le teneur en oxygène sur les 4 sondages effectués sur un site.

13% des sites ne montrent aucun signe d'activité aux points de sondages. Cependant tous les filtres sont alimentés depuis plus de 6 mois. Comme nous avons vu précédemment la répartition des effluents n'est pas homogène sur l'ensemble du massif. Il est donc possible que l'infiltration se fasse en amont de nos points de mesures (qui se situent à 1m du regard de répartition).

80% des sites montrent des signes d'activité sur au moins un des quatre sondages. La biomasse est active mais le renouvellement d'air est toujours efficace.

Seulement 7 % (24 sites) ont au moins un sondage sur lequel l'activité de la biomasse et le renouvellement d'air n'est plus équilibré.

La mesure de gaz permet de localiser les zones en activité sur le filtre. Ces zones d'activité sont liées au fonctionnement de la biomasse qui consomme de l'oxygène pour oxyder la pollution carbonée et azotée. La mesure de teneur en oxygène permet de visualiser les déséquilibres bien avant que la colonisation atteigne un niveau visible par la caméra.

8.4.5 Les bandelettes

Les tests de bandelettes peuvent se faire uniquement sur les filtres drainés, et seulement quand des eaux de sortie sont présentes. Pour 36% des FASVD, de l'eau de sortie a pu être prélevée, cela correspond à 141 sites pendant l'étude. La figure suivante présente les résultats dans leur ensemble. Ils sont regroupés selon deux qualités de nitrification.

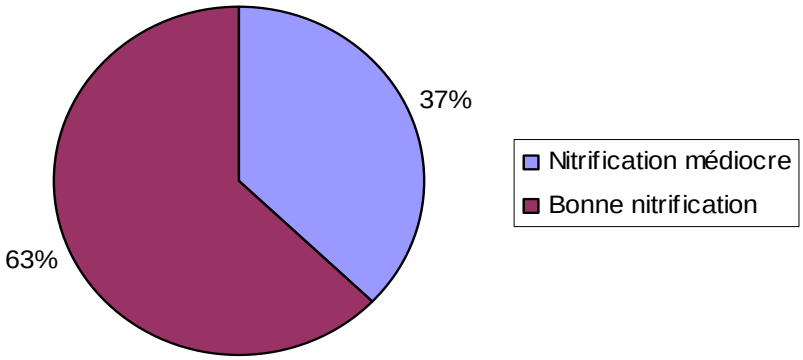


Figure 47 : Répartition des sites en fonction de leur niveau de nitrification.

63% des sites ont une bonne qualité de nitrification ce qui confirme que ces filtres sont dans de bonne condition pour fonctionner.

37% des sites ont une qualité de nitrification médiocre. Ces résultats mettent en évidence de mauvaises conditions d'oxygénation du massif.

L'oxygène présent dans le filtre est utilisé pour oxyder la matière carbone puis l'excédant d'oxygène est utilisé pour l'oxydation de l'ammoniac. Quand la qualité de la nitrification est bonne cela prouve que l'oxygène est en quantité suffisante pour permettre la dégradation de l'ammoniac. Quand la nitrification est mauvaise cela indique que l'oxygène n'est pas en quantité suffisante pour l'ammoniac donc peut être également insuffisant pour oxyder la matière carbonée.

Selon les résultats de l'étude, nous avons vu que la qualité de la nitrification ne dépend pas de la hauteur de la couche de sable composant le massif.

9 Enseignements issus des investigations INVESTIG'+®

Toutes les mesures présentées dans ce rapport sont issues de la campagne d'industrialisation d'INVESTIG'+® qui a été faite sur des sites en fonctionnement chez des particuliers.

Les mesures effectuées avec les outils INVESTIG'+® nous permettent de connaître de façon factuelle

- la composition et la mise en œuvre des massifs diagnostiqués.
- l'état de fonctionnement de ce système et leur niveau de vieillissement.

Les diagnostics effectués avec les outils sont donc issus de mesures réelles et non pas d'interprétation à partir des seuls éléments visibles à la surface du sol. Le diagnostic devient indiscutable car les éléments qui le composent ont été observés et mesurés de façon factuelle. Grâce à INVESTIG'+® nous pouvons nous engager sur les résultats obtenus lors des diagnostics.

Au-delà de la confirmation de la pertinence et de l'efficacité des mesures INVESTIG'+®, cette étude nous a permis d'obtenir les informations concernant la mise en œuvre et le fonctionnement de 473 filtres installés chez des particuliers dans la France entière. Nous avons pu observer la réalité des installations faites sur le terrain par rapport à la norme qui décrit les modalités de leur construction, mais également regarder l'influence des exigences de la norme sur les paramètres de fonctionnement des filtres.

Ce que l'on peut retenir :

3/4 des filtres sont largement surdimensionnés par rapport aux surfaces préconisées. Seulement 16% des filtres diagnostiqués ont un dimensionnement de 5m²/PP. Pour 74% cette valeur est supérieure à la valeur exigée par l'arrêté de septembre 2009. La moyenne sur l'ensemble des sites est de 7m²/PP.

97% des filtres ont un dimensionnement supérieure à 5m²/occupant. Le dernier arrêté du 7 mars 2012 modifiant l'arrêté du 7 septembre 2009 précise que la pièce principale correspond à un équivalent habitant, soit 5m²/EH. La moyenne mesurée sur l'ensemble des filtres atteint 15m²/occupant. Ces chiffres remettent en cause le dimensionnement, exigé par la réglementation pour ces systèmes, qui est inadapté à la réalité d'occupation des habitations rencontrée lors de notre étude.

Aucun filtre ne respecte la totalité des caractéristiques structurelles décrites dans la norme NF XP DTU 64-1. Concernant les hauteurs de matériaux, les valeurs sont définies dans la norme XP DTU 64.1. Seule la couche de gravier dans laquelle se trouve le réseau de distribution du filtre respecte la hauteur décrite dans la norme. La hauteur de terre végétale de recouvrement est majoritairement supérieure à la valeur exigée (96% des sites ont une couche de terre végétale de recouvrement supérieure à 20 cm). Quant à la hauteur de sable, elle est inférieure à celle exigée (Seulement 7% des sites ont une valeur supérieure ou égale au 70cm). Concernant les caractéristiques du sable mis en

place, la norme recommande que le coefficient d'uniformité soit compris entre 3 et 6 pour assurer une bonne uniformité du sable. Seul 37% des sites respectent cette recommandation.

Concernant les FASVD, pour 64% des sites diagnostiqués aucune présence d'eau n'a été vue au moment de la visite. L'absence d'eau en sortie ne peut s'expliquer que pas des problèmes d'étanchéité des massifs. Cela met en évidence des problèmes de mise en œuvre avec des conséquences directes de mauvaise protection du milieu naturel.

Avec une alimentation gravitaire, la répartition des effluents n'est pas homogène sur l'ensemble du filtre. Les mesures effectuées sur les paramètres de fonctionnement ont montrés que l'alimentation gravitaire ne permet pas de répartir de façon homogène sur l'ensemble du massif l'eau usée à traiter. Cette répartition est pourtant essentielle pour assurer le bon fonctionnement du filtre dans la durée. Le mode d'alimentation gravitaire doit être remplacé par des systèmes alternatifs qui garantissent une répartition homogène sur l'ensemble du filtre.

La mise en œuvre selon la norme ne permet pas de garantir la stabilité du réseau de distribution dans le temps. Les mesures effectuées sur les paramètres de fonctionnement ont mis en évidence des déséquilibres avérés au niveau de l'alimentation des systèmes. L'alimentation se fait de façon gravitaire par un système de distribution reposant sur le filtre à sable lui même. La boîte de répartition n'est pas fixée sur une base stabilisée. La déstabilisation du réseau de distribution entraîne une réduction de la surface utile du filtre pour l'épuration puisque des zones ne pourront plus être alimentées, ainsi que des zones suralimentées qui vont atteindre des états de colmatage précoce.

Certaines valeurs exigées ou recommandées dans la norme n'ont pas d'influence sur le fonctionnement du massif. Les résultats montrent que la hauteur de terre végétale de recouvrement n'a aucune influence sur la présence d'oxygène dans le massif. De plus les tests bandelettes effectués sur les eaux de sortie de filtre prouvent que la hauteur de sable dans le massif n'a pas d'influence sur la qualité de la nitrification.

1/3 des massifs n'atteignent pas une qualité de nitrification permettant de protéger le milieu naturel. Les résultats des tests bandelettes obtenues sur les FASVD où de l'eau en sortie a pu être prélevée montrent que 37% des filtres ne sont pas en bon état d'oxygénation pour permettre une dégradation de la pollution azotée. La dégradation de la pollution carbonée peut être mise en doute sur ces filières.

L'ensemble des résultats montrent que les performances des systèmes ne sont pas uniquement dépendantes des matériaux et que la construction a une influence importante sur les performances et la pérennité des massifs. Ainsi une attention particulière au système de distribution doit être apporte car il assure la répartition des eaux usées à traiter sur le filtre. Si cet élément ne fonctionne pas correctement les conséquences sont directement visibles sur la durée de vie du système.

Perspectives :

Au cours de l'industrialisation d'INVESTIG'+®, les outils ont été testés sur d'autres systèmes mis en place en assainissement non collectif (Tranchées d'épandage, filtres coco) mais également sur des systèmes en assainissement collectif constitués de massifs filtrants. Les adaptations des outils sur ces filières sont en cours. Déjà des mesures effectuées sont encourageantes, et un rapport complémentaire à celui-ci sur les « autres filières » sera bientôt disponible.