

PROJET UTF/MOR/023/MOR

**ASSISTANCE TECHNIQUE AU PROGRAMME
DE DÉVELOPPEMENT DE L'ALIMENTATION
EN EAU POTABLE RURALE ET DE
L'ASSAINISSEMENT**

Guide technique pour les systèmes d'assainissement autonome

Rapport provisoire – version 07

M. Raoul GRELA

Décembre 2004



Guide technique pour les systèmes conventionnels d'assainissement autonome

Sommaire

1	Introduction	10
2	Organisation du guide	11
3	Présentation des systèmes d'assainissement autonome développés dans ce guide.....	12
3.1	Présentation des filières conventionnelles d'assainissement autonome.	13
3.1.1	Fosse septique.....	14
3.1.2	Système d'épandage à faible profondeur à faible profondeur.....	16
3.1.3	Système d'épandage à faible profondeur à faible profondeur.....	17
3.1.3.1	Tranchées et lits d'infiltration	17
3.1.3.2	Tertres d'infiltration et filtres à sable (drainés et non drainés).	18
3.1.3.3	Variante du filtre à sable non drainé : le puits filtrant.....	22
3.1.4	Puits perdus ou puits d'infiltration pour eaux usées épurées.	23
3.1.5	Latrines	24
4	Présentation de l'épuration par infiltration-percolation	26
4.1	Principes généraux d'infiltration et de circulation de l'eau dans le sol	26
4.2	Principes de fonctionnement des systèmes d'épandage à faible profondeur	27
4.3	Performances des systèmes d'épandage à faible profondeur	29
4.4	Contamination du sol et de la nappe par l'azote.....	30
4.5	Contamination du sol et de la nappe par les micropolluants	31
5	Gestion de la fraction solide produite par les systèmes d'assainissement autonome.....	32
5.1	Curage des boues	32
5.2	Séchage des boues.....	32
6	Principes de dimensionnement des systèmes conventionnels d'assainissement autonome.....	34
6.1	Calcul de la charge.....	34
6.2	Calcul du nombre minimal d'habitants par immeuble	35
6.3	Dimensionnement de la filière	37
6.4	Dégraisseur	37
6.5	Fosse septique	38
6.5.1	Exemple de calcul.....	39
6.5.2	Consignes d'implantation	40
6.6	Préfiltre	40
6.7	Conduites	41
6.7.1	Diamètre et pente des conduites	42
6.7.2	Pose et caractéristiques des conduites.....	42
6.7.3	Raccords des conduites.....	42
6.7.3.1	Raccord des conduites entre elles	42
6.7.3.2	Raccord des conduites aux chambres	42



6.8	Chambres de bouclage	42
6.9	Systèmes d'épandage à faible profondeur	43
6.9.1	Valeurs de dimensionnement des systèmes d'épandage à faible profondeur.....	44
6.9.2	Exemples de calcul pour la détermination des surfaces d'infiltration	45
6.9.3	Les tranchées d'infiltration	46
6.9.3.1	Plans type des tranchées d'infiltration	47
6.9.3.2	Consignes d'implantation des tranchées d'infiltration	48
6.9.3.3	Exemple de calcul de tranchées d'infiltration.....	48
6.9.3.4	Implantation des tranchées d'infiltration dans les fortes pentes	49
6.9.3.5	Avantages et inconvénients des tranchées d'infiltration	50
6.9.4	Le lit d'infiltration	50
6.9.4.1	Plans type du lit d'infiltration	51
6.9.4.2	Consignes d'implantation des lits d'infiltration :	52
6.9.4.3	Avantages et inconvénients des lits d'infiltration	52
6.9.4.4	Exemples de calcul pour le dimensionnement des lits d'infiltration	53
6.9.5	Le tertre d'infiltration hors sol.....	53
6.9.5.1	Plan type d'un tertre d'infiltration	54
6.9.5.2	Consignes d'implantation des tertres	55
6.9.5.3	Avantages et inconvénients des tertres d'infiltration.....	57
6.9.5.4	Exemple de calcul pour le dimensionnement des tertres d'infiltration 57	
6.9.6	Le filtre à sable non drainé.....	57
6.9.6.1	Plan type du filtre à sable non drainé	58
6.9.6.2	Consignes d'implantation du filtre à sable non drainé	59
6.9.7	Avantages des filtres à sable non drainés	60
6.9.8	Exemple de calcul pour le dimensionnement des filtres à sable non drainés	60
6.9.9	Cas particulier du filtre à sable non drainé : le puits filtrant.....	61
6.9.9.1	Exemple de calcul pour les puits filtrants	63
6.9.10	Filtre à sable drainé	63
6.9.10.1	Plan type du filtre à sable drainé	65
6.9.10.2	Consignes d'implantation du filtre à sable drainé	66
6.9.10.3	Avantages et inconvénients des filtres à sable drainés.....	66
6.9.10.4	Exemples de calcul pour les filtres à sable drainés	66
6.9.11	Le puits d'infiltration ou puits perdu	67
6.9.11.1	Plan type d'un puits d'infiltration (ou puits perdu).....	68
6.9.11.2	Consignes d'implantation des puits d'infiltration ou puits perdus ...	69
6.9.12	Méthode de dimensionnement des puits d'infiltration	70
6.9.12.1	Pré dimensionnement du puits parfait : cas a	71
6.9.12.2	Pré dimensionnement du puits imparfait : cas b.....	71
6.9.12.3	Pré dimensionnement de la lanterne : cas c	71
6.9.13	Exemples de calcul de pré dimensionnement des puits d'infiltration .	72
6.10	Ligne piézométrique du système d'assainissement autonome	73
6.11	Latrines	74
6.11.1	Exemple de calcul de latrines	76
6.12	Lits de séchage des boues.....	76
6.12.1	Exemple de calcul d'un lit de séchage.....	79



7	Contraintes d'utilisation des systèmes d'épandage à faible profondeur.....	80
7.1	Contraintes générales	80
7.2	Protection des riverains et des milieux récepteurs	80
7.3	Evaluation du niveau de la nappe et de sa remontée.....	81
7.3.1	Evaluation du niveau de la nappe.....	81
7.3.2	Evaluation de la remontée de la nappe.....	81
7.3.2.1	Méthode de calcul	81
7.4	Comment identifier un site apte à l'infiltration	83
7.5	Mesures de la vitesse d'infiltration.....	84
7.5.1	Mesure à niveau variable.....	85
7.5.2	Mesure à niveau constant.....	88
7.6	Distance minimales pour l'installation d'un système d'épandage à faible profondeur.....	88
7.7	Comment choisir son système d'épandage à faible profondeur	90
8	Matériaux et équipements utilisés pour les systèmes conventionnels d'assainissement autonome	93
8.1	Ouvrage en béton.....	93
8.2	Fosse septique	93
8.3	Dégraisseur	93
8.4	Préfiltre :	93
8.5	Alimentation.....	94
8.6	Poste de relevage :	95
8.7	Chambre de répartition de l'eau à infiltrer.....	96
8.8	Regards.....	96
8.9	Canalisations:.....	97
8.10	Drain d'infiltration	97
8.11	Matériaux de percolation	97
8.11.1	Gravier.....	97
8.11.2	Sable lavé de filtration (tertre et filtre à sable)	98
8.11.3	Sable de pose :.....	100
8.12	Terre végétale ou de couverture :	100
8.13	Géotextile anticontaminant supérieure	100
8.14	Géotextile placé au fond du tertre filtrant ou du filtre à sable	100
8.15	Remblayage des tranchées et lits d'infiltration	100
8.15.1	Horizontalité des interfaces entre le matériau dispersant (ou filtrants) et le sol naturel.....	101
9	Mise en œuvre et suivi de chantier lors de l'implantation des systèmes conventionnels d'assainissement autonome	102
9.1	Réception et stockage des matériaux.....	102
9.2	Suivi des travaux	102
9.2.1	Etanchéité des cuves, des conduites et des raccords	102
9.2.2	Ventilation du système.....	103
9.2.3	Répartition et taille des perforations des drains dispersants.....	103
9.2.4	Les niveaux et les pentes des conduites et drains dispersants	103
9.2.5	La chambre de répartition	103
9.2.6	Géotextiles anti-contaminants.....	104
9.2.7	Maintien de l'accessibilité des regards.....	104



10	Maintenance et suivi des systèmes conventionnels d'assainissement autonome.....	105
10.1	Maintenance.....	105
11	Estimatif des coûts d'investissement et d'exploitation	107
11.1	Coûts d'investissement	107
11.2	Coûts d'exploitation.....	109
12	Exemples de dimensionnement.....	110
12.1	Eléments à prendre en considération.....	110
12.2	Raisonnement.....	110
12.3	Exemple de calcul du prix du système fosse septique + lit d'infiltration pour une famille de 5 personnes	111
13	Fournisseurs	113
13.1	Fournisseurs de sable filtrant (liste non exhaustive)	113
13.2	Fournisseurs de siphons doseurs (liste non exhaustive).....	113
13.3	Fournisseurs de systèmes d'infiltration « clé en main » (liste non exhaustive).....	113
13.4	Fournisseurs de dégraisseurs (liste non exhaustive) ... Erreur ! Signet non défini.	
13.5	Fournisseurs de conduites et accessoires PVC(liste non exhaustive) ...	113
14	Bibliographie	114



Liste des figures

Figure 1 :	Vues d'un système d'assainissement autonome	14
Figure 2 :	Vue d'une fosse septique.....	15
Figure 3 :	vue de tranchées d'infiltration	17
Figure 4 :	vue d'un lit d'infiltration	18
Figure 5 :	vue d'ensemble d'un tertre d'infiltration.....	19
Figure 6 :	Vue d'un filtre à sable non drainé.....	20
Figure 7 :	Vue d'un filtre à sable drainé.....	21
Figure 8 :	Coupe dans un puits filtrant	22
Figure 9 :	Coupe dans un puits d'infiltration	23
Figure 10 :	Vue d'une latrine à siphon hydraulique.....	25
Figure 11 :	Illustration du cheminement de l'eau dans le sol dans les systèmes d'épandage à faible profondeur	28
Figure 12 :	vues d'un lit de séchage	33
Figure 13 :	Eléments des filières d'assainissement autonome à dimensionner ...	37
Figure 14 :	Vue en plan et coupes d'une fosse septique	39
Figure 15 :	Vue en plan et coupes de préfiltres intégrés et non intégrés	41
Figure 16 :	vues en plan et coupe d'une chambre de bouclage	43
Figure 17 :	Vue en plan et coupes de tranchées d'infiltration	47
Figure 18 :	Implantation des tranchées d'infiltration dans les terrains pentus (pente >10%)	50
Figure 19 :	Vue en plan et coupes d'un lit d'infiltration.....	51
Figure 20 :	Vue en plan et coupes d'un tertre d'infiltration.....	54
Figure 21 :	Disposition de deux tertres juxtaposés	56
Figure 22 :	Vue en plan et coupes d'un tertre d'infiltration.....	58
Figure 23 :	Illustration d'un puits filtrant	61
Figure 24 :	Vue en plan et coupes filtre à sable drainé.....	65
Figure 25 :	Illustration d'un puits d'infiltration pour eaux usées épurées.....	68
Figure 26 :	Illustration de différents cas de puits d'infiltration (puits perdus).....	69
Figure 27 :	exemple de ligne piézométrique permettant de déterminer la profondeur des tranchées et des lits d'infiltration.....	73
Figure 28 :	plan type d'une latrine à siphon hydraulique.....	75
Figure 29 :	Vue en plan et coupes d'un lit de séchage	77
Figure 30 :	utilisation des courbes de niveau pour choisir les points d'infiltration	83
Figure 31 :	exemple de remontée de la nappe au dessus du niveau topographique	83
Figure 32 :	schéma du système de mesure à niveau variable	85
Figure 33 :	photo d'une prise de mesure de la vitesse d'infiltration par la méthode à niveau variable (Photo Epuvaleur asbl).....	85
Figure 34 :	vitesse d'infiltration en fonction du temps nécessaire pour infiltrer 50mm (gamme 1 – 10 minutes)	87
Figure 35 :	vitesse d'infiltration en fonction du temps nécessaire pour infiltrer 50mm (gamme 10 – 60 minutes)	87
Figure 36 :	vitesse d'infiltration en fonction de la hauteur d'eau infiltrée en 10 minutes	88
Figure 37 :	Estimation des surfaces nécessaires à l'implantation des systèmes d'infiltration.....	90



Figure 38 :	Exemple en terrain faiblement perméable et possibilité de rejet en surface	91
Figure 39 :	Vue en plan et coupe d'une chambre de relevage	95
Figure 40 :	Schéma d'une chambre de répartition	96
Figure 41 :	Fuseau granulométrique du sable lavé de filtration	99



Liste des Tableaux

Tableau 1 :	Evolution des concentrations en polluants lors de la percolation d'une eau usée épurée par fosse septique "toutes eaux" (moyenne de 11 mesures). [1]	30
Tableau 2 :	Ratios habituellement utilisés pour l'estimation des débits et charges produits par les habitants	34
Tableau 3 :	Conversion de la charge polluante émise par certaines activités commerciales ou administratives	36
Tableau 4 :	dimensions des préfiltres intégrés à la fosse septique.....	41
Tableau 5 :	dimensions des préfiltres extérieurs à la fosse septique.....	41
Tableau 6 :	Valeurs de dimensionnement des systèmes d'épandage à faible profondeur, pour une charge de 40g de DBO ₅ /hab/jour avant fosse septique ...	45
Tableau 7 :	nomenclature des plans des lits d'infiltration	51
Tableau 8 :	dimensions des plans des lits d'infiltration	51
Tableau 9 :	nomenclature des plans des tertres d'infiltration.....	54
Tableau 10 :	dimensions des plans des tertres d'infiltration	54
Tableau 11 :	dimensions pour l'implantation de deux tertres juxtaposés	56
Tableau 12 :	nomenclature des filtres à sable non drainés	58
Tableau 13 :	dimensions des plans des filtres à sable non drainés	58
Tableau 14 :	nomenclature des filtres à sable non drainés	65
Tableau 15 :	dimensions des plans des filtres à sable non drainés	65
Tableau 16 :	Valeurs de dimensionnement des surfaces d'infiltration pour les fosses de latrines	74
Tableau 17 :	Recommandations en matière de distance minimale	89
Tableau 18 :	Aptitudes des systèmes d'assainissement autonomes aux contraintes de terrain	92
Tableau 19 :	Liste des prix unitaires nécessaires pour le calcul des coûts d'investissement des systèmes d'assainissement autonome conventionnels..	107



Remerciements

Le consultant remercie tous les départements de l'ONEP et plus particulièrement la DAE/T pour leur fructueuse collaboration à l'élaboration de ce guide ainsi que monsieur A. JAWAD pour l'ensemble des schémas et plans qui illustrent le texte.

Le consultant remercie également monsieur B. Haddouchi, expert de la FAO auprès de l'ONEP, qui a contribué, au travers de ses conseils, à la présentation des méthodes simples de dimensionnement des puits d'infiltration.



1 Introduction

Ce guide technique concerne la conception, l'implantation et l'exploitation des systèmes d'assainissement autonome. Il est destiné aux ingénieurs, architectes et techniciens chargés de la conception et de l'implantation de solutions d'assainissement autonome à un endroit donné.

Les techniques présentées sont conventionnelles et utilisées depuis de nombreuses années dans divers pays, y compris au Maroc. Des variantes aux solutions proposées existent et peuvent assurer des performances équivalentes et éventuellement supérieures mais sans apport sensible à la problématique qui consiste principalement à traiter les eaux usées domestiques en réduisant le plus possible les risques de contaminations fécales des habitants et les risques de pollution des milieux récepteurs par ces rejets.

Les différentes solutions proposées répondent à cet objectif car :

- elles évitent systématiquement l'existence de surfaces libres d'eaux usées (contrairement au lagunage) et de ce fait peuvent être installées à proximité des habitations;
- elles assurent des rendements d'épuration élevés, permettant de rabattre aisément la DBO₅ à moins de 30mg/l, une fois que l'eau rejoint le milieu récepteur (qui peut être un cours d'eau temporaire ou permanent, la nappe ou la surface du sol).

Dans la mesure où ces systèmes sont amenés à traiter de petites quantités d'eau, la valorisation des eaux usées épurées pour l'irrigation de cultures vivrières n'est pas retenue car cette option exige un suivi et des contrôles qualité trop coûteux pour les quantités envisagées. Par contre, ces eaux pourraient être utilisées, pour autant que les utilisateurs restent conscients de leurs limites d'utilisation, pour l'irrigation de cultures fourragères ou de parcs et jardins en vérifiant toutefois l'absence de pathogènes. Les conditions d'utilisation de ces eaux usées épurées ne sont pas développées dans le cadre de ce guide.

Les valeurs de dimensionnement proposées proviennent de la bibliographie et n'ont pas encore pu faire l'objet de vérifications in situ, au Maroc. Les valeurs retenues sont prudentes et pourraient être revues à la baisse en fonction de l'expérience acquise au Maroc.

L'article 54 1° de la loi 10-95 sur l'eau précise que seuls les puits filtrants précédés d'une fosse septique sont autorisés. De ce fait certaines des techniques présentées dans ce guide ne sont pas reconnues par la loi alors qu'elles sont éprouvées et ont montré leur efficacité pour de l'assainissement de petite taille (de 5 à plusieurs centaines d'habitants). Afin de répondre aux termes de la loi, une solution d'assainissement autonome répondant aux règles de l'art est également développée dans ce guide ; il s'agit d'un filtre à sable non drainé légèrement modifié (puits filtrant).



Ces systèmes sont adaptés au traitement de petites quantités, soit une gamme de fonctionnement allant de 5 à 100 habitants. A partir de 50 habitants, la fosse septique peut avantageusement être remplacée par un décanteur et au-delà de 100 habitants, d'autres techniques telles que les wetlands, les mini-stations intensives, le lagunage naturels sont préférables, particulièrement lorsque la nappe se situe à moins de 5m de profondeur. Il est également possible d'implanter en parallèle deux modules de 100 habitants, si la solution semble intéressante.

2 Organisation du guide

Ce guide aborde les différentes techniques d'assainissement autonome qui peuvent être implantées en zone rurale et en zone urbaine non desservie par un réseau de collecte des eaux usées.

Il comporte quatre parties :

- la première partie présente les principes de fonctionnement des ces systèmes d'assainissement;
- la seconde partie présente les principes de dimensionnement de ces système d'assainissement en commentant des plans types ;
- la troisième partie définit les matériaux à utiliser;
- la quatrième partie présente la mise en œuvre (installation et exploitation de ces ouvrages)

Un cahier des plans accompagne ce guide. Tous les plans y sont imprimés au format A3.

Ce guide sera complété par un dossier de consultation des entreprise type qui pourra être utilisé pour l'implantation des ouvrages d'assainissement autonome, une fois le choix et le dimensionnement réalisés. Ce dossier de consultation type sera basé sur l'expérience acquise lors de la réalisation des cas pilotes.

Ce guide devrait permettre à son lecteur de mener les investigations de terrain, le choix de la solution la plus appropriée aux contraintes de terrain, le dimensionnement des ouvrages et le suivi de chantier sans autre complément d'information.

Il est également utile de rappeler que les filières « fosse septique + épandage à faible profondeur » se justifient particulièrement pour de petites productions d'eau pour lesquelles les vitesses d'écoulement dans les canalisations de 300mm sont trop faibles pour assurer un autocurage de la conduite satisfaisant. Dès que les vitesses d'écoulement sont suffisantes, on opte en général pour un rejet direct dans les canalisations, sans utilisation des fosses septiques.



3 Présentation des systèmes d'assainissement autonome développés dans ce guide

Les systèmes traditionnels d'assainissement autonome sont constitués de deux éléments : une fosse septique et un système d'épandage souterrain à faible profondeur des eaux prétraitées.

La fosse septique seule ne peut être considérée comme une technique d'épuration des eaux, son rôle se limite à :

- éliminer par décantation la fraction sédimentable contenue dans les eaux usées,
- éliminer une partie de la pollution organique (de l'ordre de 30 à 50 %)
- liquéfier la charge organique particulaire.

Après ce prétraitement, une épuration complémentaire avant rejet doit être assurée. Dans le cas d'un épandage souterrain à faible profondeur, l'épuration et l'épandage sont réalisés au sein du même ouvrage.

En effet, dans ce cas, les propriétés épuratrices du sol sont utilisées pour éliminer la charge organique et micro biologique de l'eau usée. Cette capacité épuratrice du sol n'est opérationnelle qu'à la condition de maintenir la majorité du temps le sol en conditions aérobies.

Pour ce faire le sol doit rester insaturé. Cette contrainte de fonctionnement conditionne bon nombre de choix techniques présentés dans la suite de ce document.

Lorsque l'épuration ne peut être assurée par le sol naturel, celle-ci est généralement assurée par la percolation sur un sol reconstitué (du sable) avant infiltration dans le sol ou rejet en surface.

Les systèmes conventionnels d'assainissement autonome peuvent être classés en 5 grandes catégories :

- Fosse septique suivie de tranchées d'infiltration
- Fosse septique suivie d'un lit d'infiltration
- Fosse septique suivie d'un terre d'infiltration
- Fosse septique suivie d'un filtre à sable non drainé ou d'un puits filtrant
- Fosse septique suivie d'un filtre à sable drainé puis d'un rejet dans le sol ou en surface.

Lorsque le rejet en surface est possible ou préférable, d'autres techniques telles que :

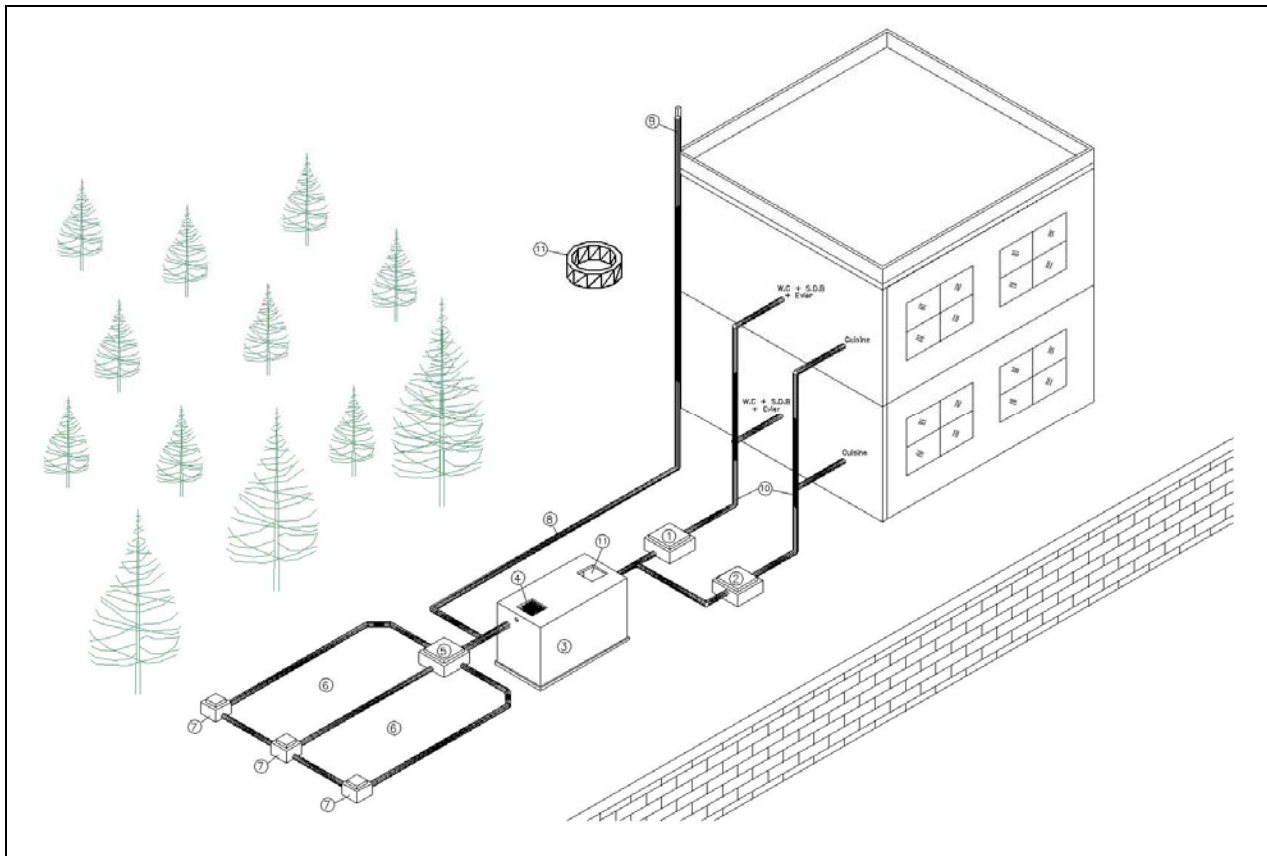
- fosse septique + filtre à sable drainé
- fosse septique + filtre planté à écoulement vertical ou horizontal (weeland)
- micro – station d'épuration
- Fosse septique suivie de lagunes naturelles

peuvent également être envisagées.

Un modèle de latrine à siphon hydraulique est également repris dans ce guide. Sur le plan de la dépollution des eaux usées et de la protection des eaux souterraines, ce système n'atteint pas les performances des systèmes conventionnels d'assainissement autonome mais il peut constituer une solution transitoire lors du branchement au réseau de distribution d'habitations qui jusqu'alors étaient dépourvues d'eau courante.

3.1 Présentation des filières conventionnelles d'assainissement autonome.

Les systèmes conventionnels d'assainissement autonomes sont constitués d'une fosse septique et d'un système d'épandage à faible profondeur. Certains ouvrages complémentaires, tels que préfiltre, dégraisseur, puits d'infiltration, ... complètent parfois le système. Les figures reprises ci-après permettent de visualiser les différents éléments d'un système d'assainissement autonome.



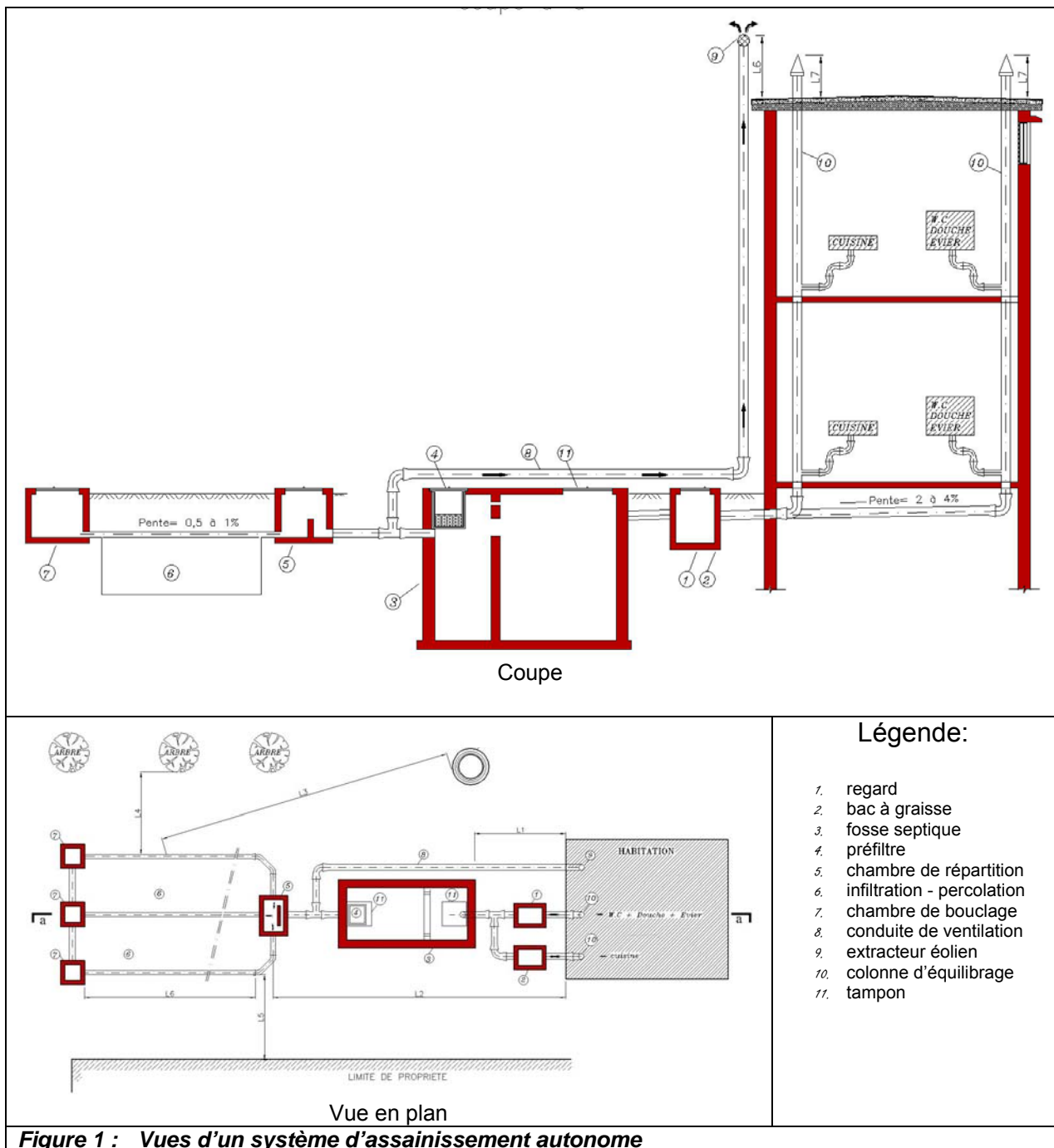


Figure 1 : Vues d'un système d'assainissement autonome

3.1.1 Fosse septique

La fosse septique est une fosse étanche, généralement en béton ou en matériaux préfabriqués, disposant de deux compartiments, dans laquelle les eaux usées séjournent afin d'y subir une décantation, une flottation et une digestion anaérobie partielle de la fraction biodégradable.

Le temps de séjour avoisine 3 à 4 jours mais d'autres contraintes, entre autres le stockage des boues dues à la sédimentation et la digestion anaérobie, interviennent dans le dimensionnement des cuves.

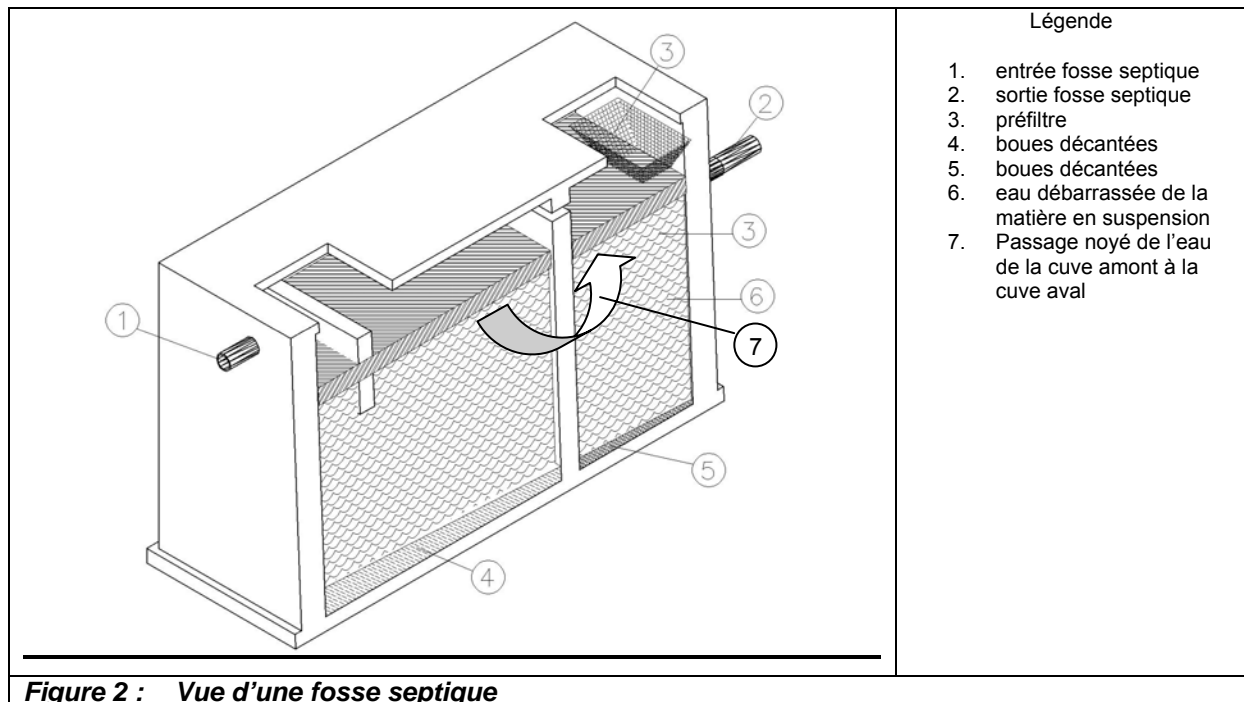


Figure 2 : Vue d'une fosse septique

Le premier principe d'épuration (décantation et flottation) est d'autant plus efficace que les flux sont réguliers et sans à coup alors que l'épuration biologique exige un contact intime entre les micro-organismes et les matières organiques contenues dans l'eau, ce qui exigerait une agitation du contenu de la cuve. Une fosse septique s'apparente donc plus aux systèmes de décantation qu'aux systèmes d'épuration biologique et le rabattement de la charge organique (DBO_5) dépasse rarement 30 à 40%. Néanmoins, du fait des températures relativement élevées rencontrées au Maroc, les performances pourraient être revues à la hausse du fait d'une plus grande efficacité de la dégradation anaérobie.

Une partie des matières contenues dans les eaux usées sont plus légères que l'eau (huile, cheveux, plastiques,...) et donc se retrouvent dans la partie supérieure de la cuve. A ces matières flottantes viennent s'ajouter des boues (micro-organismes) contenant de fines bulles de gaz ($CO_2 + CH_4$) qui les rendent plus légères que l'eau. Cette masse émerge partiellement hors de l'eau, ce qui la dessèche et la rend encore plus légère. Il est donc normal d'observer une croûte de surface dans toute fosse septique en fonctionnement depuis plusieurs années. Cette croûte ne nuit pas au fonctionnement de la fosse mais doit cependant être éliminée régulièrement afin de ne pas remettre en solution ces matières flottantes. L'enlèvement de ces boues flottantes doit être réalisé environ tous les deux ans, ce qui impose de maintenir un accès aisé à la partie supérieure des cuves (en général deux regards par fosse septique). Lors du curage, ces boues sont enlevées dans leur intégralité, contrairement aux boues sédimentées du fond de la cuve.

Le volume immergé de la cuve doit être calculé en intégrant le volume de boues accumulé et un temps de séjour de l'eau de 3 à 4 jours.



Lorsque la fosse septique est suivie d'un système d'épandage à faible profondeur, la vidange de celle-ci doit être suivie avec rigueur et régularité. En effet des vidanges trop espacées occasionnent de rejets fortement chargés en matières en suspension qui risquent de définitivement colmater le système d'épandage à faible profondeur.

Une fosse septique doit donc rester en permanence accessible au niveau de ses regards.

L'évacuation de la partie sédimentée du fond de la cuve exige un équipement spécifique (camion citerne équipé de pompes à boues). De ce fait le volume de la cuve doit être dimensionné dans une optique de recherche d'un optimum économique entre les coûts d'investissement (directement liés au volume de la cuve) et les coûts d'exploitation (liés aux coûts des vidanges de la partie sédimentée).

Le deuxième compartiment sert de chambre de tranquillisation afin d'améliorer encore la sédimentation avant rejet. Des orifices noyés sont prévus pour la circulation de l'eau entre les 2 chambres et des orifices situés au sommet de la cuve sont prévus pour le passage des gaz (voir figure 2).

La dégradation biologique anaérobie :

- produit du biogaz (mélange de méthane, de gaz carbonique et de vapeur d'eau) qui peut être explosif à certaines concentrations, c'est pourquoi toute flamme doit être évitée lors d'une ouverture de fosse septique et une ventilation de quelques minutes doit précéder toute intervention humaine au sein de la cuve.
- des matières sédimentées rendent l'effluent malodorant, il est donc important d'assurer une ventilation soignée de ce type d'ouvrage et de prévoir des tampons étanches, éventuellement recouverts d'une fine couche de terre (10 cm) mais toujours accessibles pour les opérations de maintenance et une extraction de l'air vicié en toiture (Cf élément n°9 de la figure 1) est à prévoir.

3.1.2 Système d'épandage à faible profondeur à faible profondeur

Après la fosse septique, les eaux doivent encore subir un traitement complémentaire avant d'être rejetées dans le milieu naturel. Dans le cas d'une infiltration, le milieu récepteur sera la nappe phréatique. L'épuration de l'eau prétraitée est assurée par le sol au travers duquel l'eau percole avant de rejoindre la nappe. Le sol dispose d'une très bonne capacité à éliminer la charge organique et la charge microbiologique des eaux usées pour autant que le parcours de l'eau dans le sol naturel soit supérieur à un mètre. Par contre, une injection directe dans la nappe (zone de sol saturée) ne permet pas une dépollution performante des eaux usées. C'est pourquoi l'infiltration doit être réalisée à faible profondeur et les puits perdus doivent être évités aussi souvent que possible.

La difficulté de ce type d'installation consiste à assurer une répartition uniforme de l'eau sur le sol naturel situé au pied de la zone de répartition. C'est pourquoi, les travaux d'installation doivent être menés avec soin afin de respecter rigoureusement

les niveaux précisés dans les plans. La qualité du suivi de chantier conditionne fortement les performances du système.

3.1.3 Système d'épandage à faible profondeur à faible profondeur

3.1.3.1 Tranchées et lits d'infiltration

Principe de fonctionnement des tranchées d'infiltration

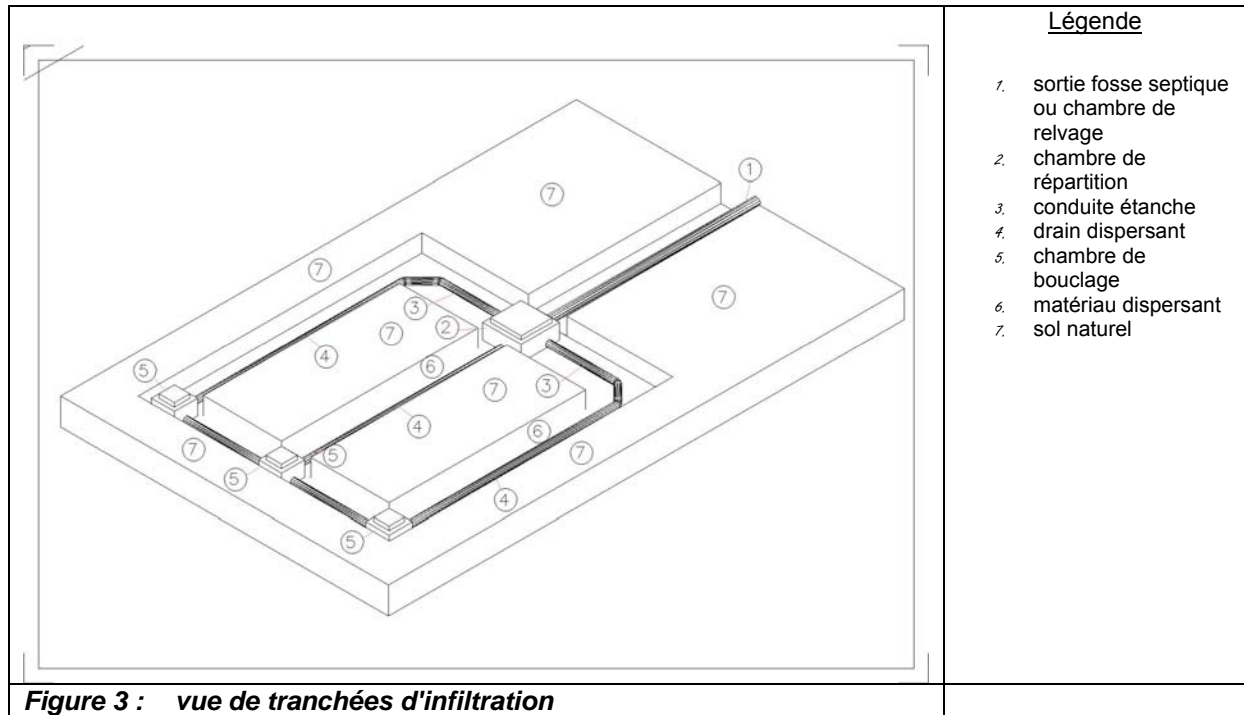


Figure 3 : vue de tranchées d'infiltration

L'eau provenant de la fosse septique (1) est distribuée, via une chambre de répartition (2), dans différentes conduites étanches (3) qui alimentent des conduites perforées (drains dispersants) (4) qui répartissent l'eau sur toute la longueur de la tranchée (6). L'eau percole ensuite sur un massif de cailloux (matériaux dispersant) (6) avant d'atteindre le sol. Ce système de distribution vise à assurer une répartition uniforme de l'eau sur toute la surface de sol. L'eau ainsi répartie s'infiltré lentement dans le sol où elle subit une épuration biologique de type aérobie.

Cette solution offre l'avantage de réduire les risques de remontée néfaste de la nappe et permet la circulation de véhicules légers (pas de camions ni de grosses camionnettes) au dessus des zones d'infiltration. La surface ainsi utilisée peut être affectée à d'autres usages tels que zone de loisir et de détente, pelouse,

Principe de fonctionnement des lits d'infiltration

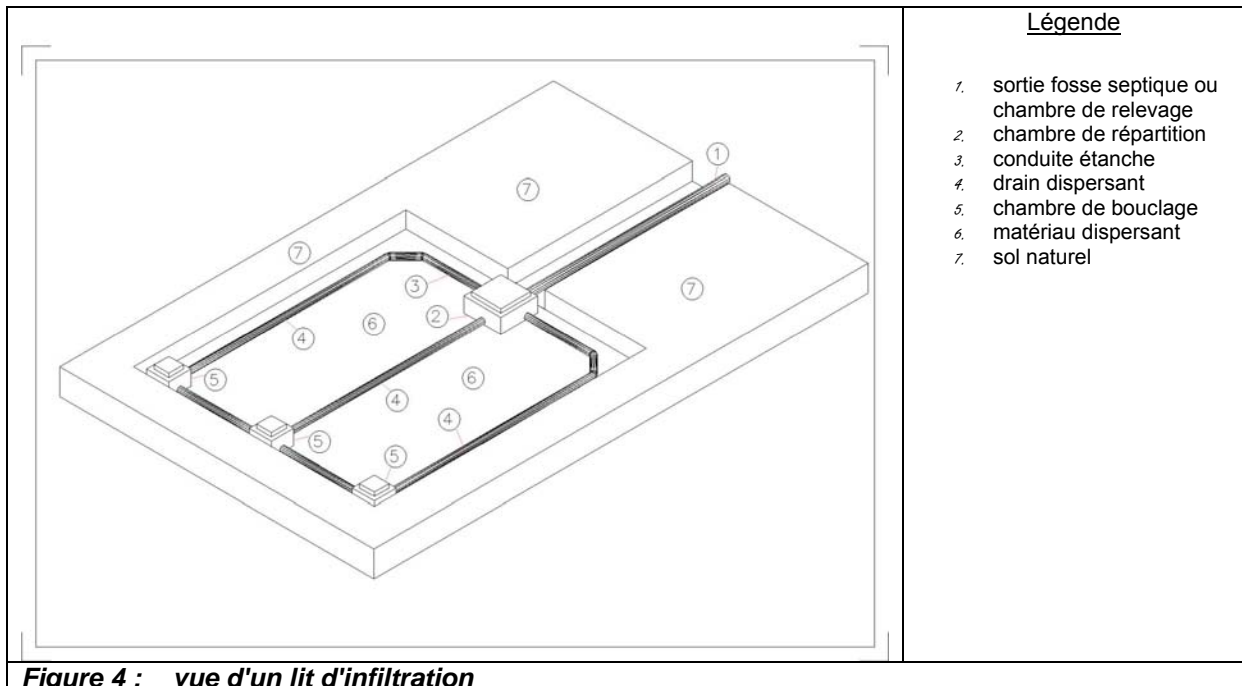


Figure 4 : vue d'un lit d'infiltration

L'eau provenant de la fosse septique (1) est distribuée, via une chambre de répartition (2), dans différentes conduites étanches (3) qui alimentent des conduites perforées (drains dispersants) (4) qui répartissent l'eau sur toute la surface du lit (6). L'eau percole ensuite sur un massif de cailloux (matériaux dispersant) (6) avant d'atteindre le sol. Ce système de distribution vise à assurer une répartition uniforme de l'eau sur toute la surface de sol. L'eau ainsi répartie s'infiltré lentement dans le sol où elle subit une épuration biologique de type aérobie

Cette solution exige moins de surface disponible que les tranchées d'infiltration mais la surface utilisée doit être protégée vis-à-vis des véhicules légers et d'une occupation trop intensive. Idéalement la surface d'infiltration est plantée d'espèces à enracinement peu profond et assure un rôle décoratif.

3.1.3.2 Tertres d'infiltration et filtres à sable (drainés et non drainés).

Lorsque la capacité filtrante du sol ne peut être exploitée pour des raisons de nappe trop peu profonde, de sol trop imperméable ou trop peu filtrant, la fonction filtrante du sol est assurée par un matériau d'apport, très généralement un sable de granulométrie déterminée.

Le tertre s'utilise principalement lorsque la nappe est peu profonde (moins de 2 mètres) et qu'elle risque d'interférer avec la zone épuratrice du sol.

Les filtres à sable sont utilisés lorsque le sol ne dispose pas des caractéristiques nécessaires pour assurer l'épuration. Lorsque le sol n'est pas assez filtrant, on utilisera un filtre à sable non drainé et lorsque le sol est trop peu perméable, on utilisera un filtre à sable drainé suivi d'un rejet en surface ou d'un puits d'infiltration.

Les filtres à sable offrent également l'avantage d'être plus compacts tout en permettant un rejet en surface. Ces particularités peuvent être utilisées avantageusement dans le cas d'une épuration commune à plusieurs habitations.

Sur base de ces principes, diverses sociétés commercialisent des unités d'épuration « clé en main » pour différents types d'effluents. Les matériaux et les surfaces sont optimisés. Différents fournisseurs (liste non exhaustive) sont repris à la fin de ce guide.

Principe de fonctionnement d'un tertre

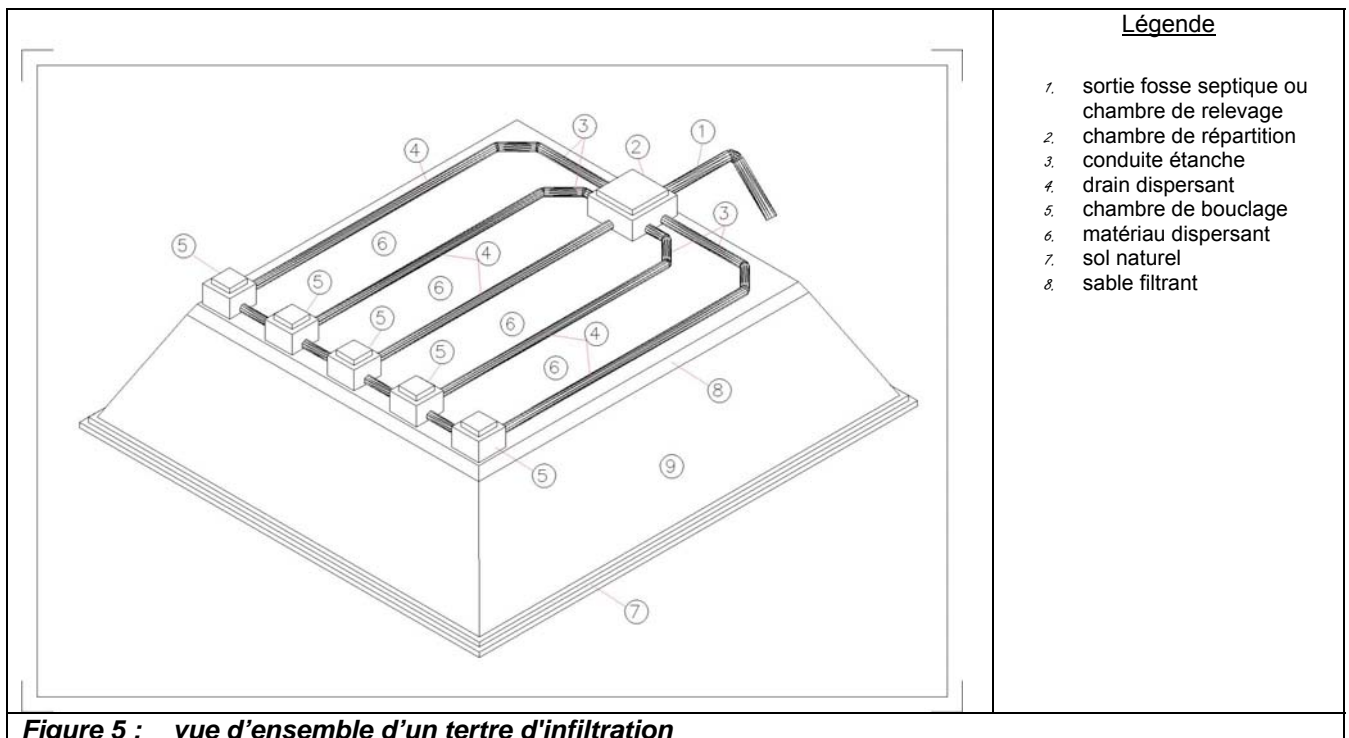


Figure 5 : vue d'ensemble d'un tertre d'infiltration

L'eau provenant de la fosse septique (1) est distribuée, via une chambre de répartition (2), dans différentes conduites étanches (3) qui alimentent des conduites perforées (drains dispersants) (4) qui répartissent l'eau sur toute la surface du tertre (6). L'eau percole ensuite sur le massif dispersant (8) puis filtrant (9) avant d'atteindre le sol (7). L'eau ainsi épurée s'infiltré lentement dans le sol pour rejoindre la nappe située à faible profondeur.

Le tertre est situé au dessus du sol naturel (car la nappe se trouve à une faible profondeur, à moins de 2 m sous le sol) et l'eau s'infiltré au pied du tertre dans le sol naturel. Du fait de sa configuration, le tertre doit souvent être alimenté par une chambre de relevage. La surface supérieure du tertre dépend de la quantité à épurer et la surface du pied du tertre dépend de la capacité d'infiltration du sol et du comportement de la nappe tout en respectant des pentes de talus de minimum $\frac{1}{2}$.

Principe de fonctionnement du filtre à sable non drainé

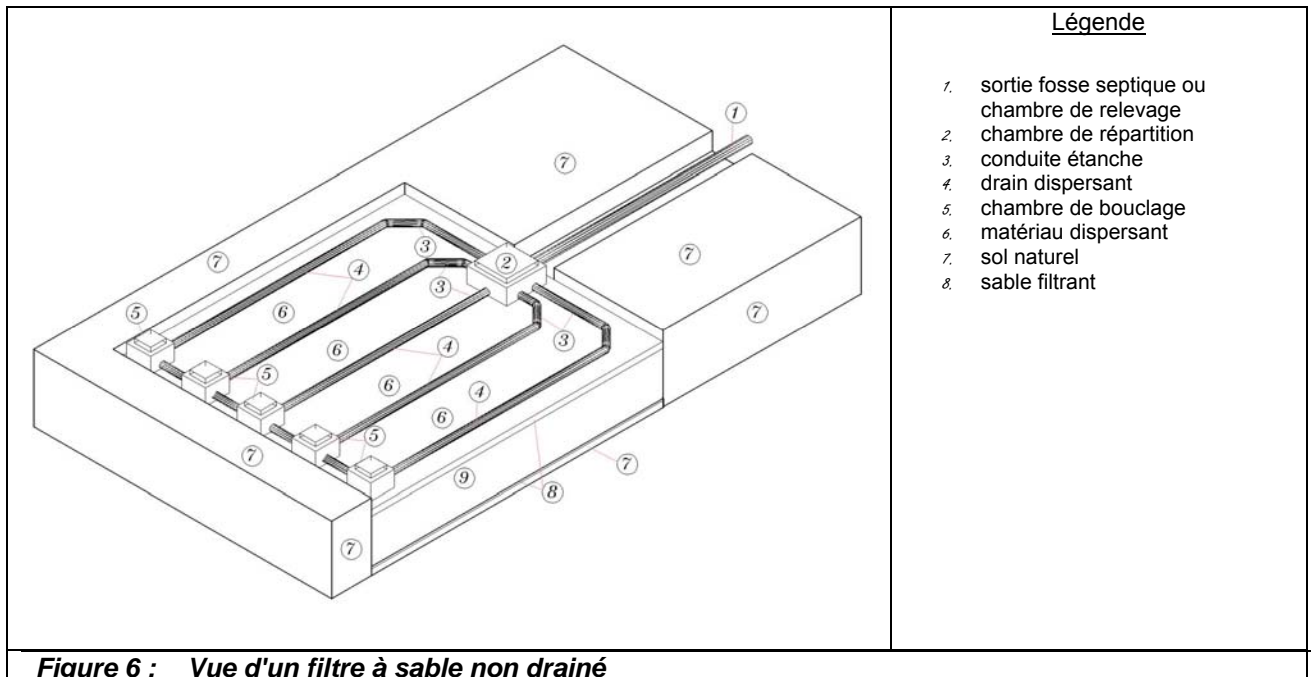


Figure 6 : Vue d'un filtre à sable non drainé

L'eau provenant de la fosse septique (1) est distribuée, via une chambre de répartition (2), dans différentes conduites étanches (3) qui alimentent des conduites perforées (drains dispersants) (4) qui répartissent l'eau sur toute la surface du filtre (6). L'eau percole ensuite sur le massif dispersant (8) puis filtrant (9) avant d'atteindre le sol (7). L'eau ainsi épurée s'infiltré lentement dans le sol pour rejoindre la nappe.

Cette solution s'utilise principalement lorsque la capacité épuratoire naturelle du sol est insuffisante (sols faillés ou à trop forte perméabilité). Elle est plus compacte que les tranchées d'infiltration ou les lits d'infiltration et n'a pas d'incidence sur la remontée de la nappe du fait de la très forte perméabilité du sol naturel. Une variante de cette solution, adaptée à des sols peu perméables est également développée dans ce guide. Il s'agit du puits filtrant.

Principe de fonctionnement du filtre à sable drainé

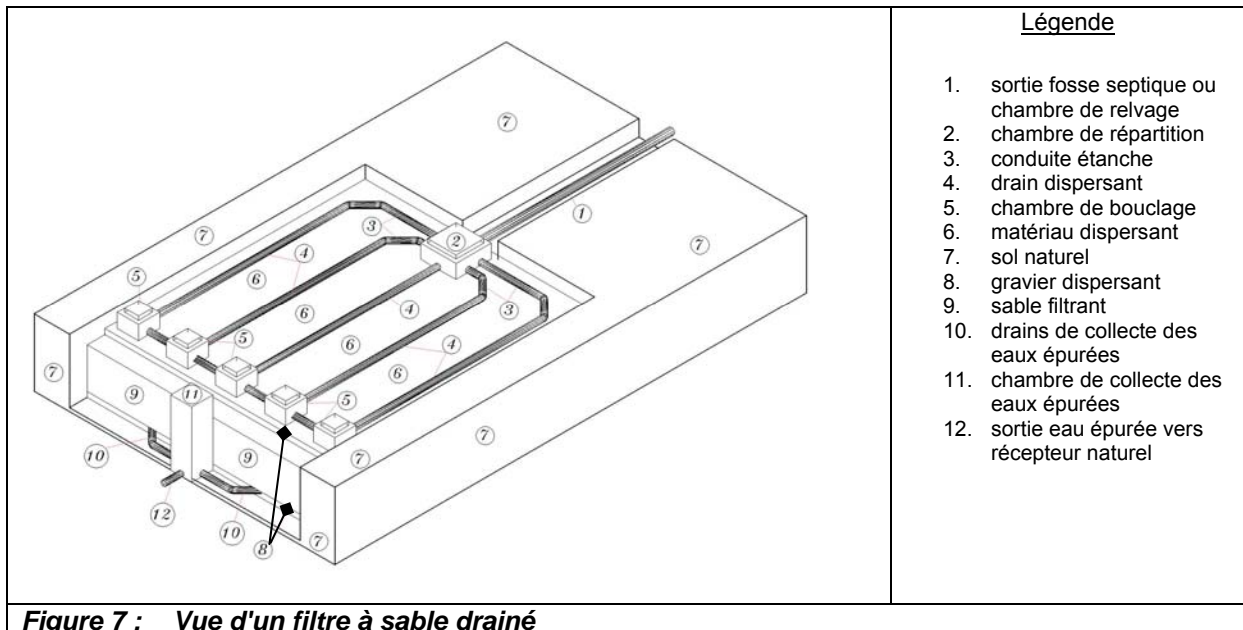


Figure 7 : Vue d'un filtre à sable drainé

L'eau provenant de la fosse septique (1) est distribuée, via une chambre de perforées (drains dispersants) (4) qui répartissent l'eau sur toute la surface du filtre (6). L'eau percole ensuite sur le massif dispersant (8) puis filtrant (9) avant d'atteindre le massif drainant (8) et de rejoindre les drains de collecte (10). L'eau ainsi épurée est récupérée au niveau de la chambre de collecte (11) pour être évacuée par pompage ou par voie gravitaire vers le milieu récepteur de surface (12).

Le filtre à sable drainé s'avère particulièrement utile lorsque le sol est trop peu perméable et qu'un rejet en surface peut être envisagé où qu'une réutilisation de l'eau est envisagée.

3.1.3.3 Variante du filtre à sable non drainé : le puits filtrant

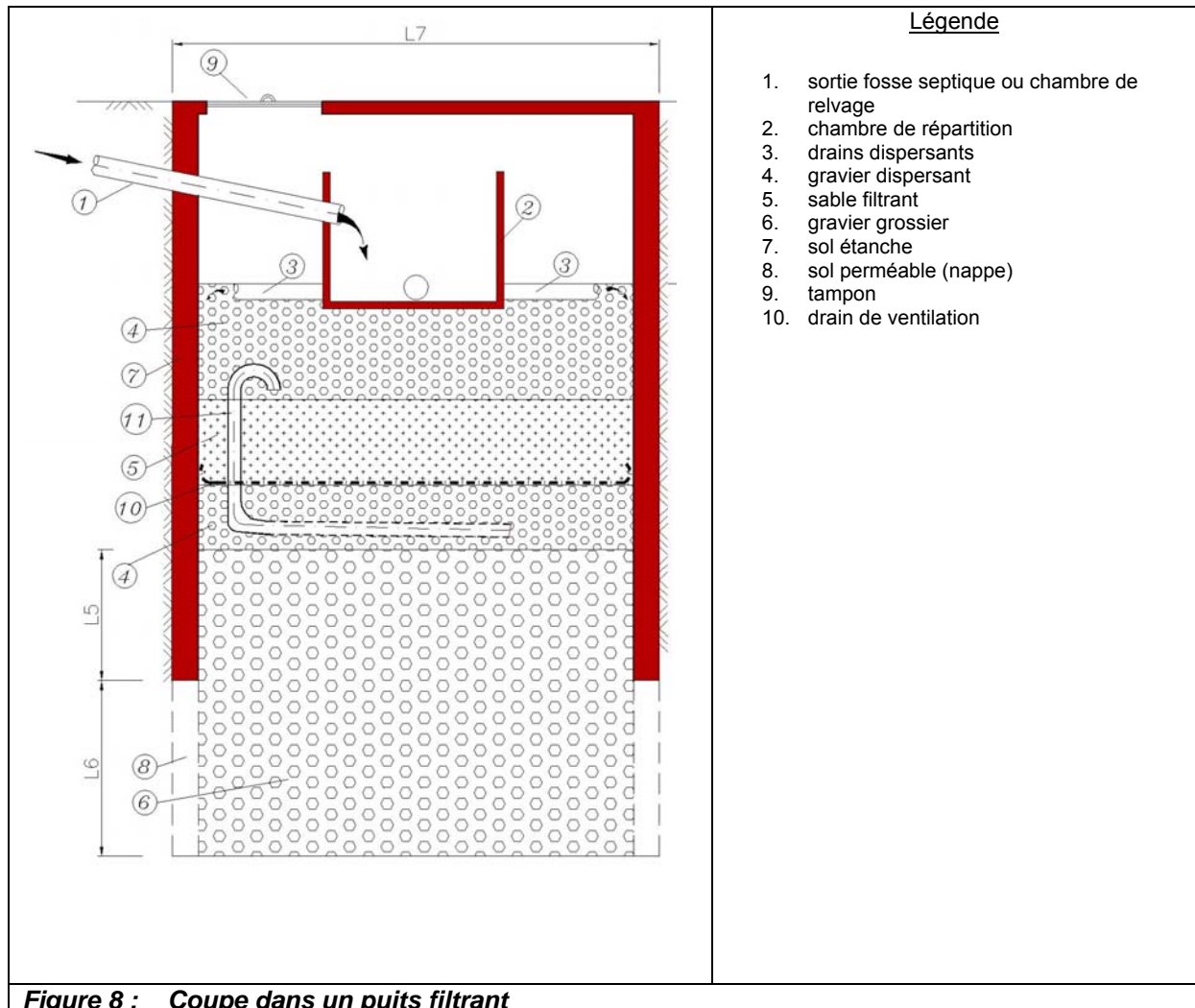


Figure 8 : Coupe dans un puits filtrant

L'eau provenant de la fosse septique (1) est distribuée, via une chambre de répartition (2), dans différentes conduites perforées (drains dispersants) (3) qui répartissent l'eau sur toute la surface du filtre. L'eau percole ensuite sur le massif dispersant (4) puis filtrant (5) puis dans des graviers de granulométrie croissante (4 et 6) avant de rejoindre la nappe. L'eau ainsi épurée s'infiltré directement dans la nappe.

Il s'agit d'un filtre à sable non drainé dont la géométrie et le système de répartition de l'eau ont été modifiés. Cette configuration est proposée afin de répondre à certaines contraintes de terrain spécifiques au Maroc, à savoir peu de place disponible autour des immeubles situés dans des zones d'assainissement autonome, et où le sol est peu perméable.

3.1.4 Puits perdus ou puits d'infiltration pour eaux usées épurées.

Contrairement aux systèmes d'épandage à faible profondeur présentés ci-avant, le puits d'infiltration n'assure pas de rôle épurateur ; il se limite à injecter dans la nappe l'eau déjà épurée.

C'est pourquoi une épuration supplémentaire doit être prévue entre la fosse septique et le puits perdu afin d'acheminer vers ce dernier une eau dont la DBO₅ est inférieure à 30 mg/l.

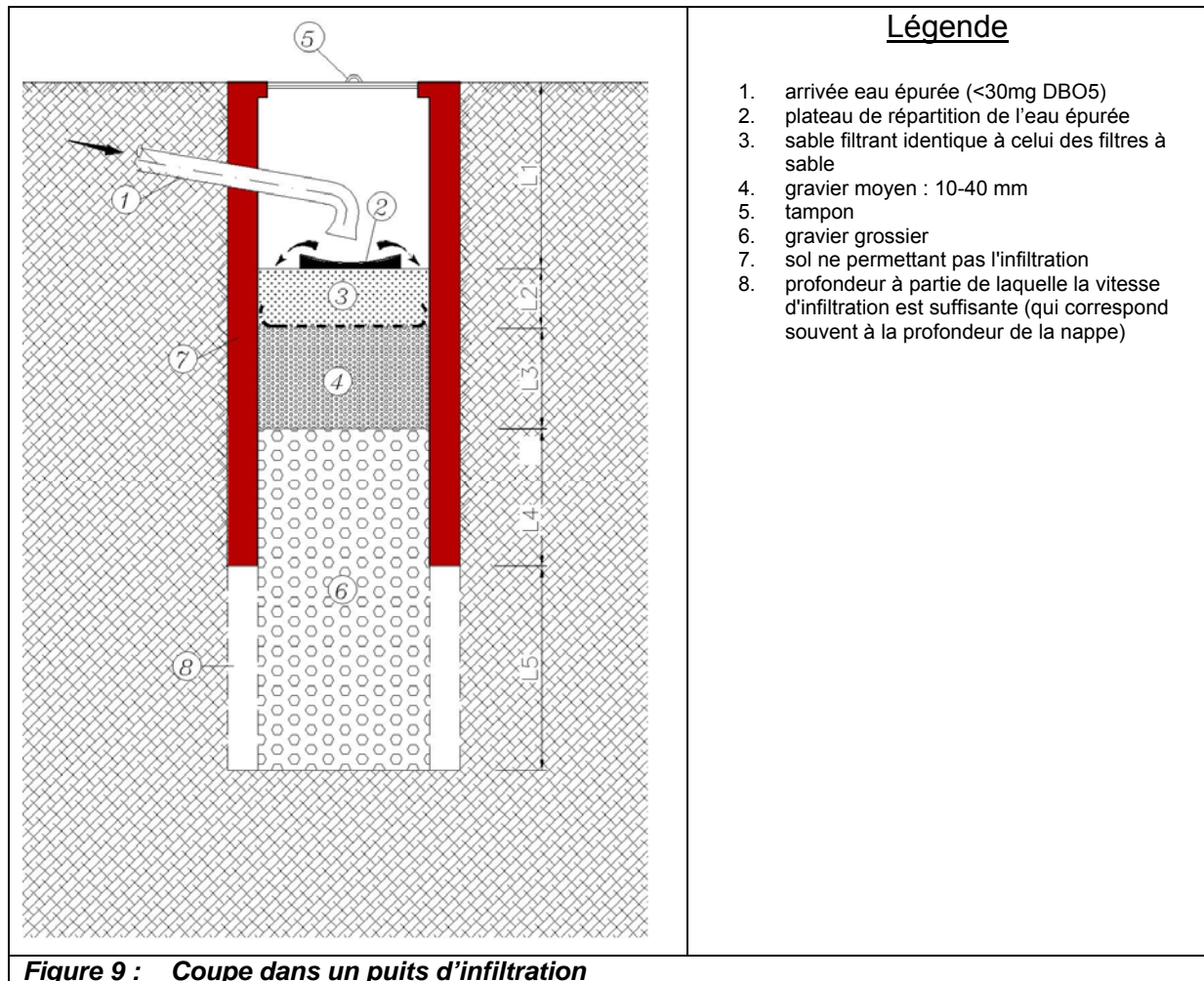


Figure 9 : Coupe dans un puits d'infiltration

L'eau provenant du système d'épuration (1) est versée sur le plateau de répartition (2). L'eau percole ensuite sur le massif filtrant puis sur des graviers de granulométrie croissante avant de rejoindre la nappe. L'eau préalablement épurée s'infiltrerait directement dans la nappe.

Le massif de sable protège le fond du puits des apports en matières en suspension. L'eau percole ensuite au fond du puits et s'y accumule en créant une charge hydraulique favorable à son infiltration



Du fait des contraintes d'épuration avant évacuation plus exigeantes et du fait des risques de pollution de la nappe plus importants, cette technique doit être évitée aussi souvent que possible.

3.1.5 Latrines

Les latrines ne font pas partie à proprement parler des systèmes conventionnels d'assainissement autonome mais ne peuvent être ignorées dans le contexte marocain. Il existe de nombreuses variantes de latrines. Ce guide se limite à décrire et à dimensionner le modèle approprié à une alimentation en eau potable d'habitations où l'eau était peu disponible et où l'on introduit l'eau courante pour la première fois. La latrine devient alors le point local de distribution d'eau (éventuellement commun à plusieurs familles) disposant d'au moins deux points d'alimentation, l'un à l'extérieur de la latrine pour les usages culinaires et domestiques, l'autre à l'intérieur de la latrine pour les besoins d'hygiène. Cette solution permet d'introduire à un faible coût d'investissement, de nouvelles habitudes de consommation d'eau et d'hygiène. Elle implique que la consommation d'eau reste faible (de l'ordre de 20 l/habitant) et nécessite une orientation des eaux grises vers un autre point d'évacuation que la fosse de la latrine.

Ces latrines consomment deux à trois litres par utilisation et assurent un niveau de confort et de propreté satisfaisant. Le siphon hydraulique permet d'isoler les excréments des zones de vie et évite ainsi la prolifération des mouches.

Le sol assure un rôle filtrant et épurateur de la fraction liquide. Bien qu'imparfait, du fait de l'absence d'alternance entre les périodes immergées et les périodes aérées, ce système d'épuration reste satisfaisant pour les débits considérés (de l'ordre de 20l/hab/jour). Les latrines doivent donc être considérées comme une solution d'assainissement transitoire car leur faible coût permet d'implanter une pièce d'eau et un système d'assainissement dans des bâtiments anciens et peu appropriés à accueillir l'eau courante.

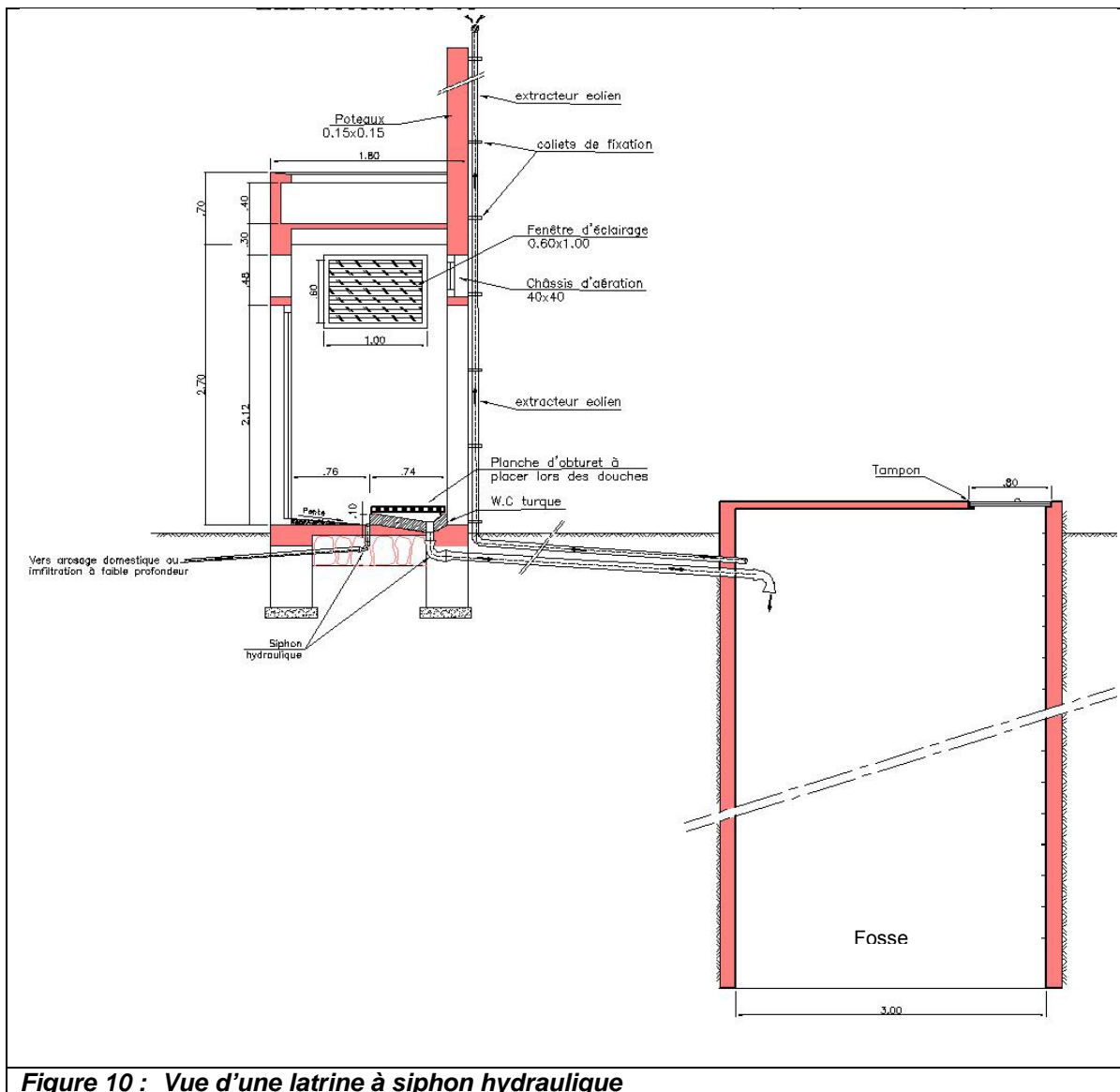


Figure 10 : Vue d'une latrine à siphon hydraulique

Le principe de fonctionnement combine une fosse et un système d'infiltration rudimentaires. En Effet, à l'aval de la toilette se trouve une fosse profonde de plusieurs mètres dans laquelle s'accumulent les matières fécales. La partie solide sédimente et fermente dans le fond de la fosse tandis que la partie liquide surnageante s'infiltré dans le sol au travers des parois latérales de la fosse.

L'accumulation de la fraction solide dans le fond assure une certaine étanchéité tandis que les parois latérales supérieures restent perméables (lorsque le sol est perméable). De ce fait, l'accumulation de boues est similaire à ce qu'on observe pour les fosses septiques, à savoir environ 40l de boues par habitant lorsque le temps de séjour des boues dans la fosse est supérieur à deux ans (ce qui est systématiquement le cas).



4 Présentation de l'épuration par infiltration-percolation

4.1 Principes généraux d'infiltration et de circulation de l'eau dans le sol

Lors de pluies, l'eau ruisselle mais également s'infiltré dans le sol. La partie infiltrée contribue à humidifier le sol et l'eau en excès continue à percoler vers des horizons plus profonds. Lorsque cette eau rencontre une roche plus étanche, elle s'accumule et forme une nappe. Cette nappe peut ensuite circuler transversalement. La différence de niveau entre deux points de la nappe, selon l'axe de l'écoulement s'appelle la pente de la nappe (ou gradient hydraulique de la nappe).

Le gradient de la nappe se calcule par le rapport de la différence de niveau de la surface libre de la nappe et la distance, selon l'axe d'écoulement comprise entre ces deux points.

Le niveau de la nappe fluctue en fonction des saisons, de son mode d'alimentation et d'éventuels pompages.

La partie du sol située en dessous de la surface libre de la nappe est dite saturée et la partie supérieure est dite insaturée.

L'eau circule dans le sol au travers du volume laissé disponible par les constituants solides du sol. Il se présente sous forme de micro et macro-porosité suivant la taille des espaces. La macroporosité pourra être celle d'un sable grossier mais également d'un sol limoneux contenant des agrégats ou dans lequel des organismes vivants (végétaux et animaux) ont établi des canaux aux formes irrégulières et discontinues.

La porosité d'un sol, qui peut se définir comme sa capacité à transmettre l'eau, ne découle pas directement de la porosité globale, mais de la taille, de la continuité et de l'irrégularité de cette porosité. Un sol argileux, dont la porosité globale peut être élevée, transmet difficilement l'eau, en raison de la prépondérance de la micro-porosité. A l'inverse, un sol sableux, même de faible porosité globale, transmet beaucoup mieux l'eau en raison de sa macroporosité.

Divers processus, entre autres, la dégradation de la matière organique en particules humiques, peuvent contribuer à structurer le sol et à en augmenter la perméabilité. De ce fait, un sol de texture uniforme peut présenter une perméabilité variable dans l'espace et plus systématiquement en fonction de la profondeur.

Lorsque tous les pores sont remplis d'eau, le sol est dit saturé et lorsque les macropores sont vides d'eau, le sol est dit insaturé. Au fur et à mesure que les micro-pores se dessèchent, le sol développe une capacité de succion qui permet d'extraire de l'eau d'horizons plus profonds encore saturés, il s'agit de la remontée capillaire.



Les pores du sol sont également le siège d'une activité biologique intense, on mesure régulièrement une concentration en micro-organismes proche de 10^{18} voire 10^{19} germes par gramme.

Ces capacités du sol sont utilisées dans les systèmes d'épandage à faible profondeur pour dépolluer l'eau avant qu'elle ne rejoigne de la nappe.

4.2 Principes de fonctionnement des systèmes d'épandage à faible profondeur

L'infiltration des eaux usées provenant de la fosse septique doit être réalisée par bâchées (alimentation discontinue). Le massif d'infiltration est noyé puis l'apport d'eau est stoppé ; cette eau s'infiltré progressivement dans le sol.

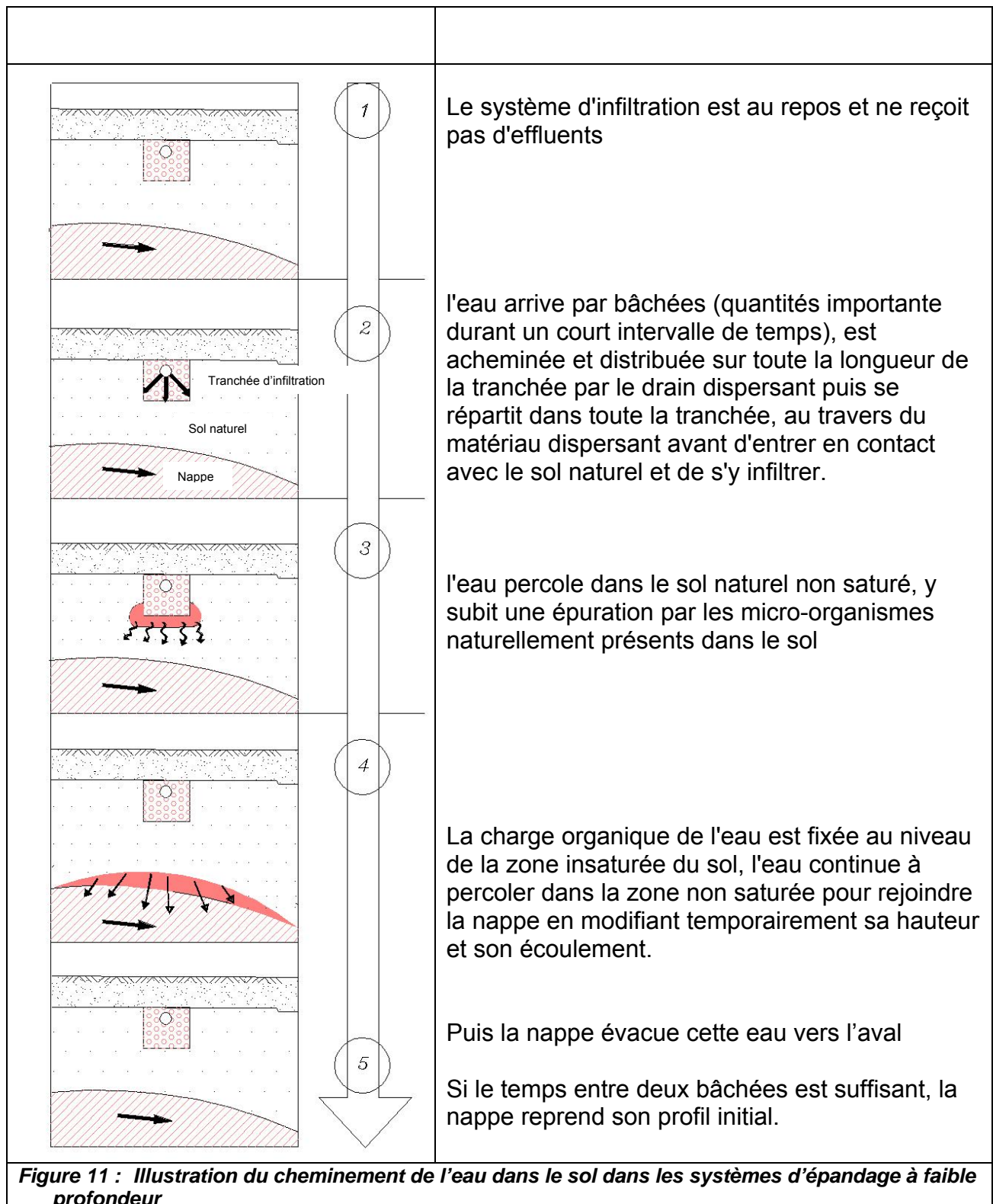
Le sol situé entre le point d'infiltration et la nappe se trouve de ce fait alternativement saturé et non saturé en eau. Les périodes de saturation correspondent à des périodes d'alimentation en matière organique et les périodes de non-saturation permettent aux micro-organismes et aux invertébrés de disposer de l'oxygène nécessaire pour consommer la matière organique mise à leur disposition.

La figure 11 illustre ce phénomène en présentant le cheminement d'une eau usée dans un système d'infiltration.

Cette alternance des phases est indispensable au développement de l'activité biologique qui dégrade la matière organique apportée par l'eau.

Rompres cette alternance par un excès d'eau déplace l'équilibre écologique du sol vers une situation de saturation permanente et un déficit en oxygène de nature à réduire la cinétique de la dégradation, ce qui peut engendrer un colmatage rapide du système. Il est donc important d'assurer une alternance entre les périodes noyées et les périodes non noyées, particulièrement au niveau des premiers centimètres de sol naturel, là où se réalise presque toute l'épuration des eaux infiltrées.

Afin d'assurer une bonne répartition de l'eau sur toute la surface du sol, il est préférable d'assurer l'alimentation du système d'épandage à faible profondeur par de gros apports d'eau à intervalles réguliers. Dans le cas de l'assainissement d'une habitation, l'évacuation des eaux peut être considérée comme discontinue. Par contre, dans le cas de l'assainissement de plusieurs habitations, les habitudes de chaque ménage et le pouvoir tampon du système de collecte réduisent la discontinuité des apports. Dans ce cas, le système d'épandage peut être précédé d'un système d'alimentation par bâchées (Siphon de chasse automatique, auget basculeur, siphon cloche, réservoir par effet de chasse, chasse pendulaire). Une pompe de relevage (pour eaux usées chargées) fonctionnant périodiquement peut également assurer cette fonction.



L'alternance des périodes saturées et non saturées permet à la biologie du sol de dégrader la matière organique apportée par l'eau. Si cette alternance n'est pas respectée, le pouvoir épurateur du sol est réduit et le système risque de se colmater rapidement.



Les phases 2 et 3 de la figure 11 correspondent à l'infiltration de l'eau usée prétraitée dans le sol. Le débit acceptable d'infiltration est régi par des relations empiriques, basées sur l'expérimentation. Le dimensionnement de l'élément d'épandage à faible profondeur concerne essentiellement :

- la surface de l'interface séparant l'élément d'infiltration et le sol naturel,
- le système de répartition uniforme de l'eau sur toute la surface d'infiltration,
- la hauteur de sol insaturé nécessaire à l'épuration de l'eau usée prétraitée.

Le comportement de la nappe sous la zone d'infiltration a été modélisé, entre autres par Finnemore et al. Cette remontée de la nappe revêt une importance particulière lorsque celle-ci est peu profonde et que les charges hydrauliques appliquées sur le système d'infiltration sont élevées. Cependant, lorsque la profondeur de la nappe est supérieure à 3 mètres, le risque d'incidence de sa remontée sur le système d'épandage à faible profondeur peut être considéré comme négligeable, particulièrement pour des débits de l'ordre de 50 à 100 l/hab/j.

Le gravier situé directement sous le drain dispersant n'est pas prévu pour assurer une épuration complémentaire mais pour assurer une bonne dispersion de l'eau apportée afin de mouiller uniformément l'interface avec le sol naturel non saturé.

Siegrist [8] a suivi l'évolution de la capacité d'infiltration en fonction de la qualité et du débit d'eau. Cette étude a démontré que le facteur limitant l'infiltration se situe dans les premiers centimètres de sol et que la saturation de cette partie est dépendante de la quantité totale de DBO apportée (par unité de surface). C'est pourquoi, dans le cadre de ce guide, le dimensionnement se base sur la charge organique et non sur le débit à épurer. En effet, particulièrement en zone rurale, les débits d'eau peuvent fortement varier en fonction du standing de l'immeuble et des habitudes des occupants alors que la charge organique produite varie dans une moindre mesure. Cette approche contribue à simplifier le dimensionnement des ouvrages et à éviter des caractérisations coûteuses et difficiles à réaliser à l'échelle d'une habitation ou d'un groupe d'immeubles.

4.3 Performances des systèmes d'épandage à faible profondeur

Une étude menée par Anderson et al, 1994 et reprise dans le guide USEPA « On site waste water management » fournit des informations sur l'évolution de la qualité des eaux percolant au travers du sol non saturé (zone où la faune microbienne est particulièrement active). Les résultats sont repris dans le tableau ci-après.



Tableau 1 : Evolution des concentrations en polluants lors de la percolation d'une eau usée épurée par fosse septique "toutes eaux" (moyenne de 11 mesures). [1]

Type de polluant	Sortie fosse septique	Après 60 cm de percolation dans le sol non saturé	Après 120 cm de percolation dans le sol non saturé
DBO (mg/l)	93,5	< 1	< 1
COT (mg/l)	47,4	7,8	8,0
NTK (mg/l)	44,2	0,77	0,77
N-NO ₃ ⁻ (mg/l)	0,04	21,6	13,0
P. total (mg/l)	8,6	0,40	0,18
Matières solides dissoutes (mg/l)	497	448	355
Chlore (mg/l)	70	41	29
Coliformes fécaux (log de la concentration par 100 ml)	4,57	non détectés	non détectés
Streptocoques fécaux (log de la concentration par 100 ml)	3,60	non détectés	non détectés

N.B.: le sol était constitué d'un sable fin, la charge hydraulique était de 3,1 cm /j pendant 9 mois.

COT : carbone organique total.

NTK : azote Kjeldahl.

Des valeurs similaires sont également reprises par J. Bahij [14].

Ces valeurs montrent que, pour autant que la nappe soit située à une distance supérieure à 60 cm du point d'infiltration dans le sol :

- toute la DBO est éliminée,
- les microbes pathogènes sont éliminés,
- et après 60 cm le processus de dénitrification est initié avec un rabattement de 40 %.

Il est à noter qu'au niveau de la DBO₅, ces systèmes sont plus performants que les stations d'épuration par lagunage ou par boues activées.

4.4 Contamination du sol et de la nappe par l'azote

En matière d'azote, il y a lieu d'être prudent, en effet celui-ci constitue un polluant, particulièrement vis-à-vis de nappes exploitées pour la production d'eaux potables.

L'azote, provenant de la fosse septique principalement sous forme ammoniacale, est rapidement oxydé par les bactéries présentes à l'interface entre le massif d'épandage à faible profondeur et le sol naturel non saturé. Tout l'azote est alors transformé en nitrates et nitrites. Il est alors aisément soluble et très peu fixé par les argiles du sol. Cet azote migre rapidement vers la nappe. Cependant une partie de cet azote nitrifié est également utilisé par les microorganismes comme accepteur



d'électrons dans les réactions d'oxydation du carbone. Il est alors transformé en azote gazeux, principal constituant de l'air.

Malgré les valeurs prometteuses reprises dans le tableau 1, la bibliographie mentionne un rabattement, par le sol, des apports en azote de 20% [1] ou un rabattement d'environ 50% par la fosse septique [14].

Dans la mesure où la contamination des nappes par les nitrates doit être maîtrisée, l'apport de l'infiltration des eaux usées épurées doit être quantifié.

Dans le cas d'un rejet domestique, le ratio habituellement utilisé est de 10 g d'azote/(hab.j) soit 3,65 kg d'azote/(hab.an). Cette valeur semble surestimer les apports réels constatés au Maroc mais elle permet de positionner les apports des eaux usées par rapport aux autres pratiques (cultures et élevage) introduisant de l'azote dans le sol.

En supposant différents taux de rabattement en fonction de la bibliographie, l'apport en azote varie de 6 à 8 g d'azote/j/hab [1], [14].

Des ratios sur les apports azotés de différentes activités (agricole principalement) sont disponibles dans la littérature. Elles devraient être utilisées afin de réaliser des bilans azotés au niveau de la zone d'alimentation de la nappe. Ces apports à la nappe des différentes sources de contamination (exprimés en kg/an ou en kg/(ha*an)) méritent d'être comparés entre eux afin de dégager les priorités en matière de réduction de la contamination de la nappe. Il est cependant régulièrement démontré que la contamination provenant d'habitations isolées situées en zone rurale peut être considérée comme négligeable, une fois qu'un système d'épandage à faible profondeur est installé.

D'autre part, là où on établirait que la contamination en azote de la nappe provient bien des eaux usées domestiques, la généralisation des systèmes d'assainissement autonome ne réduirait, selon la bibliographie disponible, cette contamination en azote, que d'environ 40%. Il serait donc judicieux, pour ce type de cas, d'étudier d'autres solutions d'épuration plus performantes dans l'élimination de l'azote et de suivre le rabattement en azote de quelques installations d'épandage à faible profondeur pilotes.

4.5 Contamination du sol et de la nappe par les micropolluants

Les informations disponibles [1] indiquent un taux de rabattement supérieur à 99% pour les composés chimiques organiques, pétrochimiques et les métaux lourds.

Pour autant que ces systèmes soient utilisés pour l'épuration d'eaux usées domestiques provenant de l'activité normale des ménages, les risques de contamination de la nappe en micropolluants par ces systèmes d'épandage à faible profondeur peuvent être considérés comme négligeables.



5 Gestion de la fraction solide produite par les systèmes d'assainissement autonome

5.1 Curage des boues

Les boues peuvent être enlevées à l'aide de véhicules hydrocureurs. L'ONEP en utilise dans le cadre de la gestion des réseaux d'assainissement. Ces véhicules pourraient également être utilisés pour la vidange périodique des fosses septiques de douars et les boues seraient ensuite soit déversées sur un lit de séchage proche du douar ou acheminées vers le lit de séchage géré par l'ONEP (là où une station d'épuration est exploitée).

Si les hydrocureurs ne sont pas disponibles, des solutions de curage manuel devront être mis en œuvre. La technique la plus accessible consiste à arrêter les apports pendant 24h, à siphonner la partie supérieure à l'aide d'un tuyau de fin diamètre (20 à 40 mm) puis à évacuer le fond de la cuve soit à l'aide de seaux (attention aux odeurs !) soit à l'aide d'une pompe immergée pour eaux usées.

La solution radicale consiste à pomper tout le contenu de la fosse septique et à le filtrer sur le lit de séchage. Dans ce cas, il est nécessaire de déterminer préalablement la destination de l'eau de drainage car celle-ci sera produite en quantités importantes et restera fortement chargée.

5.2 Séchage des boues

La fosse septique va produire une quantité de boues estimée à environ 40l/hab/an. Pour un douar de 250 habitants, la production annuelle sera de 10m³/an.

Habituellement, les boues de fosse septique sont déversées dans les stations d'épuration (généralement à boues activées). Elles sont partiellement dégradées et se retrouvent dans les boues de la station d'épuration.

Dans le cas du lagunage naturel disposant de bassins anaérobies, cette technique semble moins appropriée; il est préférable de les déposer sur le lit de séchage de la station et de renvoyer le percolât vers les bassins anaérobies de la station.

Dans le cas de systèmes implantés loin de toute station d'épuration collective, il serait préférable d'implanter des lits de séchage complétés par un bassin de stockage du percolât. Ces lits seront préférentiellement utilisés de mai à octobre, le temps de séchage sera d'environ trois semaines et l'apport de boues sur le lit pourra avoisiner 40 cm (ce qui impose des murets périphériques d'au moins 50 cm au dessus de la dernière couche de sable). Afin d'en réduire la taille et le coût du bassin de stockage, il est proposé d'ensuite épandre ce percolât sur des terrains en friche ou sur des cultures en jachère (afin d'éviter tout risque de transmission de pathogènes provenant des boues) plutôt que de chercher à l'évaporer ou à l'épurer.

Une fois les boues séchées, celles-ci sont raclées du lit de séchage et mises en décharge ou éventuellement épandues sur des terres agricoles en respectant une période de quarantaine d'environ 40 jours.

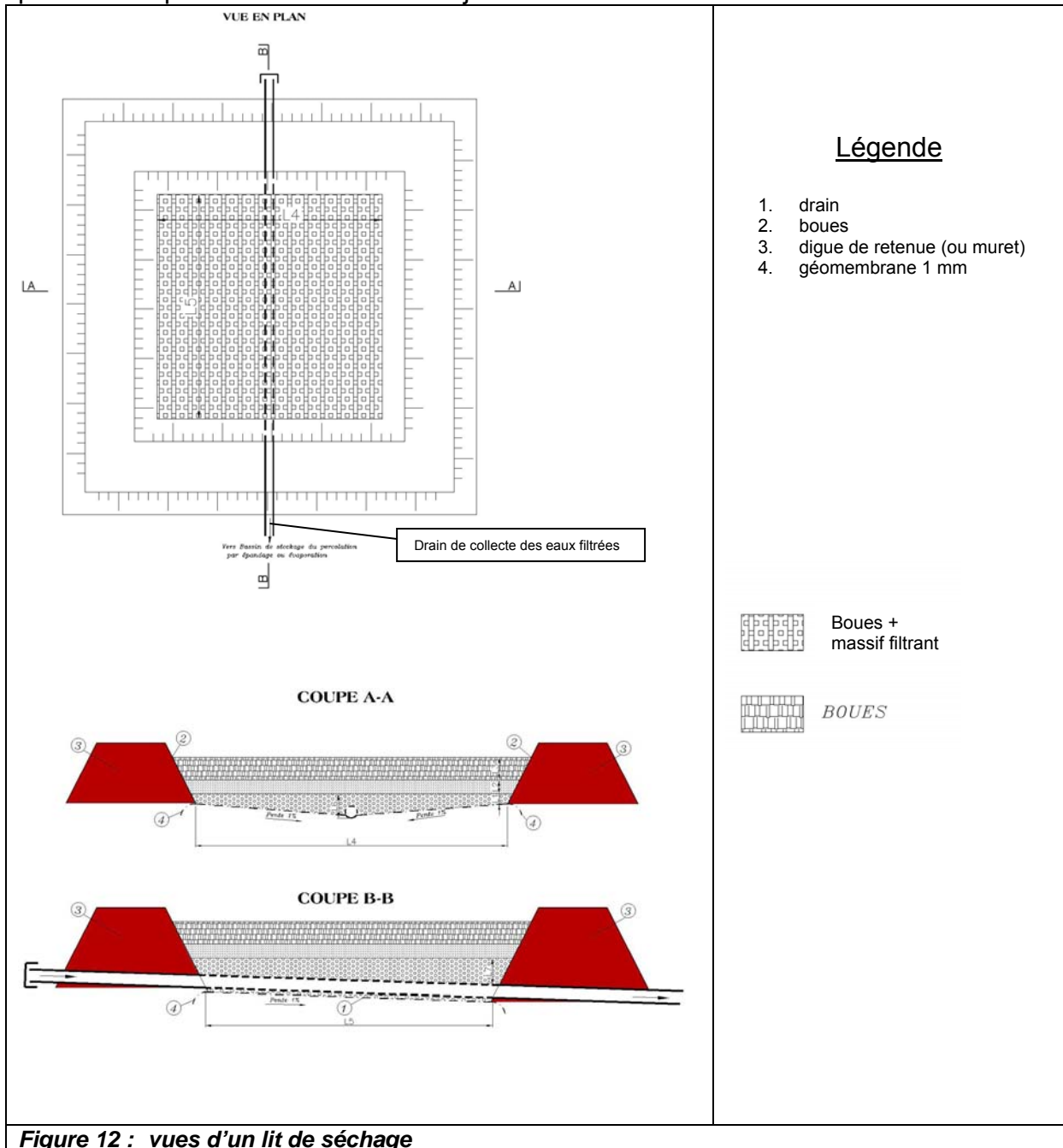


Figure 12 : vues d'un lit de séchage



6 Principes de dimensionnement des systèmes conventionnels d'assainissement autonome

Ces petits ouvrages supportent mal les chocs hydrauliques et la fosse septique ne peut recevoir que les eaux usées domestiques, **en excluant les eaux pluviales**.

Il est donc indispensable de mener une réflexion sur le devenir des eaux pluviales avant d'opter pour une solution en matière d'assainissement des eaux usées domestiques.

Pour des ouvrages de petite taille pour lesquels le débit à traiter ne dépend que du mode de vie des habitants (puisque les eaux pluviales sont exclues), le dimensionnement se base sur des ratios de charge hydraulique et organique sans utiliser de résultats de campagnes de caractérisation des rejets. L'unité de dimensionnement sera donc l'habitant ou l'équivalent habitant, dans le cas d'immeubles utilisés à d'autres fins que celle de l'habitation.

6.1 Calcul de la charge

Les systèmes d'assainissement autonome repris dans ce guide peuvent être utilisés pour l'assainissement d'immeubles de standing très varié, situés en zone rurale comme en zone urbaine mais sont principalement destinés à gérer les eaux d'immeuble disposant de branchements individuels et pour lesquels le débit de rejet à prendre en considération varie généralement de 50 à 150 l/hab/jour.

Les valeurs les plus communément utilisées pour l'estimation du débit sont reprises dans le tableau ci-après.

Tableau 2 : Ratios habituellement utilisés pour l'estimation des débits et charges produits par les habitants

Type d'habitat	Quantités d'eaux usées domestiques rejetées par habitant au niveau	Charges biologiques rejetées par habitant dans les eaux usées domestiques
- habitation de faible standing	50 l/hab/jour	30 g DBO ₅ /hab/jour
- habitation de moyen standing	70 l/hab/jour	40 g DBO ₅ /hab/jour
- habitation de haut standing	>100 l/hab/jours	40 g DBO ₅ /hab/jour

Ces débits ne doivent concerner que les eaux usées domestiques. En aucun cas, les eaux pluviales (toiture et terrasses) ne peuvent être acheminées vers la fosse septique sous peine d'engendrer d'importants dysfonctionnements.



Les valeurs présentées concernent des moyennes journalières. Il est cependant également important de tenir compte des variations des débits quotidiens. En effet la variation du rapport débit réel journalier/débit de dimensionnement est d'autant plus important que le nombre d'habitants concerné est faible. On peut donc constater des coefficients de pointe relativement élevés (régulièrement de l'ordre de 4 dans le cas d'une habitation individuelle alors qu'il est inférieur à 2 dans le cas d'un assainissement collectif de moyenne importance, eaux pluviales noncomprises). **Ces considérations conduisent à recommander une taille minimum de fosse septique correspondant à 5 habitants, même si le nombre d'habitants desservis est inférieur.**

Deux valeurs de DBO_5 sont indiquées, elles résultent des discussions avec les responsables du laboratoire ONEP qui constatent encore actuellement (2004) que dans les zones rurale ou d'habitat de faible standing domine, la charge organique rejetée reste légèrement inférieure à 30 g/hab/jour. Il faut cependant rester prudent avec ces valeurs car les systèmes conventionnels d'assainissement sont en général implantés pour une durée de 20 ans ou plus ; il est donc préférable de tabler sur un accroissement du niveau de vie qui contribue généralement à un accroissement de la charge biologique rejetée.

D'autre part l'évaluation du débit reste difficile, particulièrement dans le cas d'habitations venant d'être équipées d'un branchement individuel. C'est pourquoi, il est proposé de dimensionner :

- la fosse septique sur base de valeurs de référence liées au standing de l'habitation en visant la sécurité,
- le système d'épandage à faible profondeur sur base de la charge organique,
- le système d'infiltration des eaux épurées sur base du standing de l'habitation, en visant la sécurité.

6.2 Calcul du nombre minimal d'habitants par immeuble

Il est également nécessaire de disposer de ratios pour les immeubles qui ne sont pas destinés au logement des familles. Ainsi les écoles, les casernes, les hôpitaux, les usines, ... peuvent également utiliser les systèmes d'assainissement autonome pour épurer leurs rejets domestiques. Le tableau, repris du SDNAL, propose quelques valeurs de coefficient pour ce type d'immeubles afin de déterminer le nombre d'habitants (ou d'équivalent habitants) à prendre en considération pour le dimensionnement.



Tableau 3 : Conversion de la charge polluante émise par certaines activités commerciales ou administratives

<u>Désignation</u>	<u>Coefficient</u>
Usager permanent (concierge, ...)	1
Ecole (pensionnat), caserne, ...	1
Ecole (demi-pension) ou similaire	0,5
Ecole (externat) ou similaire	0,3
Hôpital, clinique (y compris personnel soignant), par lit, personne de bureau, de magasin	0,5
Personnel d'usine, par poste de 8 heures	0,5
Hôtel-restaurant, pension de famille sans restaurant, par chambre	2
Restaurant, par couvert dressé ¹	1

Les calculs doivent être établis sur base du potentiel d'occupation de l'immeuble et non sur base de l'occupation réelle au moment de l'implantation du système d'assainissement autonome. Ainsi une maison pouvant accueillir 8 résidents permanents disposera d'un système d'assainissement pour 8 habitants, même si elle n'est occupée que par quatre personnes ;

¹ Ratio ajouté par l'auteur

6.3 Dimensionnement de la filière

Un système d'assainissement autonome est composé de différents éléments qu'il est nécessaire de dimensionner. La figure 13 illustre les différents éléments à dimensionner.

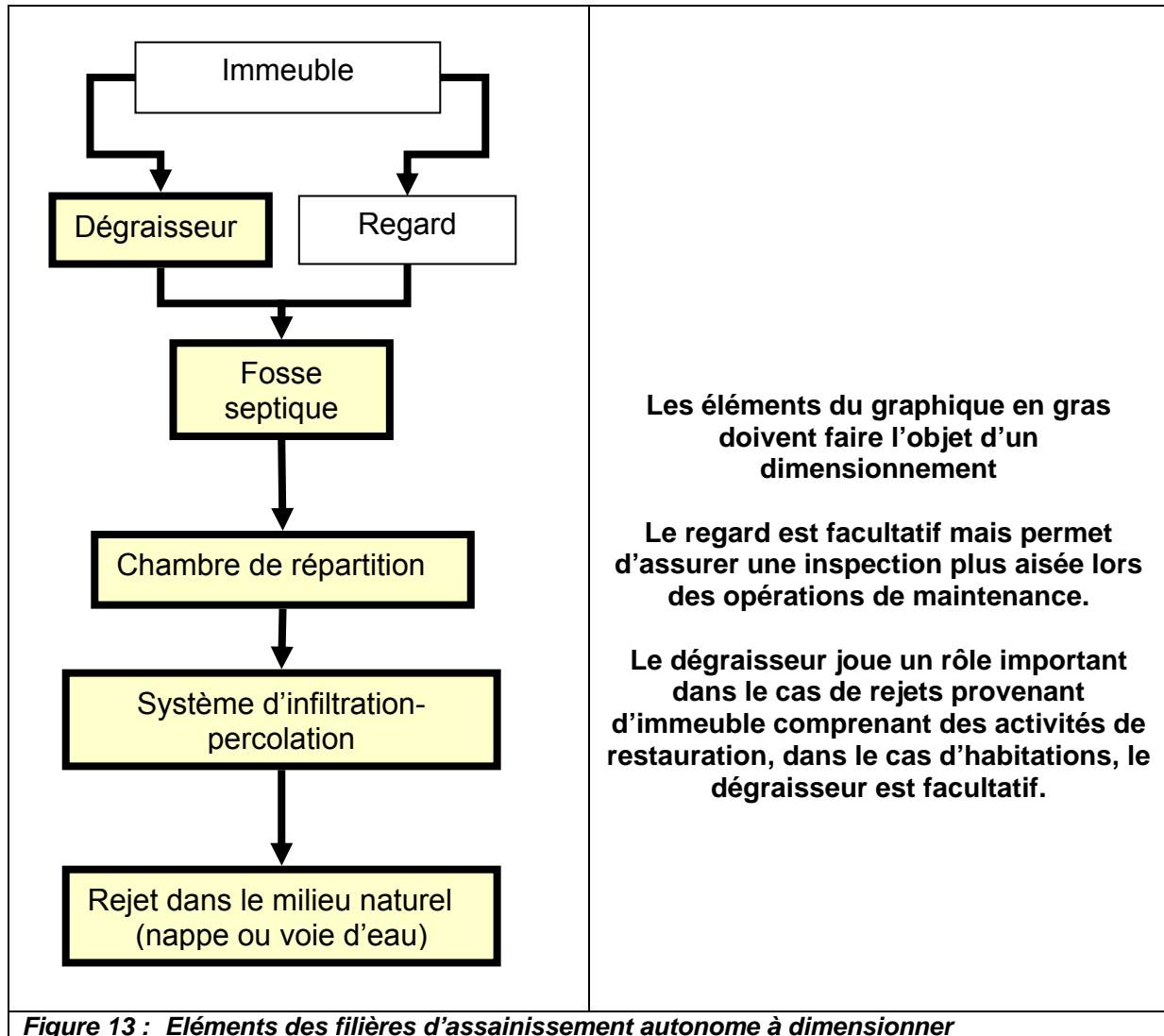


Figure 13 : Eléments des filières d'assainissement autonome à dimensionner

6.4 Dégraisseur

Le dégraisseur doit être implanté à proximité de l'immeuble (moins de 2 mètres) afin d'éviter que la graisse ne se fige dans les canalisations. Son entretien doit être très régulier. Il est particulièrement utile pour les restaurants, cantines et autres activités générant des quantités importantes de graisses dans les eaux usées.

Les dégraisseurs sont généralement dimensionnés en fonction du nombre maximum de couverts pouvant être servis lors d'un repas. Il s'agit d'une cuve tampon dans laquelle les eaux refroidissent, permettant à la graisse de coaguler et de remonter en surface. Un système de cloisons siphonides immobilise ces graisses à l'intérieur de la

cuve. Ces graisses doivent ensuite être régulièrement collectées et évacuées avec les déchets solides.

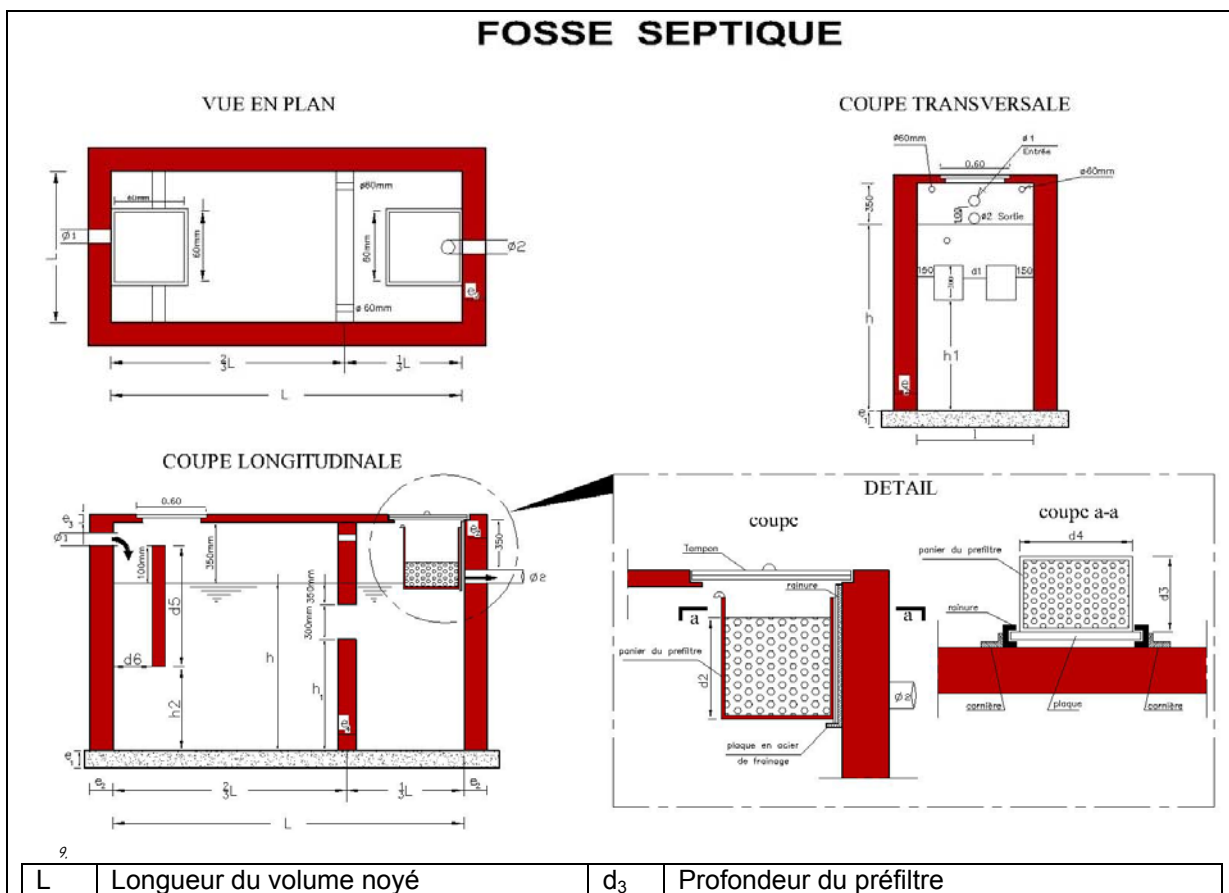
Les dégraisseurs sont généralement achetés chez des fournisseurs spécialisés. Une liste non exhaustive de fournisseurs est reprise en fin de document.

6.5 Fosse septique

La fosse septique assure la sédimentation et la liquéfaction de la charge polluante contenue dans les eaux usées. Le rabattement de la DBO_5 y est d'environ 40% et est principalement dû à la sédimentation, c'est pourquoi la fosse septique doit être dimensionnée en fonction de la charge hydraulique et de l'intervalle entre deux curages des boues sédimentées.

La vidange de boues flottante doit être réalisée environ tous les deux ans. Elle ne nécessite pas de matériel particulier et peut être exécutée par l'utilisateur. Ces boues fort sèches et peu odorantes peuvent ensuite être évacuées avec les déchets solides de l'habitation.

La vidange des boues sédimentées doit être réalisée tous les 3 à 5 ans. Plus la capacité de stockage est importante, plus les boues sont minéralisées et l'espacement entre les vidanges important. Cette vidange nécessite l'intervention d'un camion citerne équipé de pompes (hydro cureuse).





l	Largeur du volume noyé	d ₄	Largeur du préfiltre
h	Hauteur du volume noyé	d ₅	Variable en fonction de la profondeur de la zone perméable (min 1m ² /habitant).
h ₁	Hauteur du muret de retenue des boues = h – 650 mm	e ₁	Épaisseur de la dalle de la fosse septique
h ₂	Hauteur du point bas de la cloison siphonide = h ₁ - 100 mm	e ₂	Épaisseur des cloisons de la fosse septique
d ₁	Distance séparant les deux ouvertures immergées de la cloison intérieure	e ₃	Épaisseur du couvercle de la fosse septique
d ₂	Hauteur immergée du préfiltre		

Figure 14 : Vue en plan et coupes d'une fosse septique

Une fosse septique doit être dimensionnée en intégrant cinq contraintes :

- un temps de séjour minimum de 3 à 4 jours,
- une capacité de stockage des boues variant de 3 à 5 ans en fonction d'un optimum économique,
- un volume de boue, avant vidange, ne dépassant pas 50% du volume immergé,
- un rapport de longueur/largeur compris entre 2 et 3,
- une hauteur du volume immergé comprise entre 1,5 et 3m.

6.5.1 Exemple de calcul

Soit un groupe d'immeubles comprenant un restaurant de 50 couverts, 6 appartements de 5 personnes et un centre de soins occupant 10 personnes.

- Le nombre d'habitants à prendre en considération sera de : $50 + 6 \cdot 5 + 0,5 \cdot 10 = 85$ personnes.
- Le dégraisseur doit être dimensionné pour 50 couverts et placé au niveau du rejet des cuisines du restaurant.
- La fréquence de vidange des boues sera de trois ans.
- Le volume de boues sera de $40\text{l/pers/an} \cdot 85 \text{ personnes} \cdot 3 \text{ ans} = 10,2 \text{ m}^3$.
- Le volume de séjour des eaux usées sera de :
 - restaurant : $50\text{l/pers/j} \cdot 50\text{pers} \cdot 4\text{jours} = 10\text{m}^3$,
 - appartements : $70\text{l/pers/j} \cdot 30\text{pers} \cdot 4\text{jours} = 8,4\text{m}^3$,
 - centre de soins : $100\text{l/pers/j} \cdot 10 \text{ pers} \cdot 4\text{jours} = 4\text{m}^3$,
 - Soit un volume total de $22,4 \text{ m}^3$.
- Le volume total immergé sera de $32,6 \text{ m}^3$.
- Le volume de boues est inférieur à 50% du volume immergé \Rightarrow OK.
- La hauteur du volume immergé sera de 2,5m
- La surface du volume immergé sera de $13,04\text{m}^2$.
- La longueur du volume immergé sera de 5,5m.
- La largeur du volume immergé sera de 2,44m arrondi à 2,5m.
- Le rapport Longueur/largeur est de $5,5/2,5 = 2,2 \Rightarrow$ compris entre 2 et 3. \Rightarrow OK.



6.5.2 Consignes d'implantation

Les terres de remblais des fouilles doivent être compactés par tranches successives d'une épaisseur de 20 cm en arrosant abondamment chaque tranche de remblai.

Les tampons doivent être étanches à l'eau et à l'air, il peuvent être recouverts d'une fine couche de terre mais doivent rester aisément accessibles (vidanges et inspections).

La fosse septique doit être implantée à proximité de l'immeuble afin de ne pas trop l'enterrer tout en maintenant une pente de 2 à 4% pour les conduites acheminant les eaux usées à la fosse septique.

Si la fosse doit être enterrée plus en profondeur, la hauteur de la zone non noyée peut être augmentée afin de maintenir les regards au niveau du terrain naturel.

D'une manière générale, une fois que la fosse septique concerne plus de 20 habitants, il est préférable de prendre un intervalle de vidange de 3 ans. Par contre, pour des fosses septiques de 5 personnes, l'intervalle de vidange sera de 5 ans. Une estimation des deux coûts d'investissement, comparés à l'économie induite par l'espacement des vidanges peut également conduire le choix de l'intervalle de vidange.

6.6 Préfiltre

Le préfiltre est un équipement complémentaire de protection des systèmes d'épandage à faible profondeur. Il peut être immergé dans le deuxième compartiment de la fosse septique ou juste après la fosse septique. Il limite ainsi les risques de colmatage en retenant les particules solides qui peuvent s'échapper de la fosse septique (cotons tiges, mégots, éléments plastiques,...).

Ce préfiltre est constitué d'une chambre étanche contenant du gravier fin (par exemple 5-10mm de granulométrie) au travers duquel l'eau est grossièrement filtrée. Il peut également être installé en sortie de fosse septique et utiliser le même type de gravier. L'efficacité de ces préfiltres dépend du suivi visuel et du lavage régulier du gravier. Dans le cas de préfiltres installés en sortie de fosse septique, un nettoyage tous les 6 mois est conseillé durant les premières années. Ensuite, en fonction du colmatage constaté, la périodicité des entretiens peut être revue.

La surface filtrante sera d'au moins 0,05m²/hab avec un minimum de 0,35m². Dans le cas de préfiltres immergés, quatre faces du panier sont en contact avec l'eau tandis que dans le cas d'une cuve placée après la fosse septique, seule la face à l'air libre peut assurer la filtration. Le préfiltre immergé représente donc la solution la plus compacte.

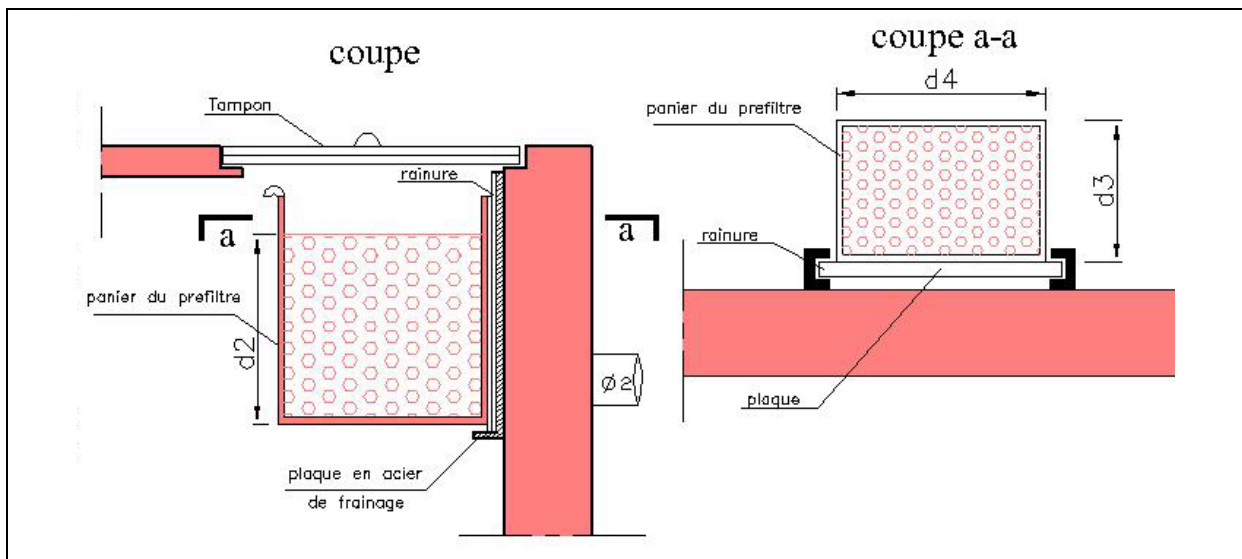
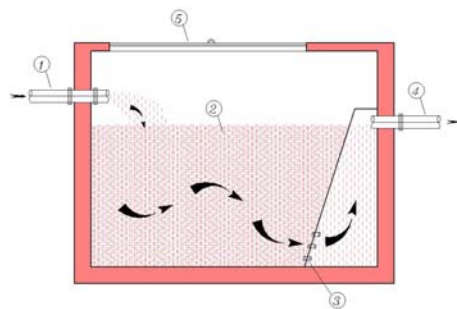


Tableau 4 : dimensions des préfiltres intégrés à la fosse septique

d2	min 40 cm	Plaque : prévoir une épaisseur suffisante (3 mm min) en forme de cadre sur lequel on fixe le treillis assurant le retenue du gravier fin
d3	min 40 cm	\varnothing_2 = sortie de fosse septique
d4	min 40 cm	



Légende

1. sortie fosse septique
2. massif filtrant
3. perforations dans la cloison de séparation
4. sortie vers chambre de répartition
5. tampon

Tableau 5 : dimensions des préfiltres extérieurs à la fosse septique

d1	Min 10 cm
d2	Min 15 cm
d3	Min 30 cm
d4	Min 3 cm

Figure 15 : Vue en plan et coupes de préfiltres intégrés et non intégrés

6.7 Conduites

En matière de dimensionnement des conduites, le dimensionnement basé sur le débit de pointe rejeté (de l'ordre de 1l/s/habitation) n'est pas très utile car la taille des matières transportées par l'eau conditionne fortement le diamètre des conduites. Dans le cas de l'assainissement de plusieurs habitations, on veillera à maintenir à la fosse septique à moins de 10 m des habitations. Dans le cas contraire, les vitesses



d'écoulement pour ces faibles débits risquent d'être insuffisantes pour assurer une mise en suspension de la fraction particulaire, ce qui engendre un colmatage progressif des conduites. Pour ces différentes raisons, il est préférable de prévoir des conduites d'un diamètre supérieur à 125 mm et d'implanter des fosses septiques à moins de 10 m des points de production des eaux usées.

6.7.1 Diamètre et pente des conduites

Les conduites arrivant à la fosse septique ne pourront être inférieures à 125mm de diamètre. Dans le cas d'une fosse septique commune à plusieurs habitations, il est préférable d'opter pour un diamètre de 200 mm. Pour une fosse septique recevant les eaux de plus de 50 habitants, un diamètre de 300 mm sera plus approprié.

Après décantation, le diamètre des conduites peut être réduit mais restera toujours supérieur ou égal à 100mm.

La pente minimum des conduites sera de 2% avant fosse septique et de 0,5 à 1% après fosse septique.

6.7.2 Pose et caractéristiques des conduites

Les conduites seront préférentiellement posées à faible profondeur, à l'abri du gel et du soleil, dans des zones interdites à la circulation des véhicules. Dans le cas contraire, les règles de l'art en matière de profondeur des tranchées devront être respectées. Généralement, pour ce type d'installation, les conduites en PVC sont préférées pour leurs facilités de mise en œuvre et de transport.

6.7.3 Raccords des conduites

6.7.3.1 Raccord des conduites entre elles

Les raccords des conduites en PVC seront réalisés à l'aide de manchons équipés de joints à lèvres.

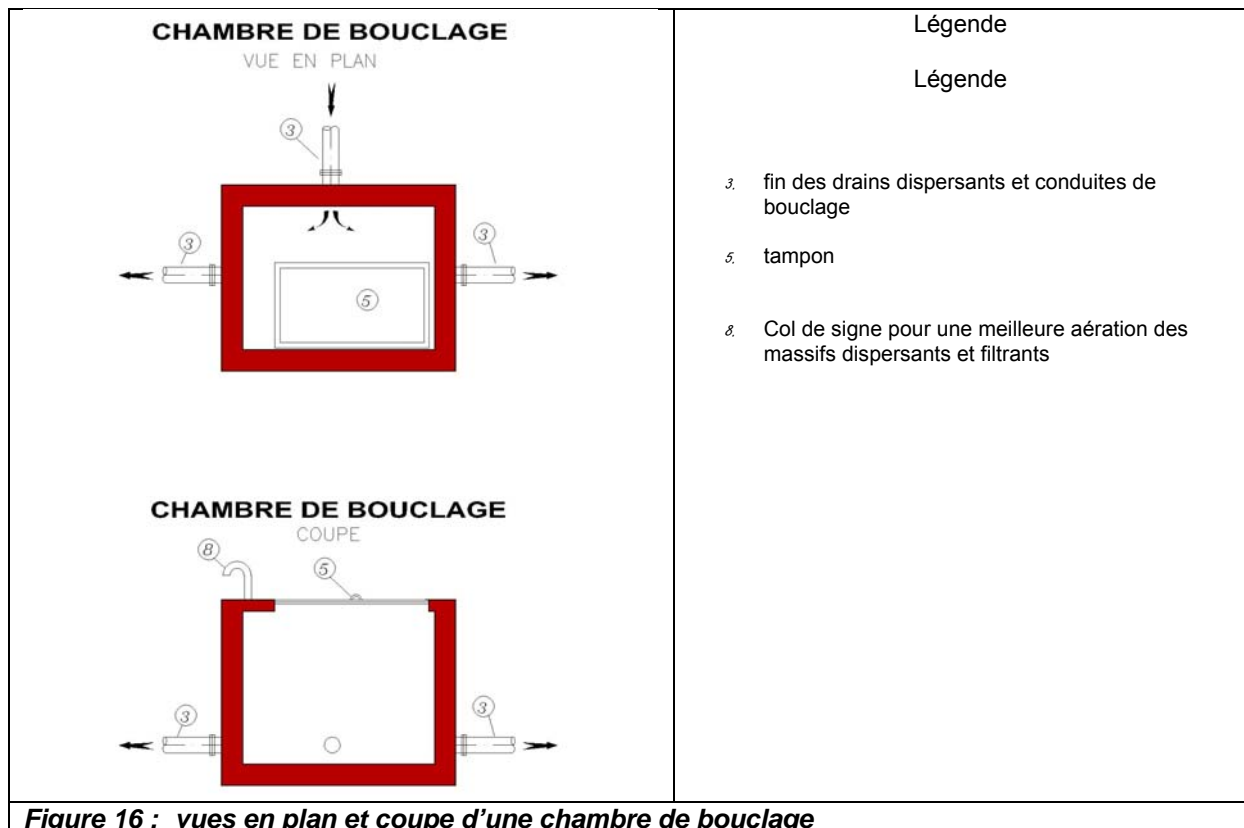
6.7.3.2 Raccord des conduites aux chambres

Les conduites seront raccordées aux chambres à l'aide de joints élastiques (silicones compatibles béton-PVC).

6.8 Chambres de bouclage

Les chambres de bouclage assurent trois rôles :

- répartir l'eau entre les drains dispersants lorsque l'eau apportée n'est pas entièrement distribuée sur le massif dispersant,
- permettre une inspection et éventuellement le nettoyage des drains dispersants,
- contribuer à l'aération des massifs dispersants et filtrants.



Il s'agit d'un ouvrage en béton pour lequel les différents orifices de connexion des tuyaux doivent être parfaitement de niveau. La chambre sera généralement de 60*60cm (ou plus en fonction de la profondeur) et sera équipée d'un col de signe afin d'améliorer la ventilation des massifs dispersants et filtrants.

6.9 Systèmes d'épandage à faible profondeur

Cinq systèmes d'épandage à faible profondeur sont abordés dans ce guide : les tranchées d'infiltration, les lits d'infiltration, les tertres d'infiltration, les filtres à sable non drainés (à écoulement vertical) et les filtres à sable drainés.

Ces systèmes assurent une épuration des effluents provenant de la fosse septique alors que le puits perdu n'assure pas cette fonction. De ce fait, un système d'épuration (par exemple un filtre à sable drainé) doit assurer une épuration plus complète avant rejet dans le puits perdu.

Comme exposé précédemment, l'épuration est réalisée dans les premiers centimètres d'interface entre le gravier dispersant et le sol. Si cette surface reçoit une charge organique trop importante, le sol se colmate définitivement et il est alors nécessaire d'enlever le sol colmaté, ce qui engendre des travaux conséquents.

Les valeurs de dimensionnement proposées dans la littérature proviennent d'expérimentations et sont purement empiriques. Un suivi, sur plusieurs années d'unités pilotes contribuerait à mieux cerner les valeurs de dimensionnement à utiliser au Maroc.



6.9.1 Valeurs de dimensionnement des systèmes d'épandage à faible profondeur

Actuellement au Maroc les consommations en eau sont très variables et peuvent évoluer très rapidement en fonction du niveau de vie et des habitudes de la population. Comme ces systèmes d'assainissement autonome ont généralement une durée de vie supérieure à 20 ans, il est peu réaliste de dimensionner ces systèmes sur base de la consommation actuelle ou projetée, particulièrement lorsqu'on sait que la saturation de ces systèmes dépend beaucoup plus de la charge organique apportée que de la quantité d'eau à infiltrer.

Par ailleurs, en supposant un débit journalier de 150 l à infiltrer sur 8 heures, la vitesse d'infiltration nécessaire sera de $0,15/8 = 0,019 \text{ m}^3/\text{h}$ sur une surface de 8m^2 (voir tableau 6) soit $0,002 \text{ m}/\text{m}^2$ ($0,2\text{cm}/\text{h}$) dans le cas des sols les moins perméables alors que ceux-ci présentent au minimum une vitesse d'infiltration de $15\text{mm}/\text{h}$ (voir supra) soit un coefficient de sécurité de 7,5. Dans le cas d'un débit de $50\text{l}/\text{hab}/\text{jour}$, ce coefficient de sécurité est supérieur à 20. Sur base de cette analyse, il est aisé de conclure à la faible incidence du débit sur le bon fonctionnement du système d'épandage à faible profondeur.

C'est pourquoi il est proposé de retenir une charge organique de $40\text{g}/\text{hab}/\text{j}$, sachant que cette valeur n'est pas actuellement atteinte dans les immeubles de moyen et de faible standing implantés dans les zones rurales mais que, sur la durée de vie de l'ouvrage, ces valeurs risquent très certainement d'être atteintes du fait de l'amélioration du niveau de vie.

Les surfaces proposées dans ce guide tiennent compte des hypothèses suivantes :

- production par habitant : $40 \text{ g de DBO}_5 / \text{jour}/\text{habitant}$, rendement de la fosse septique : 40 % (en considérant l'impact positif des températures élevées sur la digestion anaérobie).
- charge en sortie de fosse septique : $40 \times 0,6 = 24 \text{ g de DBO}_5 / \text{hab}/\text{jour}$.

Sur base de données bibliographiques [1], [2], [3], [7] , les valeurs de dimensionnement retenues sont les suivantes:



Tableau 6 : Valeurs de dimensionnement des systèmes d'épandage à faible profondeur, pour une charge de 40g de DBO₅/hab/jour avant fosse septique

Type de sol	Valeurs de dimensionnement des surfaces d'épandage à faible profondeur
Pour les sols argileux (vitesse d'infiltration < 15 mm/heure)	pas d'infiltration, choisir le filtre à sable suivi d'un puits perdu ou rejet en surface
Pour les sols limoneux (vitesse d'infiltration comprise entre 15 et 30 mm/heure)	3 g de DBO ₅ /m ² /j ou 8 m ² /habitant/jour
Pour les sols sableux (vitesse d'infiltration comprise entre 30 et 500 cm/ heure)	6 à 8 g de DBO ₅ /m ² /j ou 3 à 4 m ² /habitant
Pour les sols graveux ou faillées: (vitesse d'infiltration supérieure à 500 cm/ heure)	Préférer les tertres ou les filtres à sable
NB : dans le cas de filtres à sables ou de tertre, du fait de la nature du matériau filtrant (sable de granulométrie déterminée), la charge est de 8 g de DBO ₅ /m ² /j. ou 3m ² /habitant.	

6.9.2 Exemples de calcul pour la détermination des surfaces d'infiltration

Cas 1: 6 habitants : charge en sortie de fosse septique : $6 \times 24 \text{ g.DBO}_5/\text{j} = 144 \text{ g DBO}_5/\text{j}$.

- Sol limoneux : $(144/3) = 48 \text{ m}^2$ ou $6 \times 8 \text{ m}^2 / \text{habitant} = 48 \text{ m}^2$ de surface d'infiltration
 - ⇒ 96 m linéaires de tranchées d'infiltration répartis en minimum 4 tranchées.
 - ⇒ 48 m² de lit d'infiltration.
- Sol sableux : $(144/7) = 20,6 \text{ m}^2$
 - ⇒ 41,2 m linéaire de tranchée d'infiltration répartis en minimum 2 tranchées
 - ⇒ 20,6 m² de lit d'infiltration
- Si tertre ou filtre à sable : $144/8 = 18 \text{ m}^2$.

Cas 2: 5 habitants à : charge en sortie de fosse septique : $5 \times 24 \text{ g.DBO}_5/\text{j} = 120 \text{ g DBO}_5/\text{j}$



- Sol limoneux : $(120/3) = 40 \text{ m}^2$ ou $5 * 8 \text{ m}^2 / \text{habitant} = 40 \text{ m}^2$
⇒ 80 m linéaires de tranchées d'infiltration répartis en minimum 3 tranchées
⇒ 40 m^2 de lit d'infiltration.
- Sol sableux : $(120/7) = 17 \text{ m}^2$.
⇒ 34 m linéaires de tranchée d'infiltration
⇒ 17 m^2 de lit d'infiltration
- Si terre ou filtre à sable : $(120/8) = 15 \text{ m}^2$

Cas3 : 20 habitants : charge en sortie de fosse septique : $20 * 24 \text{g DBO}_5/\text{j} = 480 \text{g DBO}_5/\text{j}$.

- Sol limoneux : $(480 /3) = 160 \text{ m}^2$ ou $20 * 8 \text{ m}^2/\text{hab} = 160 \text{ m}^2$ de surface d'infiltration
⇒ 360 m linéaires de tranchées d'infiltration répartis en minimum 12 tranchées.
⇒ 160 m^2 de lit d'infiltration.
- Sol sableux : $(480/7) = 68,6 \text{ m}^2$
⇒ 137,2 m linéaires de tranchées d'infiltration.
⇒ $68,6 \text{ m}^2$ de lit d'infiltration.
- Si terre ou filtre à sable: $(480/8) = 60 \text{ m}^2$.

6.9.3 Les tranchées d'infiltration

Les tranchées d'infiltrations sont très régulièrement utilisées pour les raisons suivantes :

- elles minimisent les risques de remontée néfaste de la nappe ;
- elles permettent d'affecter la zone à d'autres activités telles que loisir et circulation de véhicules légers ;
- elles peuvent même être installées dans des terrains dont le pente est supérieure à 10% ;
- elles nécessitent peu de matériaux d'apport.

Leur limite d'utilisation concerne principalement la perméabilité du sol, la surface disponible et la cohérence du sol (elles sont difficiles à installer dans des sols bouillants ou qui s'effritent très rapidement).

6.9.3.1 Plans type des tranchées d'infiltration

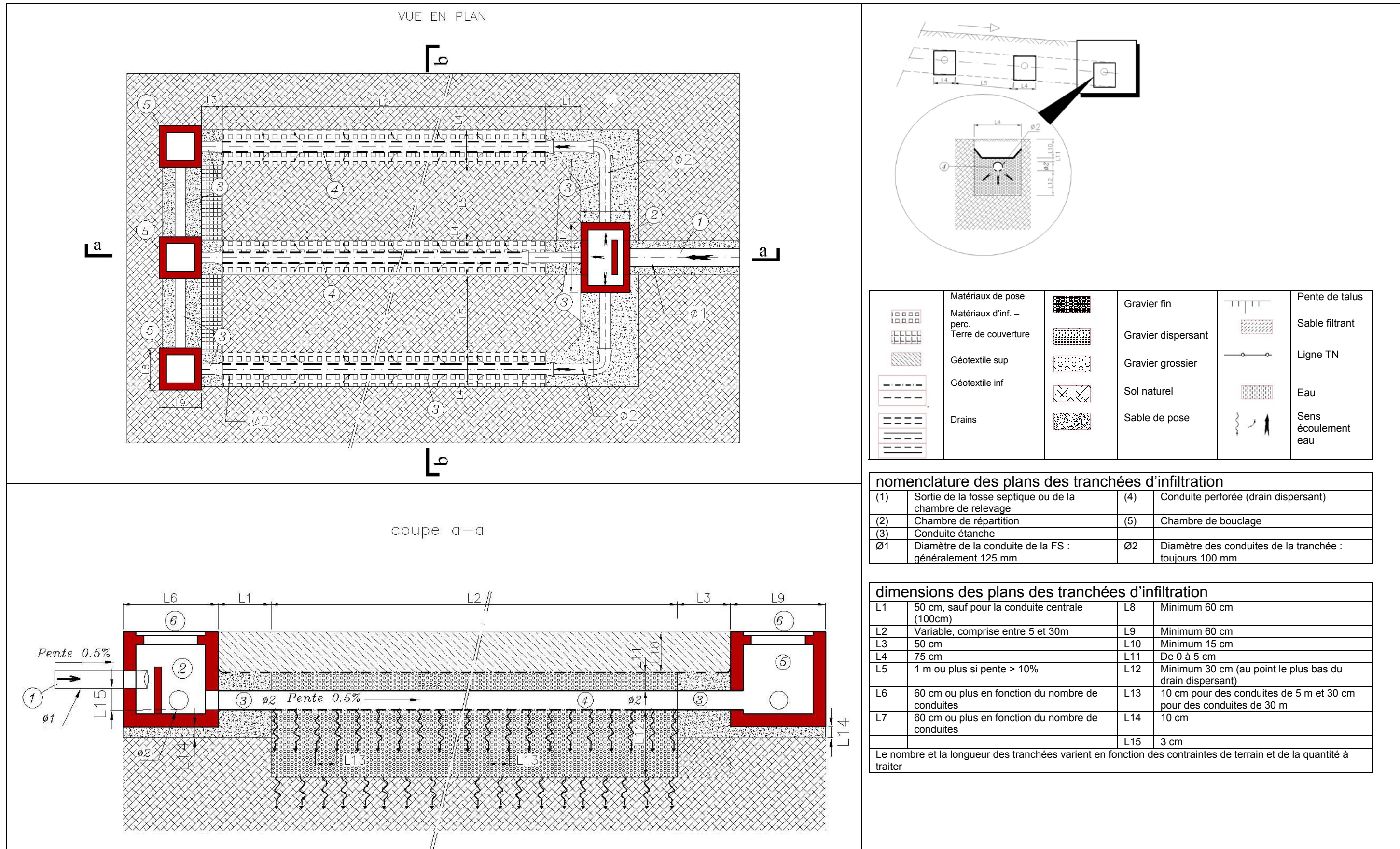


Figure 17 : Vue en plan et coupes de tranchées d'infiltration



6.9.3.2 Consignes d'implantation des tranchées d'infiltration

Les consignes d'implantation sont les suivantes :

- la pente du terrain naturel ne peut excéder 30% ;
- Niveau piézométrique de la nappe à au moins 2 m de profondeur ;
- le fond des tranchées se situe à maximum 1 m de profondeur ;
- les tranchées doivent être installées perpendiculairement à la pente naturelle du terrain et suivre les courbes de niveau;
- le système d'infiltration ne peut être implanté en zone inondable ;
- la longueur des tranchées d'infiltration ne peut excéder 30 m à partir du point d'alimentation ;
- la pente des conduites est constante (pas de contre-pente) et est comprise entre 0,5 et 1% ;
- la largeur recommandée des tranchées d'infiltration est de 50 cm, toutefois des largeurs allant jusqu'à 70 cm sont admises ;
- l'espacement entre les tranchées d'infiltration correspond au double de la largeur d'infiltration ;
- la profondeur des tranchées sous le drain dispersant est de 30 cm minimum au point le plus bas du drain dispersant et plus au départ du drain dispersant, elles sont recouvertes de 15 cm de terre minimum (des épaisseurs de protection plus importantes, de l'ordre de 20 à 30 cm, sont à prévoir s'il gèle durant l'hiver) ;
- la couche de terre est séparée du gravier par un géotextile anti-contaminant.
- la partie supérieure des tranchées ne sera pas compacté et sera bombée en surface afin de compenser le tassement progressif de la terre mise en place tout en évitant une infiltration préférentielle des eaux pluviales au niveau de la tranchée ;
- le fond de la tranchée doit être parfaitement horizontal sur toute sa longueur ; les petites erreurs de niveau peuvent être compensées lors de la scarification du sol (à l'aide d'un râteau) ;
- le fond des tranchées doit être gratté à l'aide d'un râteau afin d'améliorer sa capacité d'infiltration.
- le fond de la tranchée doit se situer au minimum à 1 mètre du substratum (ou bedrock : roche non altérée) ;
- lorsque les tranchées sont implantées dans des sols à forte pente (>10%), il est préférable d'espacer plus fortement les tranchées, de manière à éviter que la tranchée amont n'alimente le massif dispersant de la tranchée aval, en considérant un espacement horizontal supplémentaire des tranchées au moins égal à 2 x la différence de niveau entre ces 2 tranchées.

Les coupes et vue en plan fournissent les principales dimensions des tranchées d'infiltration.

6.9.3.3 Exemple de calcul de tranchées d'infiltration

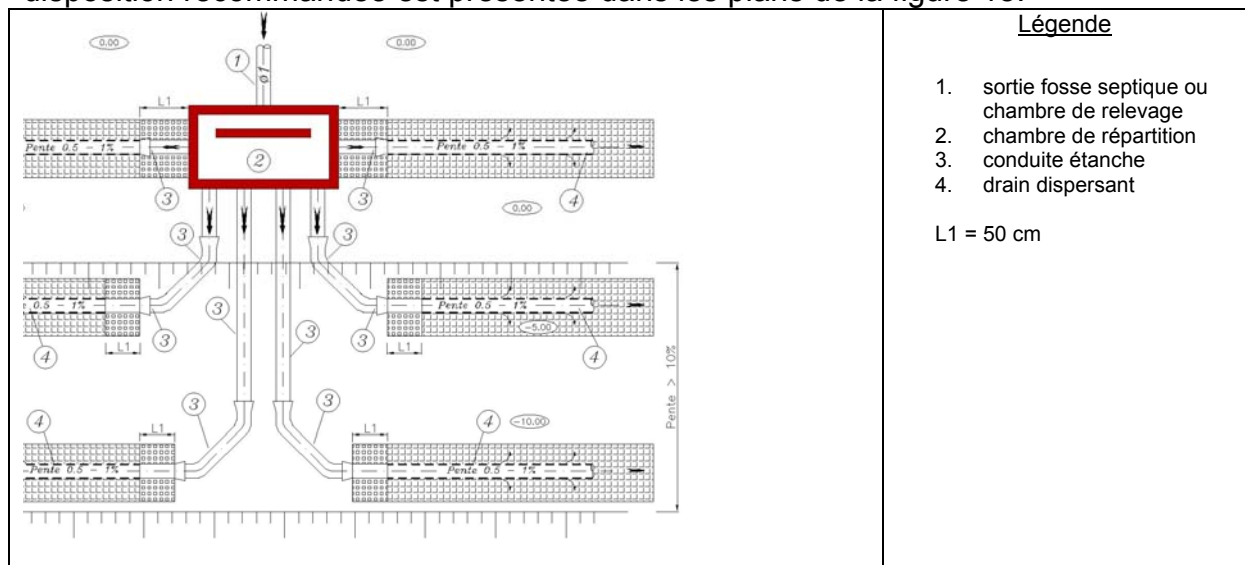
Soit un immeuble de 40 habitants et un sol dont la vitesse d'infiltration est de 60 mm/heure.

- La surface de fond de tranchée sera de $4\text{m}^2/\text{hab}$ (car la vitesse d'infiltration est proche de la valeur inférieure de la gamme d'utilisation), soit 160m^2 .
- La longueur des tranchées sera de 360 mètres.
- Le nombre de tranchées sera de $360/30=12$.
- La largeur totale occupée par les tranchées sera de $12 \times 1,5=18\text{m}$.
- La longueur totale occupée par les tranchées sera de $30+0,5+0,3=30,8\text{m} \approx 31\text{m}$.
- La surface totale occupée par les tranchées sera de $31 \times 18=558\text{m}^2$.
- Le tableau des dimensions de la figure 17 devient :

L1	50 cm, sauf pour la conduite centrale (100cm)	L8	60 cm
L2	30m	L9	60 cm
L3	50 cm	L10	15 cm
L4	50 cm	L11	5 cm
L5	1 m ou plus si pente > 10%	L12	Minimum 30 cm (au point le plus bas du drain dispersant)
L6	80 cm	L13	30 cm
L7	160 cm	L14	10 cm
		L15	3 cm

6.9.3.4 Implantation des tranchées d'infiltration dans les fortes pentes

Dans le cas de forte pentes (>10%), le système de distribution doit être adapté afin d'assurer une bonne répartition de l'eau dans toutes les tranchées. Dans ce cas, la disposition recommandée est présentée dans les plans de la figure 18.



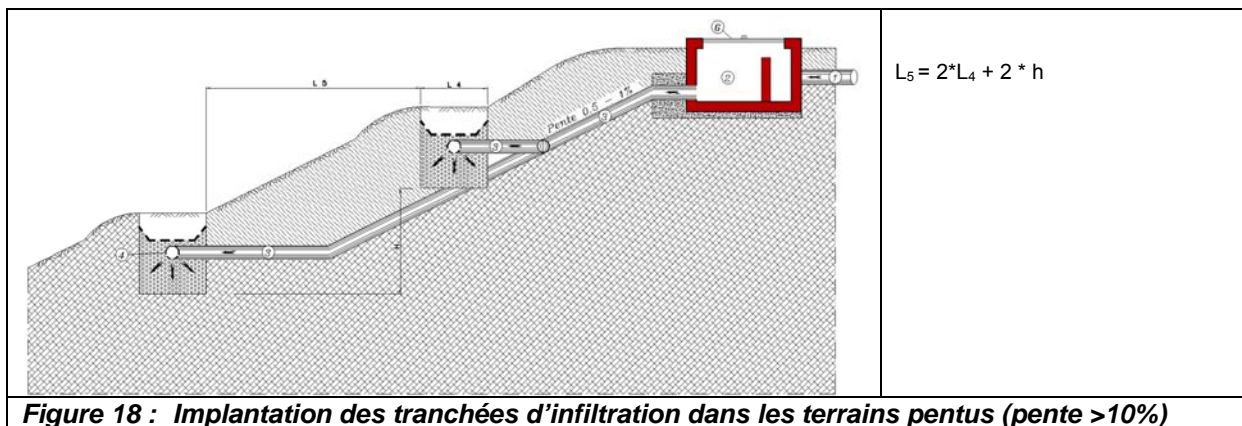


Figure 18 : Implantation des tranchées d'infiltration dans les terrains pentus (pente >10%)

6.9.3.5 Avantages et inconvénients des tranchées d'infiltration

Cette solution permet de maintenir la zone occupée par le système d'épandage à faible profondeur utilisable pour d'autres activités telles que circulation des personnes et même de véhicules légers. Il est donc possible de créer des zones d'espaces de loisir sur les tranchées d'infiltration.

Les tranchées d'infiltration sont cependant très difficiles à implanter dans des sols bouillants et occupent une surface totale importante.

6.9.4 Le lit d'infiltration

Une fois la surface d'infiltration connue, il reste à dimensionner et configurer les différents éléments du système.

6.9.4.1 Plans type du lit d'infiltration

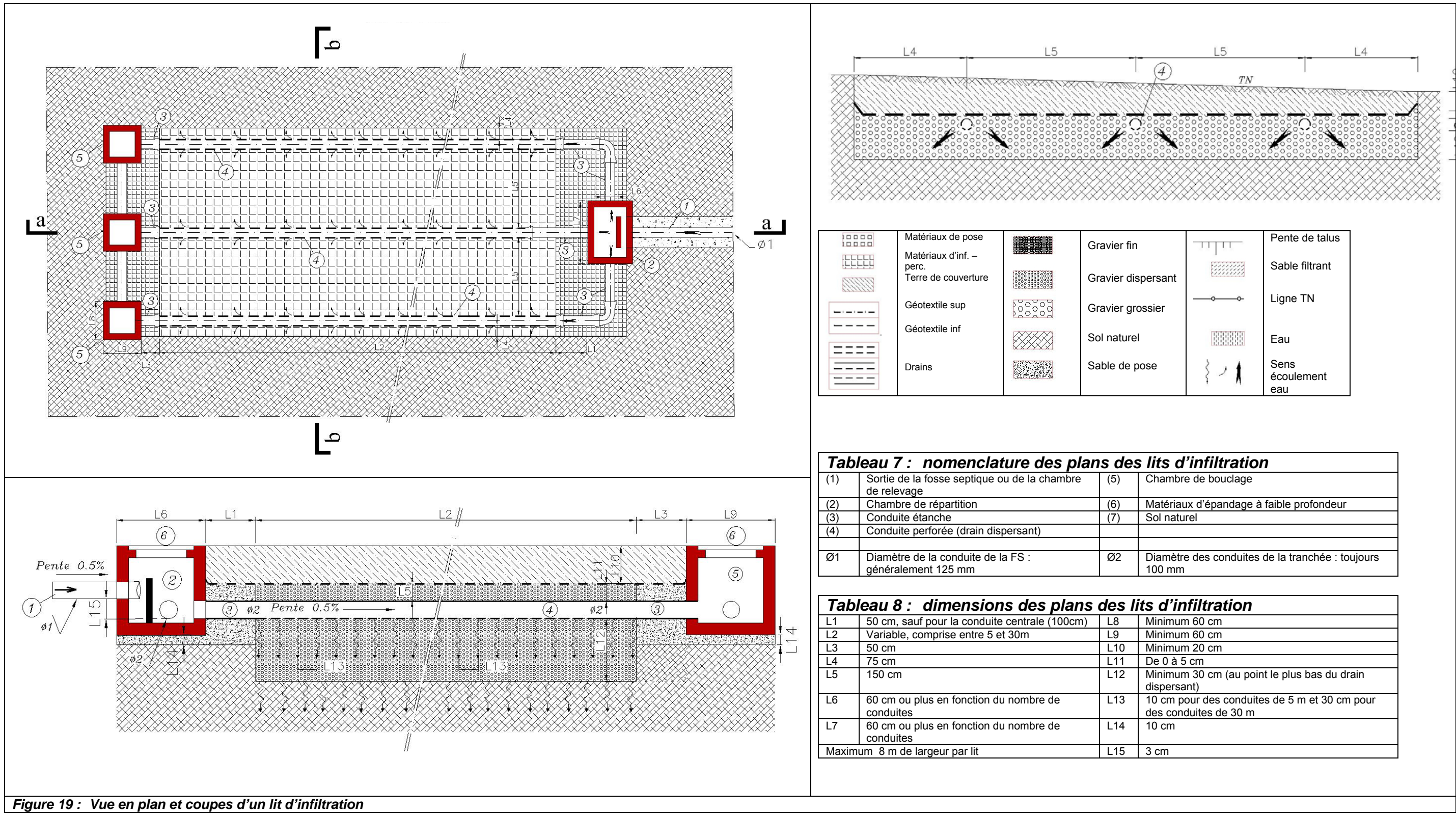


Figure 19 : Vue en plan et coupes d'un lit d'infiltration



6.9.4.2 Consignes d'implantation des lits d'infiltration :

- la pente du terrain naturel ne peut excéder 10% ;
- le fond du lit se situe à maximum 1 m de profondeur ;
- profondeur de la nappe au moins 2 m ;
- le lit doit être installé perpendiculairement à la pente naturelle du terrain ;
- le système d'infiltration ne peut être implanté en zone inondable ;
- la longueur du lit d'infiltration ne peut excéder 30 m à partir du point d'alimentation ;
- la largeur du lit doit être limitée 4m; si la surface requise exige une largeur supérieure, il est préférable de réaliser plusieurs lits de plus petite taille ;
- l'espacement maximum entre deux conduites de distribution adjacentes est de 1,2 (distance idéale : 1m) ;
- les conduites les plus extérieures du lit doivent être distantes d'au moins 50cm du bord du lit ;
- La pente des conduites est constante (pas de contre-pente) et est comprise entre 0,5 et 1% ;
- la profondeur du lit sous le drain dispersant est de 30 cm minimum au point le plus bas du drain dispersant et plus au départ du drain dispersant, les lits sont recouverts de 15 cm de terre minimum (des épaisseurs de protection plus importantes, de l'ordre de 20 à 30 cm, sont à prévoir s'il gèle durant l'hiver) ;
- la couche de terre est séparée du gravier par un géotextile anti-contaminant ;
- la terre utilisée au dessus de la tranchée doit permettre le passage de l'air tout en présentant une perméabilité inférieure ou égale au sol naturel; la surface de remplissage sera légèrement surélevée afin d'éviter à cet endroit l'infiltration des eaux de ruissellement ;
- le fond du lit doit être gratté à l'aide d'un râteau afin d'améliorer sa capacité d'infiltration ;
- le fond du lit doit être parfaitement horizontal sur toute sa longueur; les petites erreurs de niveau peuvent être compensées lors de la scarification du fond de lit.
- le fond de la tranchée doit se situer au minimum à 2 mètre du substratum (ou bedrock : roche non altérée) ;

Dans le cas d'une nappe peu profonde (de l'ordre de 2 à 3m), une simulation de la remontée de la nappe doit être réalisée.

Les coupes et vue en plan fournissent les principales dimensions des lits d'infiltration.

6.9.4.3 Avantages et inconvénients des lits d'infiltration

Les lits d'infiltration occupent peu de place et peuvent être implantés dans des sols bouillants. Cependant, toute circulation à l'aplomb du lit est interdite. Son coût est généralement moins élevé que celui des autres solutions.

La limite d'utilisation concerne la perméabilité du sol et la profondeur de la nappe. Des sols trop peu perméables ou une nappe trop peu profonde (<2m) ne conviennent pas à cette solution. Les calculs de simulation de remontée de la nappe sont particulièrement importants dans le cas de solutions collectives à plusieurs



habitations. Dans ce cas, il sera parfois nécessaire de réaliser plusieurs lits d'infiltration fonctionnant en parallèle et de les espacer d'une distance d'au moins 3m.

6.9.4.4 Exemples de calcul pour le dimensionnement des lits d'infiltration

Soit un immeuble de 40 habitants et un sol dont la vitesse d'infiltration est de 60 mm/h.

- La surface de fond de lit sera de $4\text{m}^2/\text{hab}$ (car la vitesse d'infiltration est proche de la valeur inférieure de la gamme d'utilisation), soit 160 m^2 .
- La largeur du lit est de $160/30=5,33>4\text{m} \Rightarrow$ prévoir 2 lits (par exemple de 4m de large)
- Soit $160/8= 20\text{m}$ de long et 4m de large (3 drains distants de 1m) \Rightarrow deux lits de 20m de long et de 4 m de large.

6.9.5 Le tertre d'infiltration hors sol

Les tertres à sable hors sol sont généralement introduits là où les conditions sont non propices à l'installation d'un élément épurateur traditionnel construit dans le sol, de type tranchées d'infiltration ou de type lits d'infiltration, en particulier dans les sols de faible épaisseur (roche mère ou nappe d'eau trop près de la surface) ou dans les sols peu perméables.

6.9.5.1 Plan type d'un terre d'infiltration

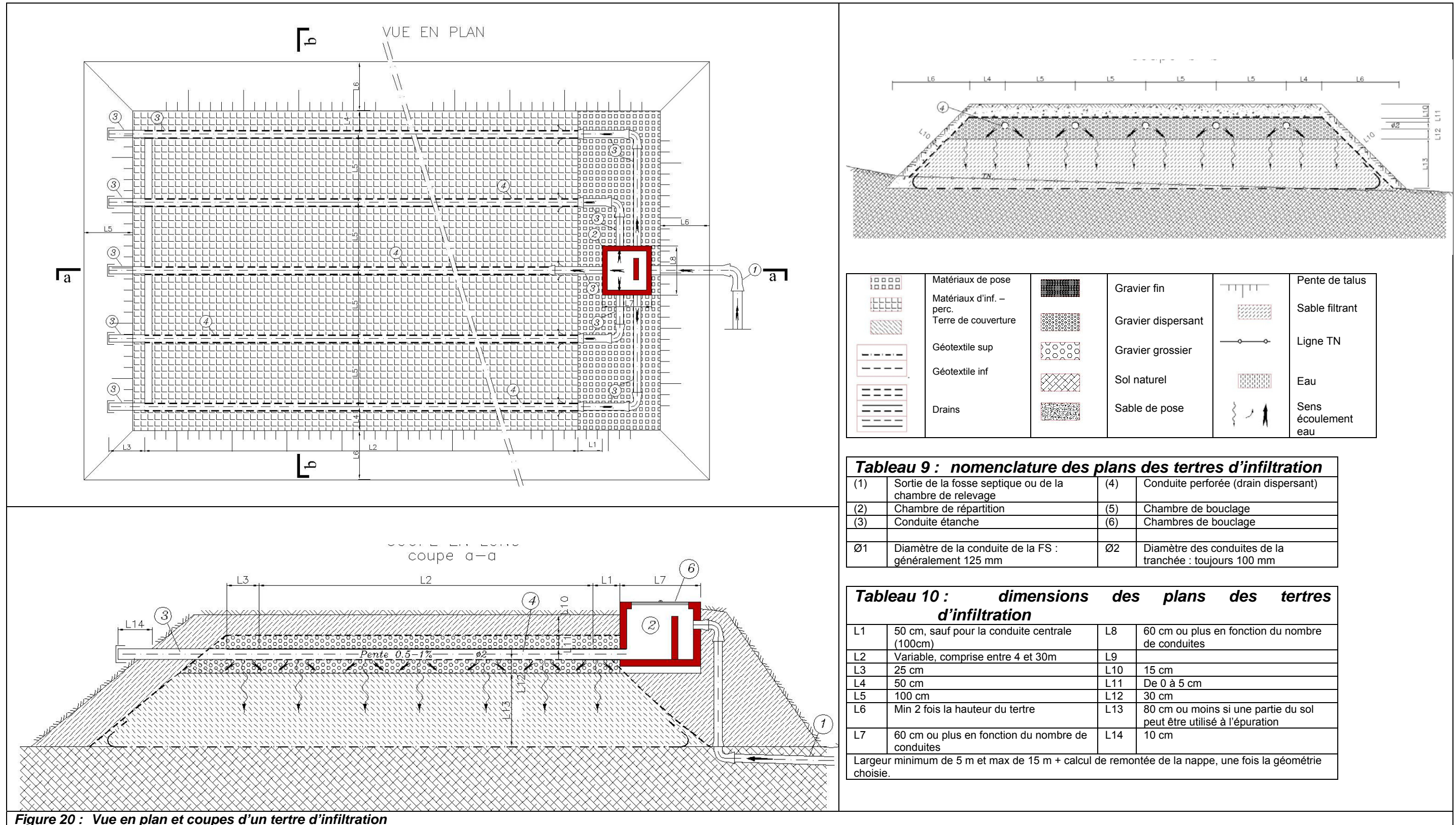


Figure 20 : Vue en plan et coupes d'un tertre d'infiltration



Le tertre à sable est un élément d'infiltration construit au-dessus du sol récepteur au moyen de l'ajout d'une couche filtrante constituée de sable d'emprunt. Le lit de sable filtrant sert à effectuer la majeure partie de l'épuration de l'effluent (préalablement épuré) alors que le sol en place sous le lit filtrant sert à la fois au polissage et à l'évacuation de l'effluent filtré. Il est donc très important de considérer non seulement la charge pouvant être appliquée sur le lit de sable filtrant mais également la capacité d'évacuation du sol en place.

6.9.5.2 Consignes d'implantation des tertres

Le tertre à sable hors sol s'implante plus spécifiquement dans des sols où la nappe est peu profonde. Le comportement de celle-ci revêt une importance particulière dans la mesure où cette nappe de faible profondeur peut également être de faible épaisseur.

Dans ce cas, on veillera particulièrement à implanter le système d'infiltration à un point de divergence des eaux souterraines et à calculer la remontée de la nappe selon la formule de Finnemore et Hantzsche afin de s'assurer de la faisabilité de la solution (voir chapitre « Comment implanter un système conventionnel d'assainissement autonome »). Des piézomètres peuvent assurer le suivi du comportement de la nappe à l'aval du système d'infiltration.

Il est préférable de choisir une géométrie allongée, perpendiculaire à la pente principale du sol naturel.

Ce type d'infiltration peut encore être implanté lorsque la nappe se situe à au moins 30 cm de profondeur et est recommandé une fois que la nappe se situe à moins de 2m de profondeur.

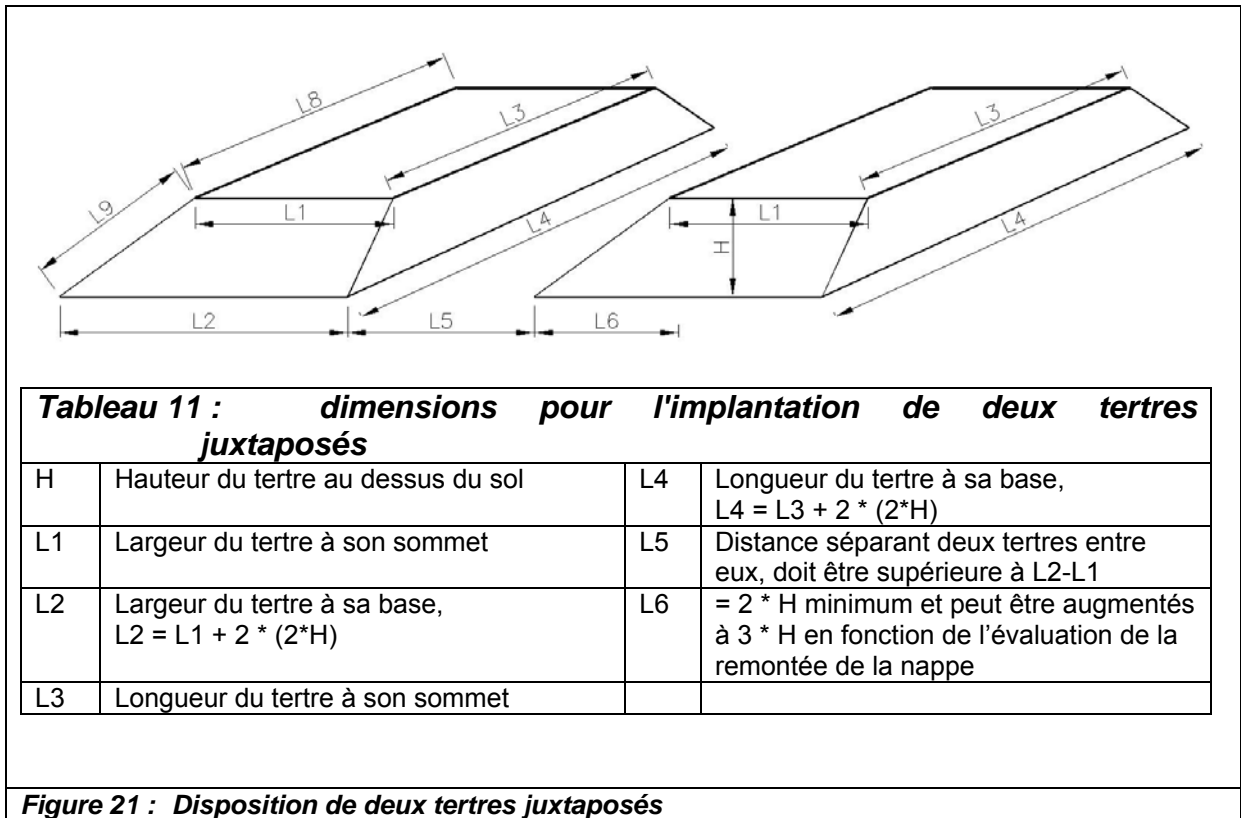
Pour des profondeurs de nappe intermédiaire (par exemple 1m de profondeur), le tertre peut être partiellement enterré, de manière à réduire son impact visuel, pour autant que la distance séparant le niveau inférieur du sable filtrant et le niveau supérieur de la nappe soit supérieur à 1m.

Les côtés du tertre ont une pente de $\frac{1}{2}$ (1V/2H). Une pente plus faible peut toutefois être requise dans les sols peu perméables pour lesquels la base du tertre doit être beaucoup plus large que celle du sommet du lit de sable où sont appliquées les eaux usées.

Il se peut également que les résultats du calcul de la remontée de la nappe imposent une base de tertre plus importante ou l'implantation de plusieurs tertres plus petits.

Lorsqu'un système est constitué de plusieurs sections, chaque section doit être éloignée de la voisine d'une distance correspondant à la largeur supplémentaire de la base par rapport à celle du sommet. Ainsi, pour un tertre de 1m de haut et présentant une pente de $\frac{1}{2}$, la distance entre deux pieds de tertre doit être d'au moins 2m. Une distance plus grande est souhaitable, particulièrement lorsque la

simulation de la remontée de la nappe fournit des hauteurs de remontée supérieures à 50 cm.



La pente maximale du terrain sur lequel peut être implanté un tertre à sable hors sol est de 10 %. Dans ce cas, la géométrie du tertre doit privilégier un rapport longueur /largeur de 8.

L'eau à infiltrer doit être distribuée au sommet du tertre, juste sous la couche de sol de protection.

Les drains dispersants doivent être éloignés de 1 m et présenter une pente uniforme de 0,5 à 1%.

Il est également recommandé d'analyser les modalités d'infiltration de l'eau dans le sol, au pied du tertre. Il faut en effet vérifier que :

- La vitesse d'infiltration du sol naturel est compatible avec le débit apporté au pied du tertre et ;
- La remontée de la nappe ne va pas noyer la partie inférieure du sable filtrant.

Le dimensionnement d'un tertre doit donc être mené comme suit:

1. calcul de la surface de sable au sommet du tertre,
2. définition de la géométrie du tertre,
3. calcul de la surface au pied du tertre,
4. calcul de la charge hydraulique au pied du tertre,



5. vérification du coefficient de sécurité pour l'infiltration de l'eau épurée dans le sol (de l'ordre de 10),
6. calcul de la remontée de la nappe (voir chapitre 7) et vérification que celle-ci reste toujours au moins 30 cm en dessous du pied du tertre.

Si une des deux vérifications (point 6 et 7 du dimensionnement) n'est pas conforme, la géométrie ou les dimensions du tertre doivent être revues. Les pentes des talus peuvent être adoucies jusqu'à 1/3 (1H/3V) et des géométries allongées implantées perpendiculairement à la pente du sol naturel sont plus favorable à une réduction de la remontée de la nappe.

6.9.5.3 Avantages et inconvénients des tertres d'infiltration

Les tertres peuvent être implantés là où la nappe est peu profonde et la capacité d'infiltration relativement faible, éventuellement inférieurs à 15mm/h.

Cette technique exige souvent l'emploi d'un poste de relevage et introduit un tumulus dans le paysage de l'habitation.

6.9.5.4 Exemple de calcul pour le dimensionnement des tertres d'infiltration

Soit un immeuble de 40 habitants et un sol dont la vitesse d'infiltration est de 15mm/h.

- surface du sommet du tertre : $40 \times 3\text{m}^2 = 120 \text{ m}^2$;
- longueur du sommet du tertre : 30m ;
- largeur du sommet du tertre : $120/3 = 4\text{m}$;
- hauteur du tertre : $0,8 + 0,3 + 0,15 + 0,15 = 1,5\text{m}$;
- longueur du pied du tertre : 36m ;
- largeur du pied du tertre : 10m ;
- surface du pied du tertre : 360m^2 ;
- charge hydraulique au pied du tertre ($40 \times 0,1 \text{ m}^3/\text{hab}/\text{j}/360\text{m}^2$) = 11 mm/jour répartition sur 8 heures d'apport = 1,4 mm/h durant les 8 heures d'apport.
- Vérification du coefficient de sécurité pour l'infiltration de l'eau épurée = $15\text{mm}/\text{heure} / 1,4 \text{ mm}/\text{h} = 10,7 > 10 \Rightarrow \text{OK}$.

Si on a une vitesse d'infiltration inférieure à 15mm/h, il sera nécessaire d'opter pour des pentes de tertre plus douces.

Calcul de remontée de la nappe voir chapitre 7.

6.9.6 Le filtre à sable non drainé

Le filtre à sable non drainé permet de réaliser une infiltration des eaux usées partiellement épurées dans les zones sensibles et très perméables. En effet, le niveau d'épuration est élevé ($\text{DBO}_5 < 30\text{mg}/\text{l}$ et pathogènes très fortement réduits), ce qui réduit les risques de contamination de la nappe dans des zone faillées ou très perméables.

6.9.6.1 Plan type du filtre à sable non drainé

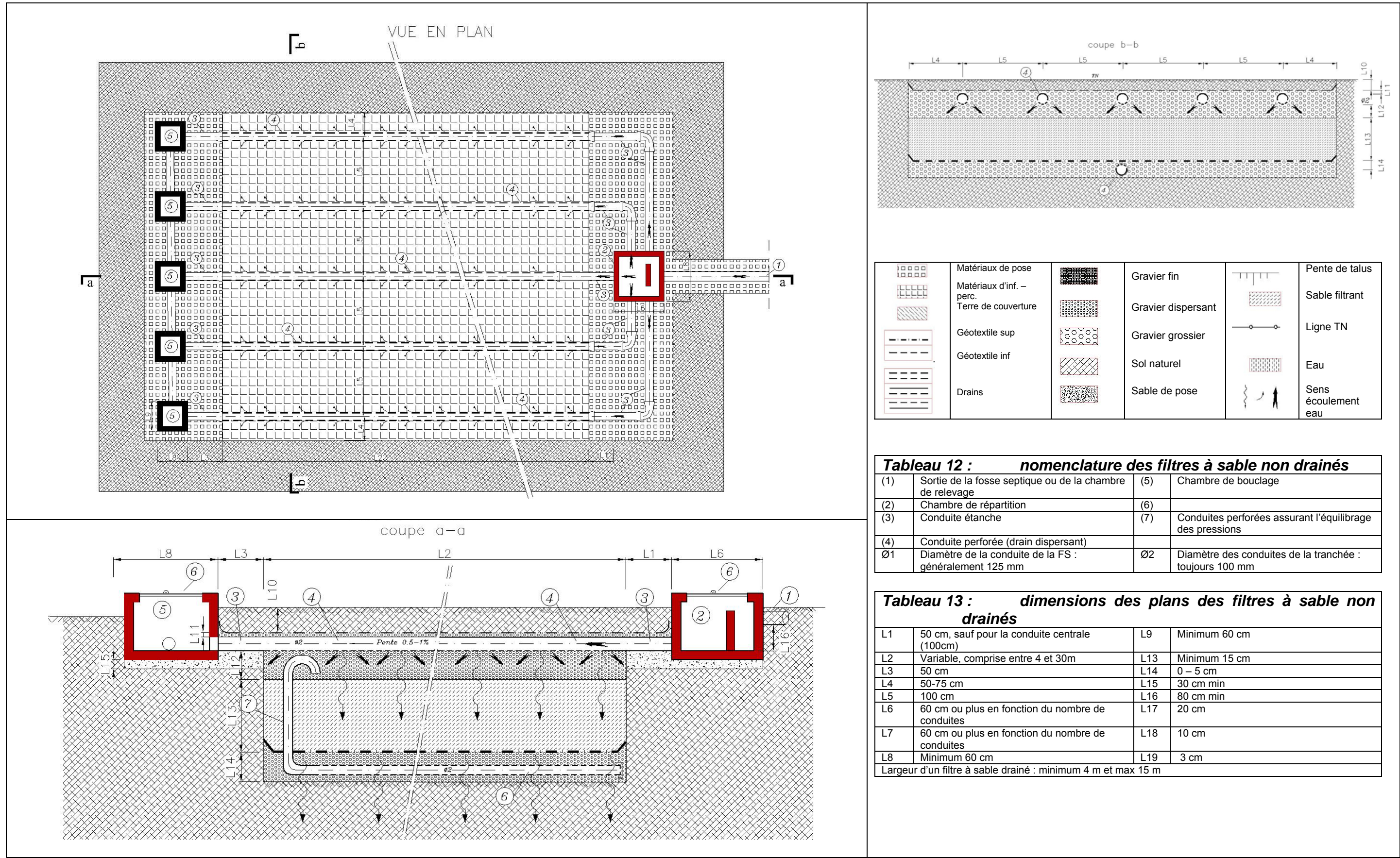


Figure 22 : Vue en plan et coupes d'un tertre d'infiltration



Il s'agit d'un lit d'infiltration comprenant une épaisseur de sable d'un mètre (minimum 80 cm) et d'une épaisseur de gravier d'environ 20 cm permettant d'assurer la diffusion de l'eau avant sa percolation dans le sable. L'alimentation du filtre est identique à celle utilisée dans les lits d'infiltration mais une chambre tampon pour le relevage et la distribution intermittente des eaux est vivement conseillée afin de garantir l'uniformité de la distribution de l'eau au sommet du filtre.

Les surfaces à prévoir sont reprises dans le tableau 6. La disposition des drains d'infiltration est identique à celle des lits d'infiltration.

Le filtre à sable est conçu pour atteindre un rendement épuratoire relativement poussé. Les valeurs de rejet sont régulièrement inférieures à 30 mg/l, en DBO₅.

6.9.6.2 Consignes d'implantation du filtre à sable non drainé

Le filtre à sable non drainé s'installe dans des sols friables ou présentant une perméabilité supérieure à 500mm/h et donc ne permettant pas de dépolluer l'eau durant sa percolation. C'est pourquoi un matériau d'apport présentant les caractéristiques filtrantes adéquates doit être utilisé.

L'épaisseur de sable doit idéalement atteindre 1 m (minimum 80 cm) et le fond du lit doit se trouver à minimum 1 m de la nappe.

Le filtre peut être partiellement ou totalement enterré en fonction de la profondeur de la nappe de la configuration des lieux.

L'alimentation se fait idéalement par bâchées ne dépassant pas une charge hydraulique de 60 l/m² (idéalement 40 l/m²). Idéalement, ces bâchées doivent être uniformément réparties tout au long de la journée, la distribution de l'eau peut être réalisée à l'aide d'une pompe, immergée dans un volume tampon correspondant à 2 jours de fonctionnement, qui alimente les drains dispersants. Le temps de pompage sera tel qu'au débit nominal de la pompe, la quantité d'eau apportée respecte les contraintes de charge hydraulique. Afin de s'adapter aux débits exceptionnels, le déclenchement du cycle de pompage doit être également être asservi au niveau de la cuve. Des automatisations plus fines peuvent être envisagées afin de répartir les pics de production d'eaux usées sur une période de plusieurs heures en faisant varier le niveau de la cuve tampon.

Idéalement le temps de pompage doit avoisiner 10 minutes par cycle. Ce critère peut être relativement contraignant, dans le cas de petites unités d'épuration car il est difficile de trouver des pompes à d'aussi faibles débits. Lors de la conception de tels systèmes, il est recommandé de choisir la pompe puis de configurer l'installation en fonction du matériel choisi.

Le dimensionnement d'un filtre à sable doit être mené comme suit:

1. calcul de la charge biologique (g de DBO₅/j),
2. calcul de la surface de sable,
3. calcul de la charge hydraulique au pied du filtre à sable,



4. vérification du coefficient de sécurité pour l'infiltration de l'eau épurée dans le sol (de l'ordre de 10),
5. calcul de la remontée de la nappe et vérification que celle-ci reste toujours au moins 30 cm en dessous du pied du tertre.

Ces calculs se réalisent de la même manière que pour le tertre (voir exemple de calcul précédent). Les étapes 4 et 5 n'ont pas beaucoup d'intérêt dans le cas de sol fort perméable, par contre, si on installe un filtre à sable non drainé dans un sol peu perméable pour des raisons de manque de place, la vérification des points 4 et 5 reste indispensable.

Si une des deux vérifications n'est pas conforme, la géométrie ou le nombre de filtres doivent être revus. Des géométries allongées implantées perpendiculairement à la pente du sol naturel ou un nombre plus important de filtres dispersés sur la zone d'infiltration sont plus favorables à une réduction de la remontée de la nappe.

6.9.7 Avantages des filtres à sable non drainés

Les filtres à sable non drainés permettent d'infiltrer les eaux usées domestiques là où le pouvoir épurateur du sol est insuffisant (du fait de failles ou d'une vitesse d'infiltration trop importante).

Les filtres à sable non drainés sont relativement compacts ($3\text{m}^2/\text{hab}$) et peuvent également être installés dans des sols de perméabilité moyenne ou faible, lorsque la place manque pour installer des tranchées d'infiltration et que la nappe se situe à plus de 3m de profondeur. Dans ce cas, la simulation de la remontée de la nappe doit permettre de vérifier l'absence de risque de saturation du massif filtrant.

Comme le sol n'assure aucune épuration complémentaire, l'épaisseur de sable filtrant doit être relativement élevée et l'alimentation intermittente particulièrement soignée, particulièrement dans le cas d'un système commun à plusieurs habitations.

6.9.8 Exemple de calcul pour le dimensionnement des filtres à sable non drainés

Soit un immeuble de 40 habitants et un sol faillé présentant des vitesses d'infiltration de 15mm/heure et une nappe à plus de 3m de profondeur.

- Surface du lit : $40 \times 3\text{m}^2/\text{hab} = 120\text{m}^2$.
- Longueur du lit : 20m.
- Largeur du lit : $120/20 = 6\text{m}$. (5 drains dispersants).
- Calcul de la charge hydraulique au pied du filtre à sable $40 \times 0,1\text{m}^3/\text{hab}/120\text{m}^2 = 33\text{mm/j}$.
 - Si apport sur 8 heures = 4,125 mm/h.
 - Si apport régulier sur 24h = 1,34mm/h.
- Calcul du coefficient de sécurité pour l'infiltration de l'eau épurée : $15\text{mm/h}/4,125 = 3,5 < 10 \Rightarrow$ risques importants de saturation \Rightarrow préférer le puits d'infiltration, le rejet en surface ou le puits filtrant.
- Remontée de la nappe : voir chapitre 7.

6.9.9 Cas particulier du filtre à sable non drainé : le puits filtrant

Le puits filtrant n'est pas repris habituellement dans les systèmes conventionnels d'assainissement autonome mais, selon l'article de l'article 54, 1° de la loi n°10-95 sur l'eau, « Seule est admise l'évacuation des eaux résiduaires ou usées domestiques dans des puits filtrants précédés d'une fosse septique ». Il est donc nécessaire de présenter une solution conforme sur le plan technique et répondant aux termes de la loi. Cette solution reste également intéressante dans le cas de sols peu perméables (<15mm/h) et où la place manque.

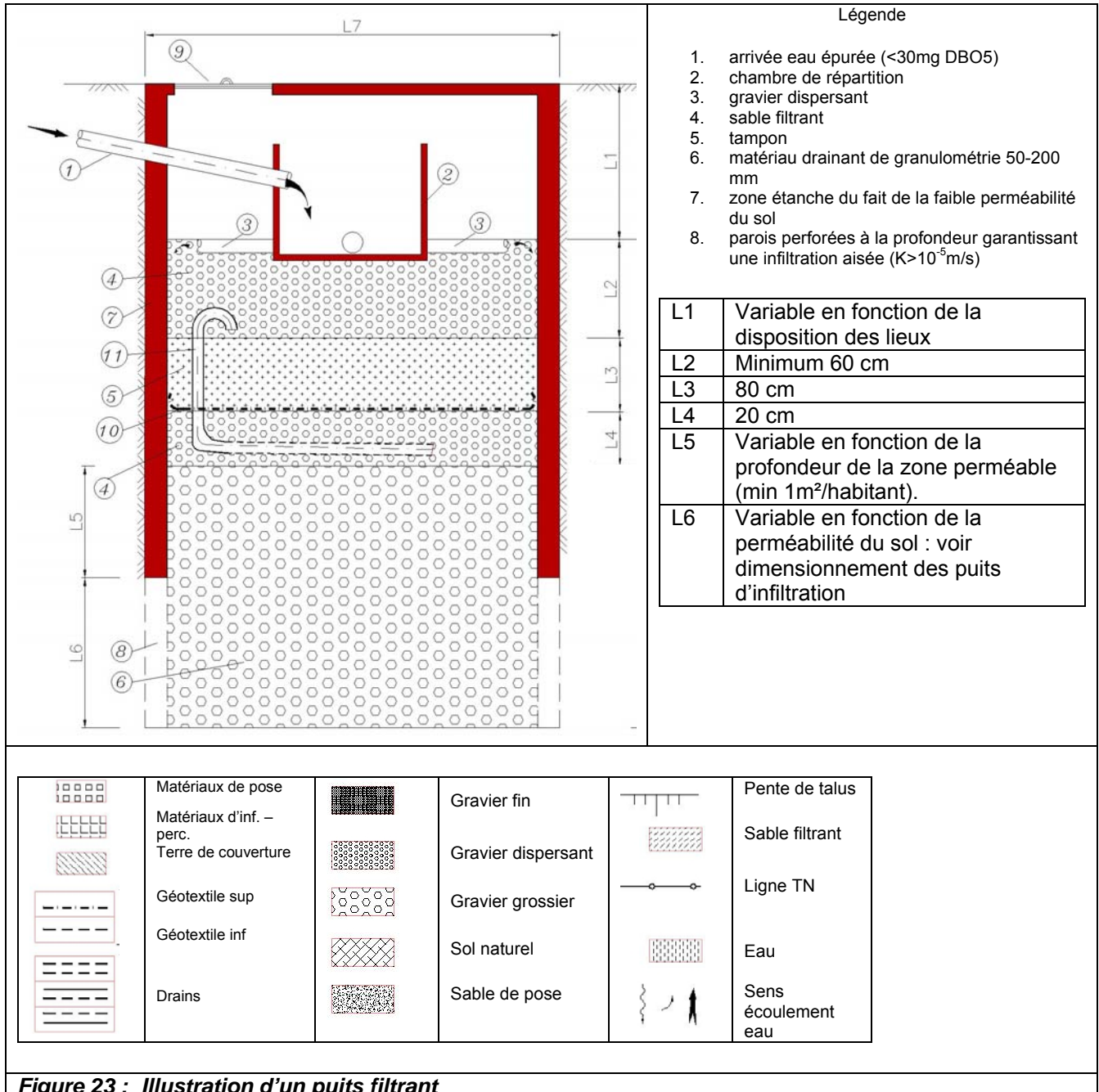


Figure 23 : Illustration d'un puits filtrant

Le puits filtrant combine un filtre à sable drainé associé à un puits d'infiltration.



La surface de filtration reste de 3m²/ habitant ou 8g de DBO₅/m², ce qui impose, pour une famille de 6 personnes, un puits de 18m² de section, soit un diamètre de 4,8 m de diamètre (arrondi à 5m), ce qui correspond aux puits habituellement pratiqués pour l'évacuation des eaux usées.

Dans le cadre d'installations familiales, il est donc possible de réaliser des puits filtrants ou de réhabiliter des puits perdus afin de les conformer à la législation marocaine tout en visant les objectifs de protection du milieu récepteur.

Cette solution s'avère également utile lorsque la place manque pour installer un système d'épandage à faible profondeur ou que la vitesse d'infiltration est inférieure à 15mm/heure et qu'il n'existe pas de possibilité de rejet en surface.

Lorsqu'en envisage une infiltration en profondeur, du fait d'une vitesse d'infiltration trop faible pour un rejet important (>5habitants) ; il est préférable de dissocier le filtre à sable du puits d'infiltration afin de réduire le diamètre de ce dernier.

Assurer une distribution uniforme de l'eau par voie gravitaire est moins aisée dans une configuration circulaire que dans une configuration rectangulaire. Le schéma de distribution de l'eau est donné ici pour un puits de 5 m de diamètre. Cette solution permet d'assurer une répartition relativement homogène de l'eau distribuée mais impose un espacement variable des trous (et non des fentes) dans les drains dispersants. Une attention particulière concernant ces espacements et la pose des tuyaux sera indispensable au bon fonctionnement du système.

La chambre de répartition est placée au centre du puits et quatre drains dispersants acheminent l'eau sur toute la surface du gravier dispersant. Ces drains sont perforés par des trous de Ø10mm répartis proportionnellement à la surface alimentée par le trou. La densité des trous est plus importante en fin de drain.



Nbre de m ² /trou	0,1		
Nbre de drains	4		
Distances à partir du centre du puits		surface comprise entre les deux distances	Nombre de trous/segment de drain (30 cm)
0	30	-	- (car chambre de répartition)
30	60	1,13	3
60	90	1,41	4
90	120	1,98	5
120	150	2,54	7
150	180	3,11	8
180	210	3,68	10
210	240	4,24	11
240	270	4,81	13 (dernier segment)

Comme cette répartition par les drains reste imparfaite, l'épaisseur de gravier dispersant doit être augmentée ; elle sera de minimum 60cm.

Contrairement aux autres systèmes présentés dans ce guide, aucun regard de bouclage n'est prévu, cette option se justifie par le fait que les tuyaux sont très courts (2m) et connectés à une chambre de répartition fort large afin de permettre un curage des conduites à partir de celle-ci.

Un drain d'équilibrage des pressions au dessus et en dessous du lit de sable contribue à garantir une bonne répartition de l'eau sur le filtre et un renouvellement de l'air dans le lit de sable.

6.9.9.1 Exemple de calcul pour les puits filtrants

Soit un immeuble de 6 personnes et un sol dont la vitesse d'infiltration est de 15cm/heure ;

- Surface du sable filtrant : $6 \times 3\text{m}^2 = 18\text{m}^2$.
 - Si infiltration habituelle au pied du filtre ; la charge hydraulique est de $6 \times 0,1\text{m}^3/18 = 0,033\text{m/j}$.
 - Si infiltration sur 8 heures: $33\text{mm}/8\text{h} = 4,125\text{mm/h}$.
- Coefficient de sécurité : $15/4,125 = 3,63 < 10 \Rightarrow$ nécessité de passer au puits filtrant de $18\text{m}^2 \Rightarrow \varnothing$ du puits = 5m.
- Calcul de la zone d'infiltration dans le sol : voir puits d'infiltration ou puits perdu.

6.9.10 Filtre à sable drainé

Le filtre à sable drainé précédé d'une fosse septique permet un rabattement très important de la DBO₅ (souvent la sortie est inférieure à 30mg/l de DBO₅) et des microorganismes pathogènes, ce qui permet un rejet en surface, y compris dans des



zones sensibles. Dans ce cas, l'eau rejetée est aisément valorisable dans l'irrigation de cultures non vivrières. Les plans type proposent d'enterrer le filtre à sable mais il peut également être implanté en surface; des murs de confinement et une couverture de terre sur la partie supérieure (lutte contre les mauvaises odeurs) sont alors nécessaires. Dans les régions connaissant des périodes de gel durant l'hiver, les parois latérales doivent également être recouvertes de terre (talus avec une pente de $\frac{1}{2}$).

6.9.10.1 Plan type du filtre à sable drainé

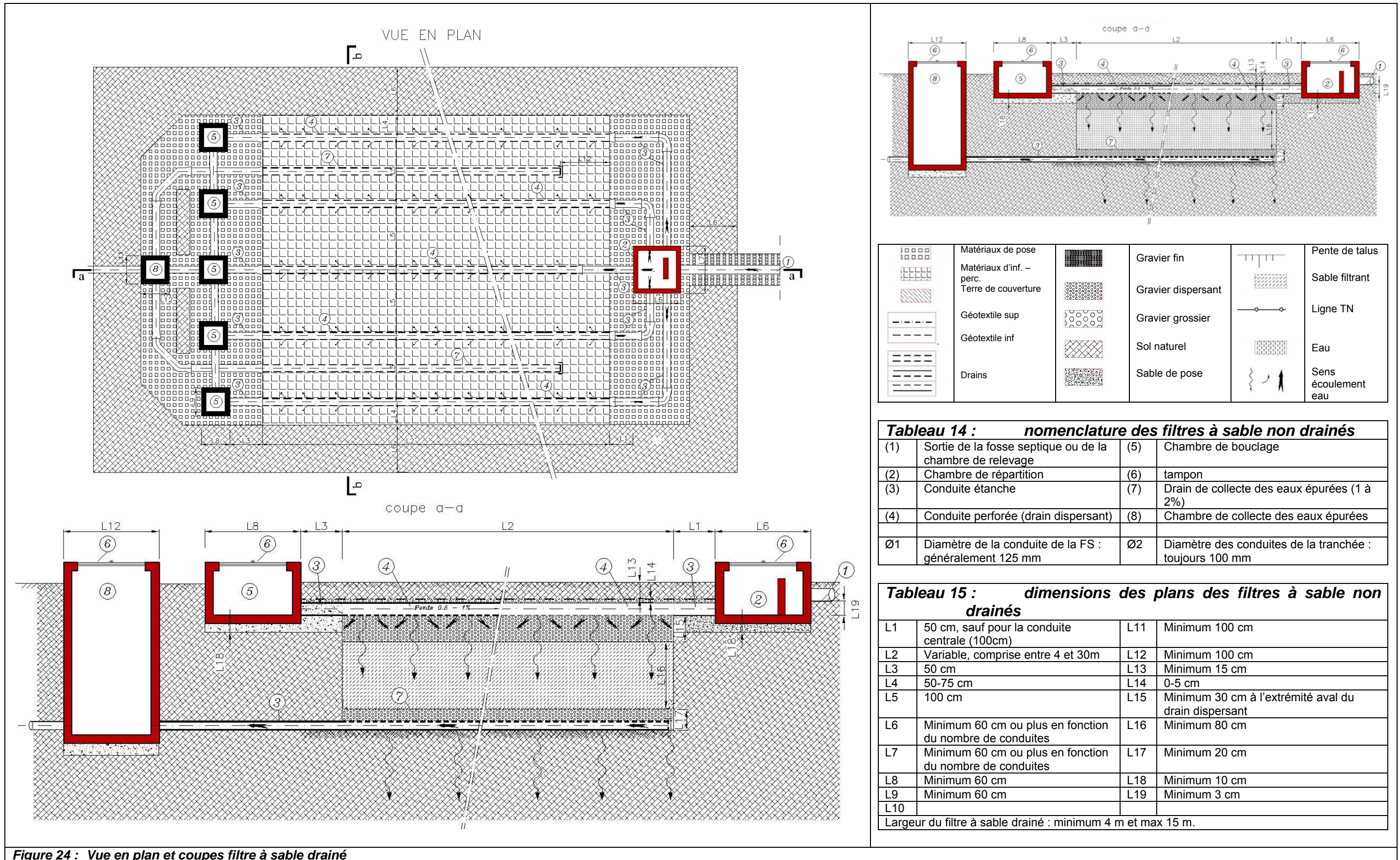


Figure 24 : Vue en plan et coupes filtre à sable drainé



Le filtre à sable drainé fonctionne comme un réacteur d'épuration. L'eau est épurée lors de sa percolation au travers du filtre et est ensuite récupérée au pied du filtre pour être ensuite rejetée en surface ou dans un puits perdu.

Les variantes de ce type de filtre sont nombreuses, les principales variantes concernant une éventuelle recirculation de l'eau de sortie, la nature du matériau filtrant et le système de distribution de l'eau usée. En fonction des options mises en œuvre, il est possible de traiter d'autres types d'eaux usées domestiques et dans certains cas industrielle.

Ces diverses variantes ne sont pas développées dans le cadre de ce guide mais une liste non exhaustive de fournisseurs d'installations « clé en main » est reprise en annexe.

Lorsque le sol présente une perméabilité faible mais suffisante pour assurer une infiltration partielle des eaux et que celles-ci sont réutilisées pour de l'irrigation ; il est utile de prévoir une géomembrane souple de 1mm d'épaisseur en PVC, PU ou PE sur tout le fond du lit de drainage.

6.9.10.2 Consignes d'implantation du filtre à sable drainé

Le filtre à sable drainé peut s'implanter dans de nombreuses conditions. Du fait de la chambre de relevage, le niveau du filtre à sable peut varier en fonction du niveau de rejet (afin d'éviter un deuxième relevage) ou de l'esthétique des lieux.

Cependant, lorsque l'eau passe de la fosse septique à une zone aérobie, celle-ci dégage des mauvaises odeurs. Il sera donc préférable de couvrir le filtre à l'aide d'un couvercle étanche (ou d'un couvercle recouvert d'une fine couche de terre) et d'assurer une ventilation dissipant les odeurs en hauteur ou loin des habitations.

L'eau rejetée peut aisément être utilisée dans des cultures non vivrières, elle est normalement dépourvue de pathogènes et est peu odorante. Vu les débits envisagés et le coût d'un suivi de la qualité des rejets, il est économiquement utopique d'envisager une réutilisation de ces eaux dans des cultures vivrières.

6.9.10.3 Avantages et inconvénients des filtres à sable drainés

Les filtres à sable drainés peuvent être implantés dans tout type de sol et même hors sol et sont relativement peu encombrants. Ils produisent une eau qui peut être réutilisée pour l'irrigation de cultures non vivrières.

Cette solution peut être particulièrement intéressante quand on cherche à combiner dépollution des eaux usées domestiques et aménagements d'espaces verts.

6.9.10.4 Exemples de calcul pour les filtres à sable drainés

Soit un immeuble de 40 habitants.



- surface du filtre à sable drainé : $40 \times 3 \text{ m}^2 = 120 \text{ m}^2$
- longueur du filtre : 30 m
- largeur du filtre : $120/30 = 4 \text{ m}$ (3 drains dispersants et deux drains de collecte).

6.9.11 Le puits d'infiltration ou puits perdu

Le puits perdu d'infiltration permet d'évacuer les eaux usées épurées directement dans la nappe, lorsque les vitesses d'infiltration à faible profondeur sont trop faibles pour utiliser les tranchées et lits d'infiltration, les tertres ou les filtres à sable.

Le puits perdu d'infiltration ne doit pas être confondu avec le puits filtrant. En effet, le second assure une dépollution de l'eau avant son rejet dans la nappe alors que le premier ne peut être utilisé que pour des eaux déjà complètement épurées. Son dimensionnement doit être envisagé différemment, il s'agit d'appliquer une hauteur d'eau suffisante pour que le débit infiltré soit équivalent au débit d'eau apporté.

Il est donc nécessaire de déterminer, pour un diamètre donné, la hauteur de d'eau à l'équilibre et de prévoir une hauteur de sécurité suffisante pour gérer les pics de production et une éventuelle réduction de la vitesse d'infiltration.

La méthode de dimensionnement utilise les modèles développés dans le cadre des forages et des principes généraux d'hydrogéologie tout en intégrant les éléments nécessaires à une bonne filtration de l'eau épurée avant son infiltration dans le sol.

6.9.11.1 Plan type d'un puits d'infiltration (ou puits perdu)

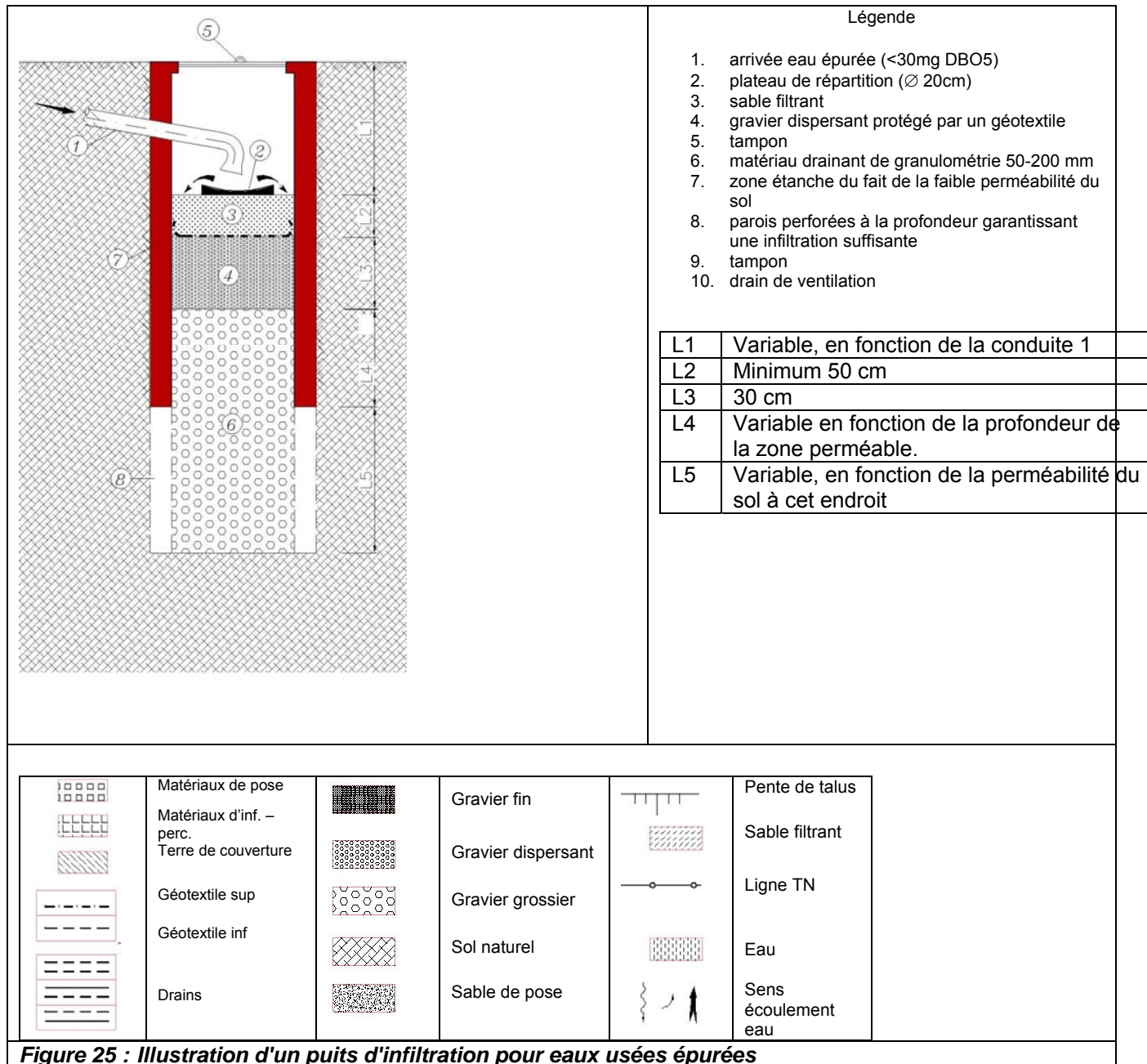


Figure 25 : Illustration d'un puits d'infiltration pour eaux usées épurées

La partie supérieure du puits est constituée de 50 cm de sable de granulométrie identique à celle utilisée pour les filtres à sable ou les tertres. Un disperser est placé au niveau de l'impact du jet sur le lit de sable de manière à assurer une plus grande répartition de l'eau sur la partie supérieure. La partie inférieure est remplie d'un gravier de granulométrie 50-200mm dont le rôle se limite à assurer une dispersion homogène de l'eau dans le puits et à combler le puits. Le sable et le gravier dispersant doivent être séparés par un géotextile non tissé identique à celui utilisé au fond des tertres ou des filtres à sable.

Le sable de la partie supérieure doit être régulièrement examiné afin de vérifier l'absence de colmatage ou d'infiltration préférentielle.

Différents cas de figure de puits d'infiltration peuvent être envisagés

Cas a : le puits est implanté dans toute l'épaisseur de la nappe

Cas b : le puits est implanté au-dessus de la nappe

Cas c : le puits est implanté dans une partie de l'épaisseur de la nappe

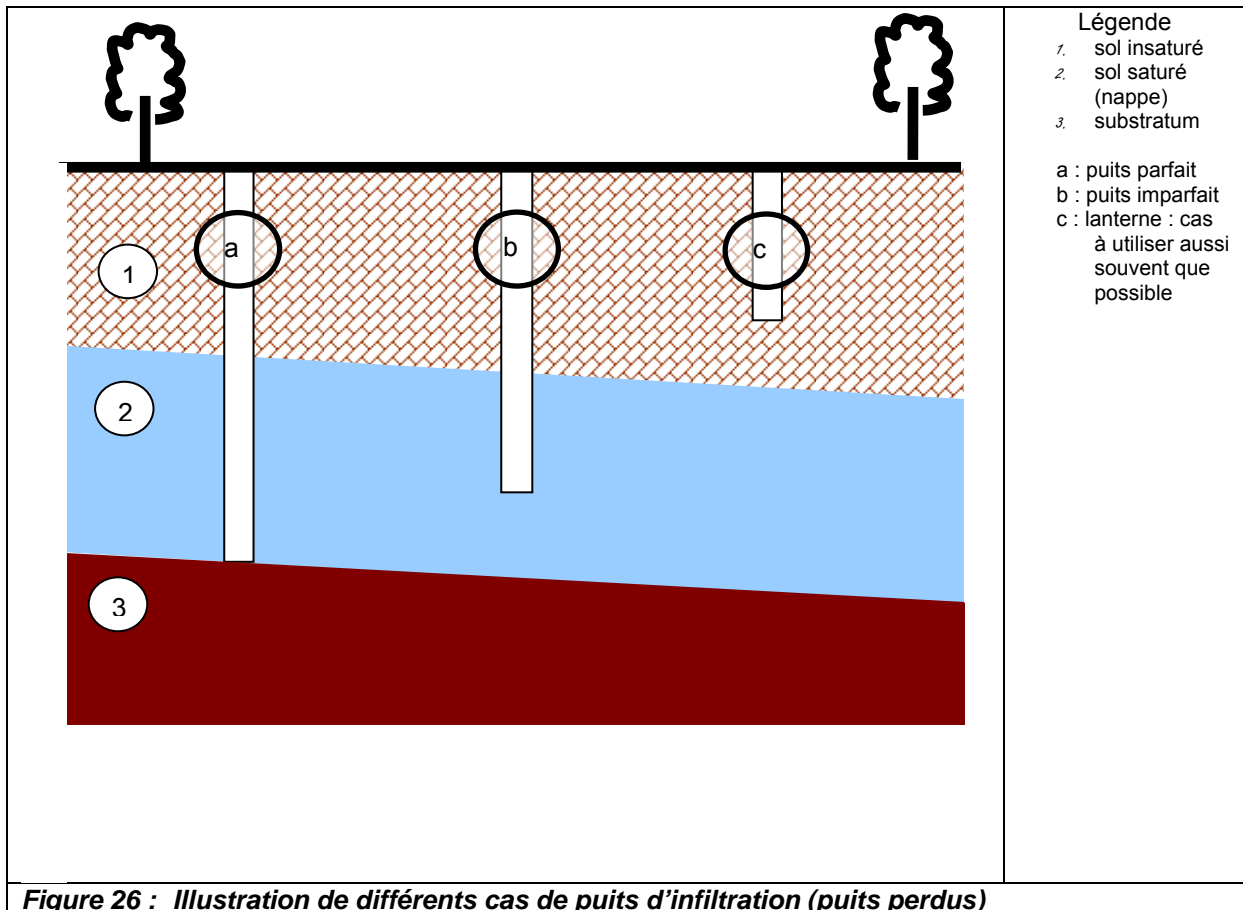


Figure 26 : Illustration de différents cas de puits d'infiltration (puits perdus)

Une autre approche très pragmatique peut consister à reproduire les dimensions des puits d'infiltration déjà utilisés en sachant que l'eau épurée occasionnera beaucoup moins de colmatages que des eaux brutes ou simplement traitées par fosse septique. On dispose ainsi d'une marge de sécurité. La méthode de dimensionnement pourra également être utilisée pour l'infiltration des eaux pluviales lorsque celle-ci ne peut être rejetée en surface. Le débit journalier d'infiltration dépend des conditions climatiques de la région concernée.

6.9.11.2 Consignes d'implantation des puits d'infiltration ou puits perdus

En matière de consignes d'implantation, il est utile de distinguer deux types de puits perdus : les puits perdus qui infiltrent directement l'eau dans la nappe et les puits perdus qui infiltrent l'eau au-dessus de la nappe.

1- Puits perdus infiltrants l'eau directement dans la nappe



Cette technique ne profite pas de la capacité épuratrice des sols. Le rejet en puits perdu est très fortement déconseillé en zone de prévention reprochée ainsi qu'en en zone de prévention éloignée. Cette technique ne devrait être utilisée que dans les conditions suivantes :

- les premiers mètres de sols sont imperméables et inappropriés à l'infiltration ;
- la qualité et l'usage de la nappe ne risquent pas d'être altérés par l'eau infiltrée ;
- l'eau épurée doit répondre à des normes strictes, supérieures à celles habituellement exigées (objectif de 30 mg/l de DBO vivement conseillée)

Le puits sera simplement rempli de cailloux sur toute sa hauteur, à l'exception des premiers mètres qui assurent une dernière filtration des eaux avant infiltration dans la nappe.

2- Puits perdus n'infiltrant pas directement dans la nappe mais le fond du puits est noyé en permanence et sol situé sous le puits est saturé (car cette solution est utilisée lorsque l'épandage à faible profondeur ne peut être réalisé pour des raisons de faible perméabilité ou de manque de place).

Conclusion

Sur la base de l'examen des différents cas de figure ; il est préférable d'implanter des puits de large diamètre peu profonds et le plus éloignés possible de la nappe plutôt que des puits de profonds et de faible diamètre.

6.9.12 Méthode de dimensionnement des puits d'infiltration

Les formules proposées permettent de réaliser un pré dimensionnement du puits afin d'en connaître la géométrie générale. Pour ce faire, il est nécessaire de définir la géométrie du puits, puis, pour un débit donné, d'évaluer le niveau d'eau dans le puits sur base des méthodes de dimensionnement proposées. Une fois la géométrie du puits arrêtée, il est conseillé de procéder aux travaux puis de réaliser une mesure de vitesse d'infiltration dans le puits en y apportant un volume d'eau suffisant (de l'ordre de 3 à 5 m³) afin de vérifier si le volume infiltré correspond au volume à infiltrer pour assurer une évacuation satisfaisante des rejets.

Dans le cas des puits parfait et imparfait, il faudra vérifier que la remontée de la nappe sera telle que le niveau d'eau dans le puits reste inférieur au point de rejet provenant du système d'épuration.

Par ailleurs, l'application de ces solutions suppose l'infiltration de faibles débits, une vitesse d'infiltration faible (inférieure à 15 mm/h ou $2,8 \cdot 10^{-7}$ m/s) au niveau des horizons superficiels et une perméabilité nettement supérieure au niveau de la nappe, si celle-ci existe. On considère de ce fait que la nappe n'éprouve pas de difficultés à évacuer le débit apporté.



6.9.12.1 Pré dimensionnement du puits parfait : cas a

Dans ce cas, la hauteur d'eau au dessus de la nappe se calcule à l'aide de l'équation suivante :

$$h = \frac{0,366 * Q}{T} * \log \frac{R_a}{R_p} ; \text{ pour laquelle}$$

h = remontée de la nappe au niveau du puits ;

Q = débit de rejet exprimé en m³/s, en considérant une infiltration 24h/24h ;

T = transmitivité (m²/s) : épaisseur de la nappe (m) * perméabilité du sol au niveau de la nappe (m/s) ;

R_a = rayon d'action du puits d'infiltration avec comme valeur de calcul 100m ;

R_p = rayon du puits d'infiltration.

Comme la perméabilité à prendre en considération peut être légèrement différente de la perméabilité moyenne caractérisant la nappe, il est préférable d'envisager un coefficient de sécurité de 2 pour estimer la remontée de l'eau. La remontée d'eau de dimensionnement sera donc de 2*h, à partir du niveau supérieur de la nappe.

6.9.12.2 Pré dimensionnement du puits imparfait : cas b

Dans ce cas, la hauteur d'eau au dessus de la nappe se calcule à l'aide de l'équation suivante :

$$h = \alpha \frac{0,366 * Q}{T} * \log \frac{R_a}{R_p} ; \text{ pour laquelle}$$

$$\alpha = \ln \frac{R_a}{2e} + \frac{e}{c} \left[\ln \left(\frac{2c}{R_p} \right) / \ln \left(\frac{R_a}{R_p} \right) \right], \text{ est un coefficient supérieur à 1}$$

h = remontée de la nappe au niveau du puits ;

Q = débit de rejet exprimé en m³/s, en considérant une infiltration 24h/24h ;

T = transmitivité (m²/s) : épaisseur de la nappe (m) * perméabilité du sol au niveau de la nappe (m/s) ;

R_a = rayon d'action du puits d'infiltration avec comme valeur de calcul 100m ;

R_p = rayon du puits d'infiltration.

Comme la perméabilité à prendre en considération peut être légèrement différente de la perméabilité moyenne caractérisant la nappe, il est préférable d'envisager un coefficient de sécurité de 2 pour estimer la remontée de l'eau. La remontée d'eau de dimensionnement sera donc de 2*h, à partir du niveau supérieur de la nappe.

6.9.12.3 Pré dimensionnement de la lanterne : cas c

Aucun modèle théorique, vérifié par l'expérience, n'a été identifié pour répondre à ce cas de figure. L'approche la plus réaliste consiste sans doute à se servir des équations de l'essai Porchet permettant de déterminer la vitesse d'infiltration. On peut considérer qu'un puits d'infiltration de type « lanterne » soit à niveau constant et que le cône d'infiltration fasse un angle de 30°C avec la verticale. Dans ce cône d'infiltration, on considère que le gradient hydraulique est de 1. Sur base des ces hypothèses, la hauteur d'eau au fond du puits sera déterminée par l'équation :



$$h = \frac{Q - (K \pi R_p^2)}{(2/\sqrt{5}) * K \pi R_p}, \text{ pour laquelle}$$

h = hauteur d'eau dans le puits, à partir du fond du puits ;

Q = débit de rejet exprimé en m³/s, en considérant une infiltration 24h/24h ;

K vitesse d'infiltration, à au moins de 2 m de profondeur, telle que calculée par la méthode donnée dans ce guide;

R_p = rayon du puits d'infiltration.

6.9.13 Exemples de calcul de pré dimensionnement des puits d'infiltration

Soit le rejet de 20 habitants à infiltrer :

- Q = 20*150l/j = 40 10⁻⁶ m³/s
- K = 10⁻⁶ m/s
- e = 10 m
- T = 10⁻⁵ m²/s
- R_a = 100 m
- R_b = 2,5 m

1. Cas du puits parfait : $h = \frac{0,366 * 4010^{-6}}{10^{-5}} \log 40 = 2,345\text{m} \Rightarrow$ tabler sur une

remontée potentielle de 4,7m \Rightarrow la nappe doit se trouver à au moins 6 m de profondeur.

2. Cas du puits imparfait : $\alpha = (\ln 5 + 10/2 + \ln 4 / 2,5) / \ln 40 = 1,07 \Rightarrow h = 1,07 * 2,345 = 2,51 \text{ m} \Rightarrow$ la nappe doit se trouver à au moins 6,5 m de profondeur

3. Cas de la lanterne : $h = \frac{4010^{-6} - (10^{-6} \pi 2,5^2)}{(2/\sqrt{5}) * 10^{-6} \pi 2,5} = 2,9\text{m} \Rightarrow$ le puits doit disposer

d'une profondeur d'au moins 7 m

Ces valeurs permettent de déterminer les dimensions initiales du puits d'infiltration. Elles doivent ensuite être validées par une mesure de vitesse d'infiltration, une fois le puits construit.

6.10 Ligne piézométrique du système d'assainissement autonome

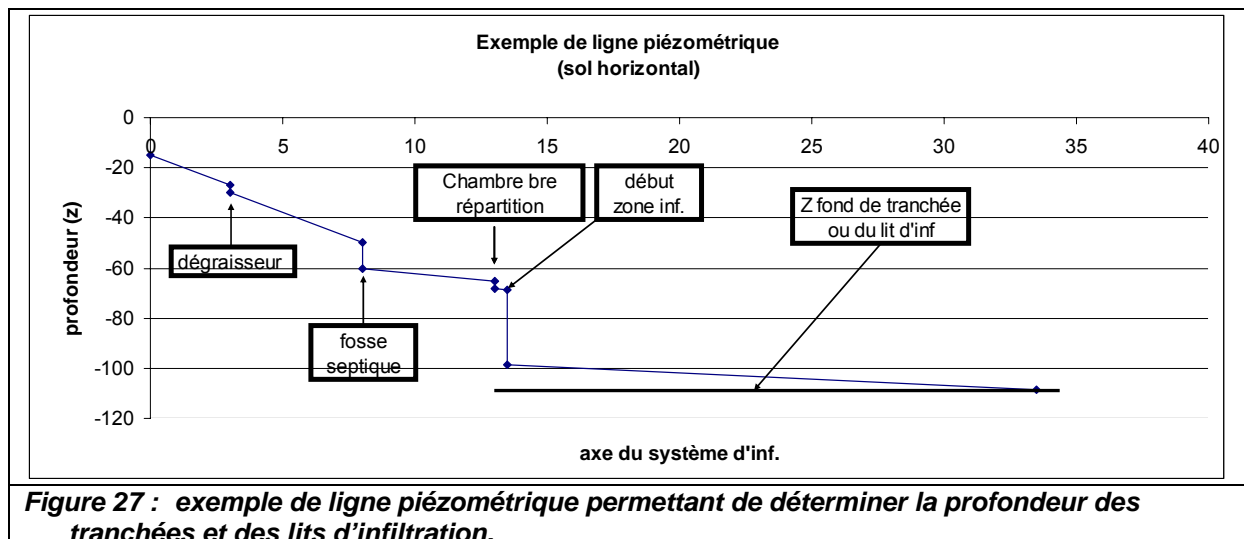
Une fois les dimensions du système d'épandage à faible profondeur retenues, il est nécessaire d'établir la ligne piézométrique de l'écoulement des eaux usées afin de vérifier la compatibilité des profondeurs calculées avec les contraintes d'implantation. Des contraintes principales sont à prendre en considération :

- le respect de la profondeur maximale des lits et tranchées d'infiltration (1 m maximum) ;
- le respect de la distance minimale entre le niveau libre de la nappe et le fond du système d'épandage à faible profondeur ;
- le respect de la distance minimale entre la partie supérieure du substratum et le fond du système d'épandage à faible profondeur.

Cette ligne piézométrique peut aisément être dessinée à l'aide de l'option ("graphique/nuage de points"/ sous type de graphique /"nuages de points reliés par une courbe") en organisant dans le tableau les données comme suit :

- première colonne : ordonnées des courbes : distances par rapport au point de départ ;
- deuxième colonne : pertes de charges cumulées ;
- troisième colonne : altitude du terrain naturel par rapport au point de départ selon l'axe du système d'assainissement autonome.
- Quatrième colonne : profondeur par rapport à la surface

Une fois ce graphique établi, il reste à vérifier le respect des trois contraintes principales au niveau de l'extrémité aval du drain dispersant. La figure 27 présente un exemple de ligne piézométrique ; on constate que la contrainte 1 n'est pas tout à fait respectée. Dans ce cas, on pourrait réduire la longueur des drains dispersants (et augmenter leur nombre) ou rapprocher la fosse septique de l'habitation ou rapprocher de l'habitation le système d'épandage à faible profondeur.





6.11 Latrines

Les fosses des latrines assurent deux fonctions, celle d'accumuler des boues et celle d'infiltrer la fraction liquide des excréta.

Pour le dimensionnement de la zone d'accumulation des boues, dans le cas d'une latrine à chasse manuelle et siphon hydraulique, on considère une production de boues de 40l/hab/an, comme dans le cas des fosses septiques.

Pour le dimensionnement de la zone d'infiltration, il y a lieu de rester prudent pour les surfaces à prendre en considération. En effet, l'eau à infiltrer reste fortement chargée, elle est au moins aussi chargée que l'effluent d'une fosse septique et il faut donc s'attendre à une réduction de la vitesse d'infiltration et on constate, au Maroc, de nombreux colmatage de puits d'infiltration ou de fosses d'infiltration après quelques années de fonctionnement. Il est donc préférable d'opter pour des charges hydrauliques faibles afin d'assurer la pérennité du système. Les surfaces d'infiltration à considérer en fonction du nombre d'habitant et de la nature du sol sont reprises dans le tableau ci-après.

Tableau 16 : Valeurs de dimensionnement des surfaces d'infiltration pour les fosses de latrines

Type de sol	Valeurs de dimensionnement des surfaces d'infiltration
Sols limoneux : vitesse d'infiltration < 30 mm/heure	2,5 m ² /habitant
Sols sableux : vitesse d'infiltration supérieure à 30 mm/heure	1,25 m ² /habitant

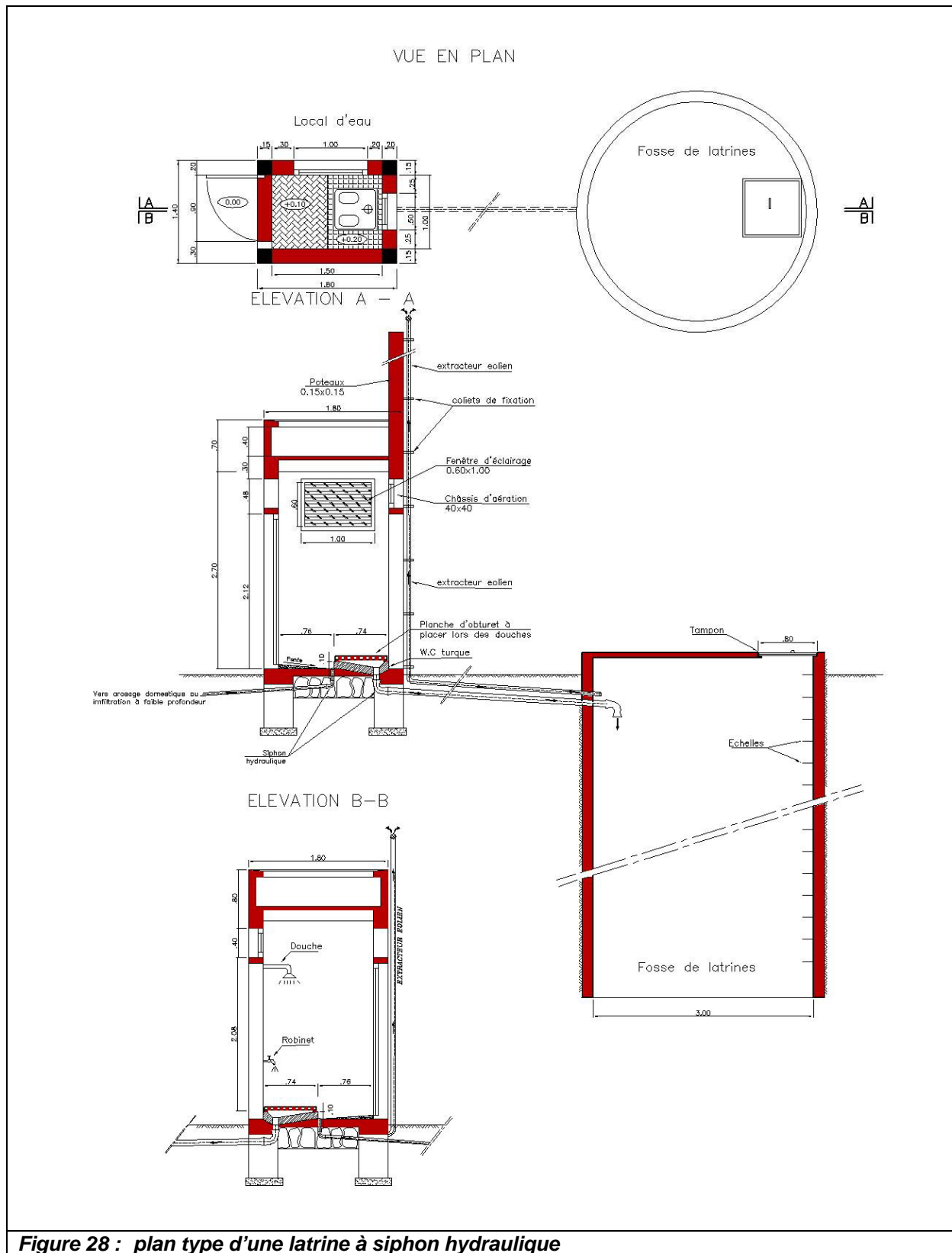
Ces surfaces sont faibles, comparées aux surfaces prévues pour l'épandage à faible profondeur mais il ne faut pas oublier

- que la charge hydraulique envisagée avoisine 20l/hab/jour (les eaux grises doivent être orientée vers un autre exutoire, voir plan) et
- que la dépollution des effluents n'est pas garantie, comme dans le cas de l'épandage à faible profondeur.

De ce fait, les latrines restent une solution transitoire à utiliser dans le cadre d'un aménagement progressif de l'habitation.

Les surfaces à prendre en considération doivent se situer au dessus du niveau maximum des boues. Comme une fosse de latrine est généralement prévue pour un fonctionnement de 10 ans sans vidange, le volume de stockage des boues est de 400 l/habitant et la zone d'infiltration doit se situer au dessus de cette zone de stockage.

Comme pour les puits perdus, il est préférable d'opter pour de grandes sections et de faibles profondeurs, afin de protéger la nappe. Contrairement au puits perdu, la fosse n'est pas remplie de cailloux ce qui peut engendrer quelques difficultés de stabilité des parois dans le cas de sols friables. Dans ce cas, il est préférable d'opter pour la fosse septique suivit d'un lit d'infiltration (ou du puits filtrant).



6.11.1 Exemple de calcul de latrines

Le plan présenté donne des indications pour la construction de la latrine, là où l'eau est devenue plus accessible.

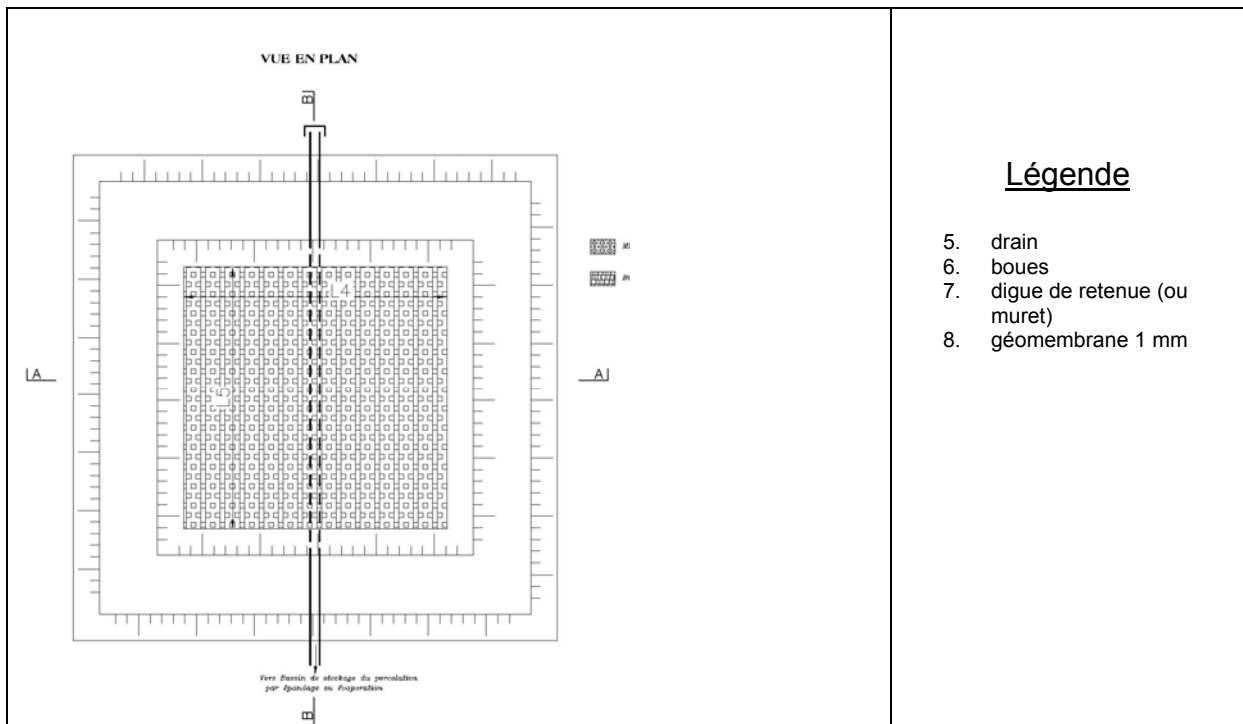
Seules la configuration et la taille de la fosse doivent être dimensionnées en fonction du nombre d'habitants et de la nature du sol.

Soit un immeuble de 10 personnes et un sol dont la vitesse d'infiltration est inférieure à 30mm/h.

- Volume des boues : $(400\text{l/hab}) \times 10 \text{ hab} = 4.000 \text{ litres} = 4\text{m}^3$.
- Surface d'infiltration : $10 \times 2,5\text{m}^2 = 25\text{m}^2$.
- Diamètre de la fosse : 3m.
- Hauteurs des boues : $V = \pi D^2 \times H/4 \Rightarrow H = 4 V/(\pi D^2) = 0,6\text{m}$
- Hauteur d'infiltration : $S = \pi D H \Rightarrow H = S/\pi D = 25/(\pi \times 3) = 2,65\text{m}$ (arrondi à 3 m).
- Profondeur de la fosse de 3m de diamètre : 0,6m (boues) + 3m (infiltration) + 2m (tampon) = 5,6m (arrondi à 6m).
- Volume total de la fosse : $\frac{\pi * 9 * 6}{4} = 42,4\text{m}^3$.

Si la nappe se trouve à moins de 7m de profondeur, il est préférable d'opter pour une fosse septique suivie d'un épandage à faible profondeur ou pour deux fosse de 3,5m de profondeur utilisées alternativement (changer de fosse tous les ans par exemple) et distantes entre elles d'au moins une fois le diamètre de la fosse.

6.12 Lits de séchage des boues



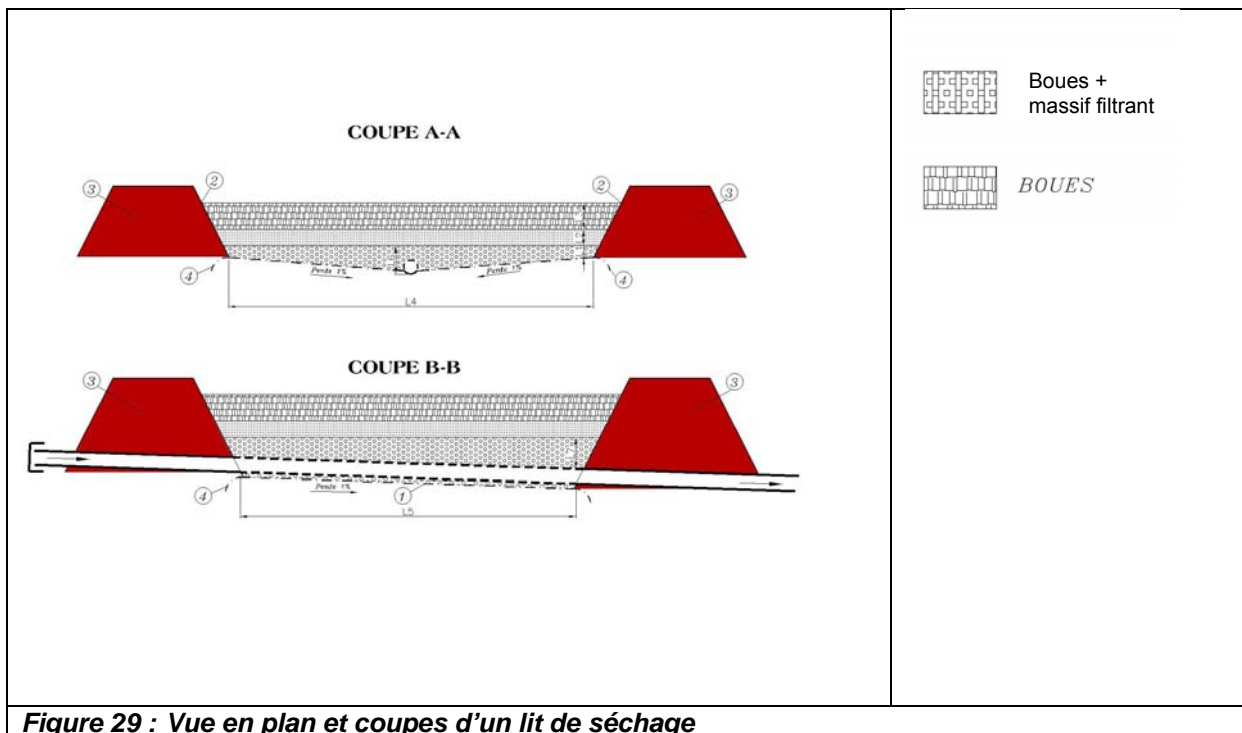


Figure 29 : Vue en plan et coupes d'un lit de séchage

La fosse septique produit des boues qui doivent être évacuées périodiquement. Ces boues sont à l'état liquide et sont peu concentrées (moins de 5% en matières sèches). Afin d'en réduire le volume et de les rendre plus facilement manipulables, il est préférable de les sécher avant de les valoriser ou de les éliminer. Le séchage à l'air libre est tout à fait adapté au contexte marocain. Il s'agit de déposer les boues liquides sur un massif filtrant composé de couches superposées de sable, de gravier fin et de gravier grossier au pied desquelles des drains récupèrent l'eau. Après percolation, il se forme une couche pâteuse qui peut être séchée au soleil. On obtient ainsi une croûte de matière organique quasi pulvérulente qui peut ensuite être aisément manipulée et évacuée vers des solutions de valorisation ou d'élimination.

La période de séchage est souvent comprise entre 4 et 6 semaines pour une épaisseur initiale de boue fraîche avoisinant 40 cm. Cependant, du fait des conditions climatiques locale, ce temps pourrait être réduit. En supposant une évaporation de 6mm/j et 65% de percolation, les 14 derniers centimètres d'eau pourraient être évaporés en 23 jours, soit un peu plus de 3 semaines.

Des tests de séchage couplés à des mesures d'insolation contribueraient à affiner le dimensionnement.

Le dimensionnement prudent des lits de séchage doit considérer un temps de séchage de 1 mois durant la période chaude (de mai à octobre inclus, soit 5 séchages et 1 mois de maintenance) et une dilution de 2 fois des boues lors de leur pompage (hypothèse prudente du fait de l'incertitude sur les techniques de vidange employées).



Si la vidange est réalisée par une hydrocureuse assurant la séparation des boues sur le véhicule, le volume collecté pourra être inférieur à 40l/hab (mais avec une plus forte teneur en matières sèches).

La capacité de séchage est de 400l/m², soit 2.000 l/m². La production de boue, en intégrant la dilution de 2 fois, est d'environ 80 l/habitant. Un mètre carré de lit peut donc traiter la production de 25 habitants. **Il est donc conseillé de prendre comme valeur prudente de dimensionnement 25 habitants/m².**

Le gravier à utiliser doit être fin afin d'éviter la diffusion du sable dans les espaces libre du gravier. Une granulométrie de type 5-10mm est recommandée et le géotextile anti-contaminant ne peut être utilisé.

Le sable filtrant est identique à celui utilisé dans les filtres à sable.

La surface supérieure du gravier doit être horizontale, afin de garantir la même épaisseur de sable sur toute la surface du lit de séchage. Celle-ci doit être parfaitement horizontale afin d'assurer une répartition homogène des boues.

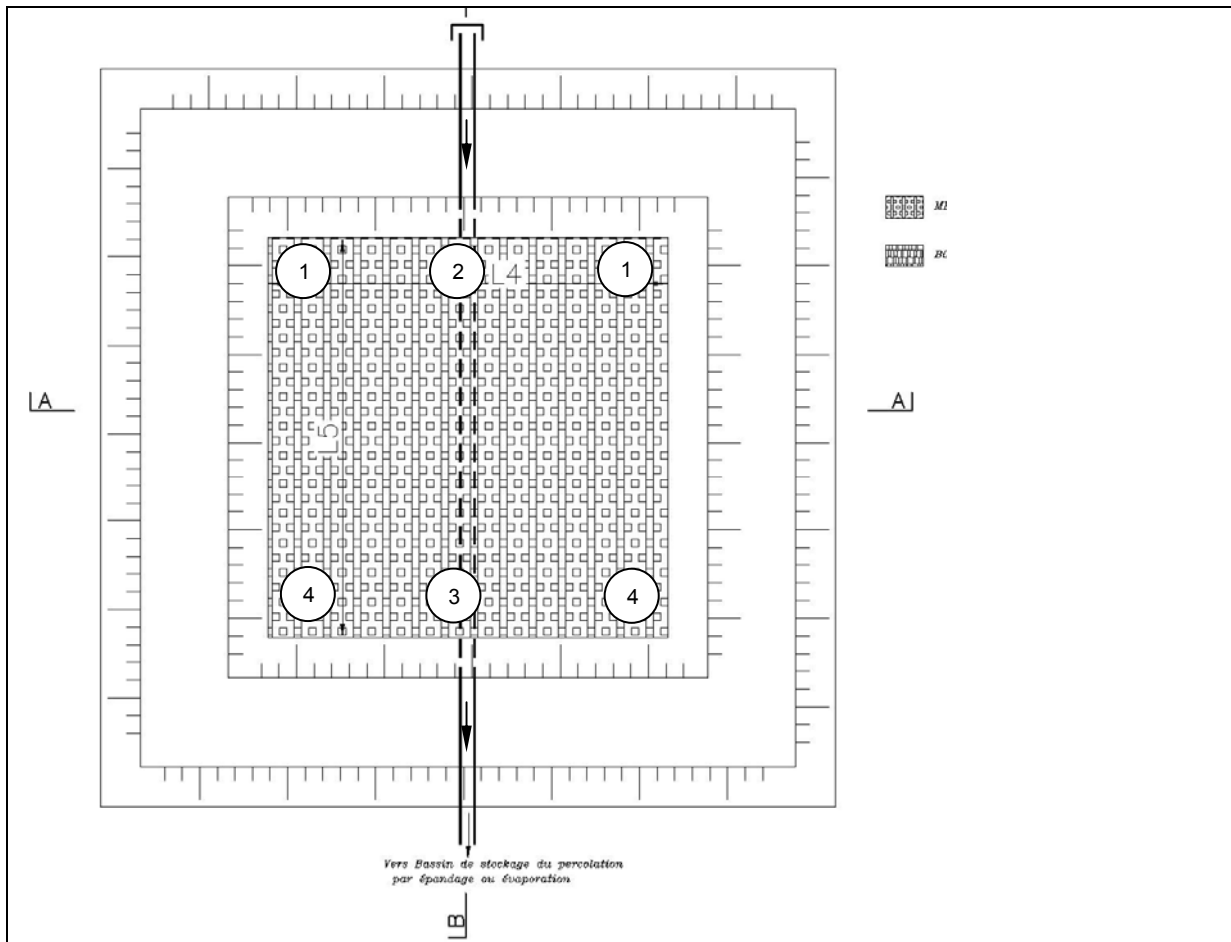
En utilisant des pentes de 1% pour le fond du lit de séchage, un seul drain central suffit à drainer tout le massif de gravier sur une distance d'au moins 20m de part et d'autre du drain. Dans le cas de petites installations de séchage, il est donc préférable d'opter pour des largeurs importantes et de faibles longueurs afin de réduire les quantités de gravier (voir exemple de calcul).

Les digues peuvent être remplacées par des murets en béton dont la hauteur doit dépasser le niveau de boue d'une vingtaine de cm.

Les eaux percolant au travers du massif filtrant devraient être stockées dans un bassin puis épanchées sur des terres de cultures non vivrières, des terres de jachère et éventuellement des terres de pâturage en respectant une période de quarantaine d'environ 40 jours avant de laisser à nouveau paître le troupeau. La taille du bassin dépend de la capacité d'évacuation par épandage durant la période estivale (en hiver, on ne sèche pas les boues) mais devra être au minimum égale à la percolation provenant d'un lit, soit pour un lit de 80 m² (hypothèse prudente car une partie de l'eau reste sur le filtre) : $80\text{m}^2 * 400 \text{ l/m}^2 = 32\text{m}^3$. Ces eaux peuvent ensuite être évacuées à l'aide d'une petite pompe à eaux usées ou par l'hydrocureuse.

Vu les faibles quantités d'eau concernées, il est également possible de prévoir une élimination permanente de ces eaux par un épandage en tranchées superficielles sur une zone située à l'aval des lits de séchage.

6.12.1 Exemple de calcul d'un lit de séchage.



Soit une population de 4000 habitants.

- Surface de séchage : $4000/25 = 160\text{m}^2$
- Largeur (perpendiculaire à l'axe du drain) du lit : 16m.
- Longueur (selon l'axe du drain) du lit : 10m.
- ① Epaisseur du gravier : 20 cm
- ② Epaisseur de gravier au niveau du point haut du drain : $20\text{cm} + (16/2 \times 1\%) = 28\text{cm}$.
- ③ Epaisseur de gravier au niveau du point bas du drain : $28\text{cm} + (10\text{m} \times 1\%) = 38\text{cm}$.
- ④ Epaisseur de gravier en bord de digue, au point bas du drain : $20\text{cm} + (10\text{m} \times 1\%) = 30\text{cm}$.
- Epaisseur moyen du gravier $[(20+30)/2 + (28+38)/2] / 2 = 29$.
- Volume de gravier : $160\text{m}^2 \times 29\text{cm} = 46,4\text{ m}^3 = 47\text{m}^3$.
- Volume de sable : $160\text{m}^2 \times 25\text{cm} = 40\text{m}^3$.
- Surface de géomembrane : $(16 + (2 \times 1,5)) \times (10 + (2 \times 1,5)) = 247\text{m}^2$ (1,5 m prévu pour l'ancrage)
- Taille du bassin de stockage : $160\text{m}^2 \times 0,4\text{m} = 64\text{m}^3$.



7 Contraintes d'utilisation des systèmes d'épandage à faible profondeur

7.1 Contraintes générales

Afin d'infiltrer des eaux usées épurées par épandage à faible profondeur, les contraintes suivantes doivent être respectées :

- maintenir la nappe à une profondeur > 30 cm (idéalement 2 m) du niveau naturel du sol après remontée due à l'infiltration,
- respecter les contraintes de distance minimales vis-à-vis des autres ouvrages et éléments paysagers (voir figure),
- disposer d'un sol dont la vitesse d'infiltration > 15 mm/h (si la vitesse est inférieure, opter pour le rejet en surface ou le puits perdu),
- disposer d'une surface suffisante pour assurer une bonne épuration et une remontée de la nappe acceptable,
- ne pas installer ces systèmes dans une zone inondable,
- ne pas installer ces systèmes juste à l'amont d'ouvrages ou de fondations, respecter les distances du tableau 17.

Ajoutons aussi la contrainte découlant de la nécessité de préserver les captages d'eau. En zone de prévention rapprochée, les puits perdus parfaits et imparfaits sont très fortement déconseillés et il est préférable d'opter pour des filtres à sable suivi d'un rejet en surface dans un milieu récepteur naturel (oued permanent ou temporaire) ou de réaliser un épandage en surface (irrigation de cultures non vivrières).

7.2 Protection des riverains et des milieux récepteurs

L'ensemble des ouvrages de dépollution est enterré, à l'abri de tout contact direct avec les habitants, ce qui réduit très fortement les risques de contamination de la population riveraine. En Europe et aux Etats-Unis, ces systèmes sont régulièrement implantés à moins de 20m des habitations.

Les performances épuratrices de ces systèmes sont élevées puisque après le filtre à sable la DBO_5 est inférieure à 30mg/l (contre 100mg/l pour le lagunage) et quasi nulle après 60cm de percolation dans le sol. Seuls les milieux récepteurs sensibles aux apports d'azote peuvent être affectés par les rejets de ces systèmes, mais il est important de rappeler qu'il s'agit de solutions adaptées aux très petites collectivités et que l'élimination de l'azote fait appel à des techniques de dépollution plus sophistiquées et peu adaptées au domaine d'application des solutions présentées dans le cadre de ce guide.

On peut donc conclure que ces systèmes assurent une bonne protection de la population riveraine et des milieux récepteurs.



7.3 Evaluation du niveau de la nappe et de sa remontée

Généralement lorsque la nappe se trouve à plus de 3 mètres de profondeur, les risques d'interférence entre la nappe et le système d'épandage à faible profondeur sont négligeables particulièrement dans le cas de débits avoisinant 50l/hab/jour. Cependant, lorsque le système d'infiltration reçoit des débits élevés du fait de consommations (habitations de haut standing) ou d'une population (épuration groupée) importantes et que la nappe se situe à faible profondeur (moins de 3m) ; il reste préférable de mener quelques investigations sur le niveau et le comportement de la nappe

7.3.1 Evaluation du niveau de la nappe

Il est admis qu'une épaisseur de sol non saturé d'au moins 100 cm doit être conservée pour assurer une épuration poussée de l'eau usée prétraitée par la fosse septique. Il est également admis que l'infiltration régulière d'eau dans le sol peut modifier localement et durablement le niveau de la nappe et que cette remontée peut altérer le système d'infiltration. En fonction de la configuration du système d'infiltration, de la nature du sol et des caractéristiques de la nappe, la remontée de celle-ci varie sensiblement.

Lorsque la nappe se trouve à faible profondeur (moins de 3-4 m), il est préférable d'en évaluer plus finement le niveau. Dans ce cas, des carottages au moins au nombre de 4 par site peuvent être réalisés à la tarière de 10 cm de diamètre selon un axe perpendiculaire aux courbes de niveau et/ou dans la direction d'un plan d'eau naturel situé en contrebas du site d'infiltration. Ces mesures doivent être préférentiellement menées en hiver, période durant laquelle la nappe est à son point le plus haut.

7.3.2 Evaluation de la remontée de la nappe

7.3.2.1 Méthode de calcul

Une modélisation de la remontée de la nappe suite à des infiltrations superficielles a été développée par Finnemore et Hantzsche [4], Cette modélisation suppose une nappe horizontale infinie, cas plus défavorable qu'une nappe présentant un gradient hydraulique.

Elle repose sur l'équation suivante :

$$H = H_i + Z_m/2$$

Avec

H = épaisseur de la nappe après remontée

H_i = épaisseur initiale de la nappe, avant infiltration

Z_m = remontée maximum à long terme de la nappe



$$Z_m = \frac{QC}{A} \left(\frac{L}{4} \right)^n \left(\frac{1}{KH} \right)^{0,5n} \left(\frac{t}{S_y} \right)^{1-0,5n}$$

Où :

Q = débit journalier (m3/j)

A = surface totale du système d'infiltration (m2)

C = constante dépendant de la géométrie du système d'infiltration (tableau 9)

K = vitesse d'infiltration horizontale du sol in situ, celle-ci peut être estimée à l'aide d'une mesure de vitesse d'infiltration verticale (inférieure à la vitesse d'infiltration horizontale) de préférence selon la méthode "à niveau constant" (m/s)

n = constante dépendant de la géométrie du système d'infiltration (tableau 9)

L = la plus grande longueur du système d'infiltration (m)

l = la plus petite longueur du système d'infiltration (m)

L/l = rapport des 2 longueurs caractérisant la géométrie du système d'infiltration

S_y = porosité efficace du sol (ou macroporosité) = rapport du volume d'eau gravitaire et du volume de sol considéré (%) (tableau 10)

t = temps après lequel on estime la remontée (valeur conseillée : 3650 jours)

. Valeur de n et c en fonction de L et l

Valeurs de L/l	Valeurs de C	Valeurs de n
1	3,1479	1,7193
2	2,0748	1,7552
4	1,1348	1,7716
5	0,5922	1,7793

Valeurs de la porosité efficace en fonction de la nature du sol.

Type de sol	S _y : Porosité efficace (%) ²
Gravier grossier	28
Gravier moyen	25
Gravier fin	20
Sable grossier	20
Sable moyen	15
Sable fin	10
Limon	7
Silts	7
Argile	3
Milieus fissurés	3-4%

Cette équation itérative peut être utilisée pour différents types de sol, après avoir dimensionné les systèmes d'infiltration.

² Valeurs adaptées en fonction des perméabilités efficaces constatée au Maroc pour ce type de sols.

7.4 Comment identifier un site apte à l'infiltration

Outre la capacité d'infiltration du sol, il est également nécessaire d'évaluer l'aptitude du site à accepter cet apport d'eau. Dans le cas de nappes situées à plus de 3-4m de profondeur, très peu de problèmes peuvent survenir de l'infiltration d'une eau usée épurée. Par contre dans le cas de nappes peu profondes, il est utile d'examiner qualitativement l'influence de l'eau infiltrée sur la configuration de la nappe.

Les figures 30 et 31 illustrent les impacts potentiels de l'infiltration des eaux.

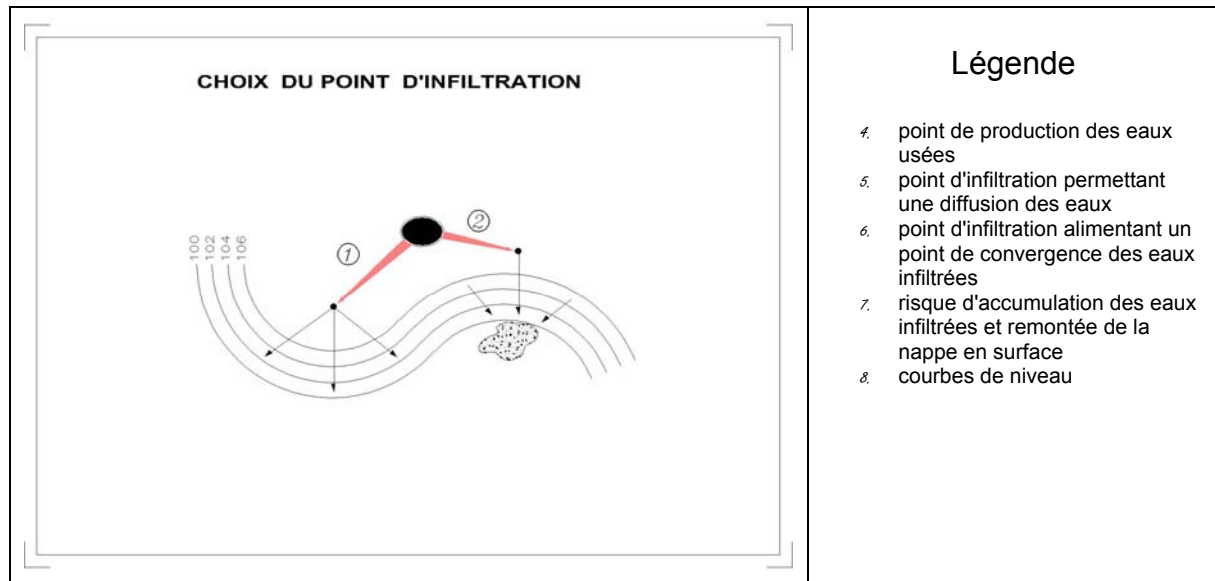


Figure 30 : utilisation des courbes de niveau pour choisir les points d'infiltration

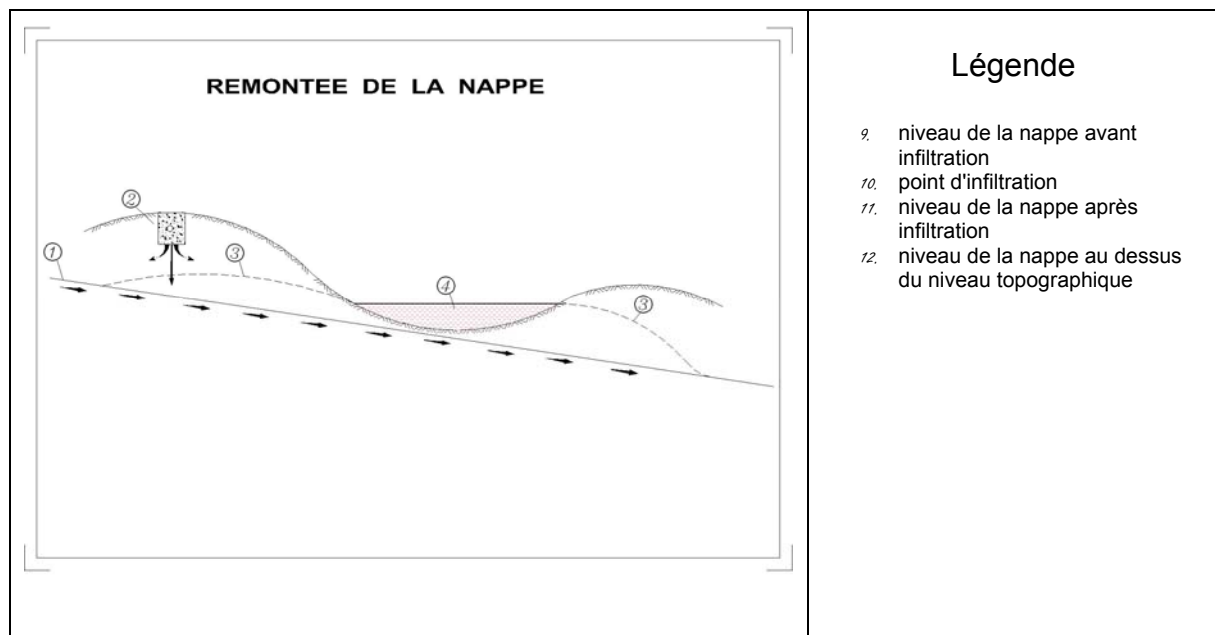


Figure 31 : exemple de remontée de la nappe au dessus du niveau topographique



Une infiltration supplémentaire et permanente de l'eau engendre systématiquement une remontée de la nappe, même minime. Cette remontée de la nappe peut contribuer à l'émergence de mares ou de zones marécageuses temporaires ou permanentes.

Dans la majorité des états d'Amérique du Nord et d'Europe, les mares et les zones marécageuses sont peu souhaitées, particulièrement à proximité de zones d'habitation. Par contre dans un contexte de pénurie d'eau, il peut être intéressant de chercher la résurgence de l'eau infiltrée et épurée par le sol. Cette deuxième utilisation de l'eau est soutenue dans le cadre de la loi 10-95 sur l'eau et les Agences de bassin ont pour mission de soutenir ce type d'approche.

Ainsi, dans le cas de la figure 31, la remontée de nappe en surface, à l'aval du point d'infiltration, peut être intéressante dans la mesure où l'on dispose d'une eau épurée qui peut être réutilisée. Avant de généraliser ce type de solution (épuration + réutilisation), il serait préférable de réaliser un projet pilote permettant de caractériser la qualité des eaux et de définir leurs conditions d'utilisation.

D'après Bahij [14], il semblerait que les teneurs en azote puissent être rabattues en dessous du seuil de 50 mg/l mais les informations bibliographiques restent évasives et parfois contradictoires sur le taux de rabattement de l'azote. Il y a donc lieu de rester prudent sur les utilisations potentielles de cette eau.

7.5 Mesures de la vitesse d'infiltration

La conductivité hydraulique, parfois appelée perméabilité, caractérise la vitesse avec laquelle l'eau circule dans le sol selon un sens d'écoulement déterminé (horizontal ou vertical). Par contre la vitesse d'infiltration cherche à définir la vitesse avec laquelle l'eau quitte la surface libre du sol pour rejoindre la nappe. Celle-ci ne doit pas être confondue avec la perméabilité, même si elle s'exprime dans les mêmes unités. Pour le dimensionnement des systèmes d'épandage à faible profondeur, on cherche à déterminer une vitesse d'infiltration proche des conditions réelles de fonctionnement du système.

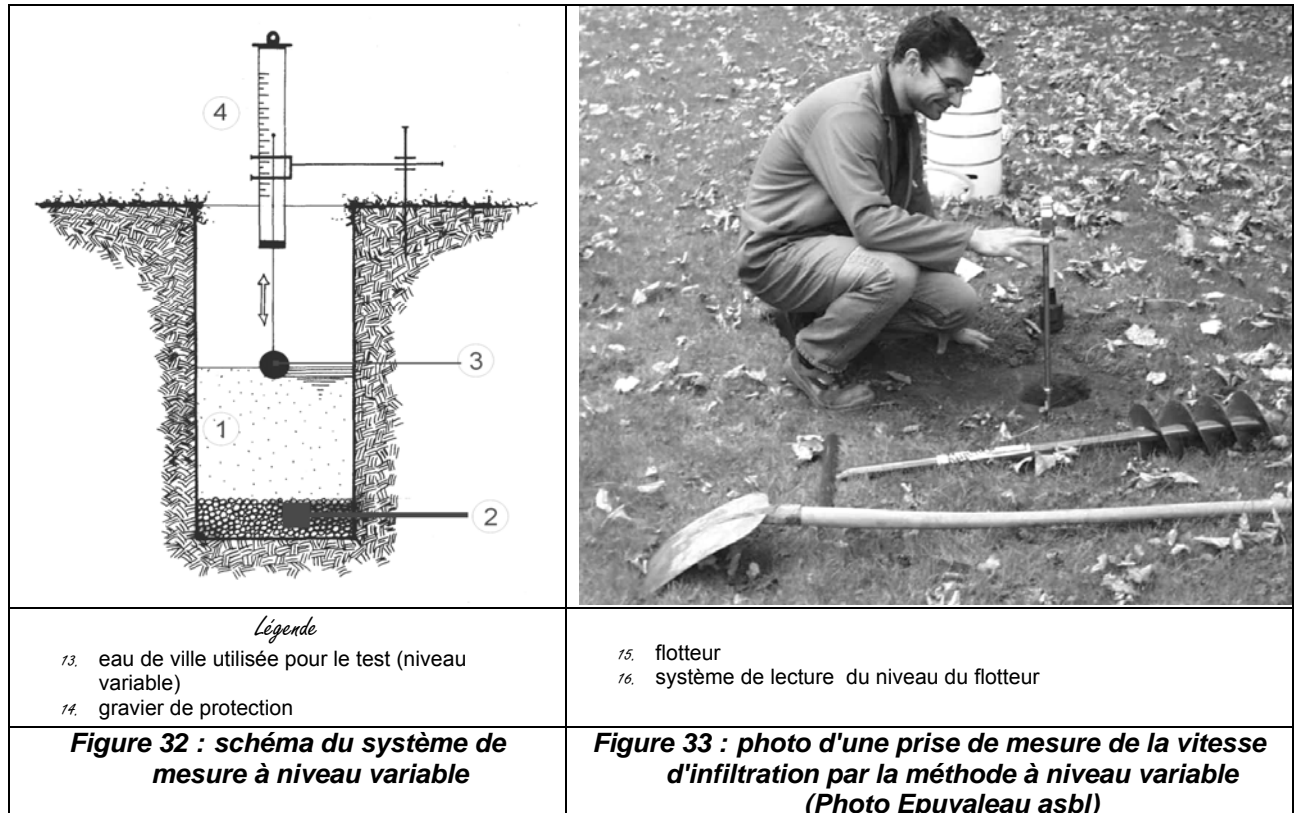
Le nombre de points de mesures recommandé sera de minimum 4 points pour un système d'épandage à faible profondeur destiné à une famille et de 7 à 8 points pour une solution collective.

Ces mesures peuvent être menées en parallèle, selon deux méthodes. La première (mesure à niveau variable) n'exige pas de matériel particulier, à l'exception d'une tanière de 15 cm de diamètre ; par contre la seconde (mesure à niveau constant) demande un peu plus d'équipement mais est plus fiable, particulièrement si la mesure est faite à la limite de deux horizons de perméabilité [14]. Si le matériel est disponible, il est préférable d'opter pour la méthode à niveau constant.

Ces mesures restent indicatives d'un ordre de grandeur de la vitesse d'infiltration. En effet la comparaison de différentes méthodes de mesure a montré des variations de l'ordre de 300%, pour un même sol de faible perméabilité (10^{-5} m/s) [16].

7.5.1 Mesure à niveau variable

Celle-ci doit être réalisée selon un protocole expérimental défini afin de fournir une valeur de vitesse d'infiltration la plus proche des conditions réelles de fonctionnement. Les étapes suivantes décrivent la procédure d'un test standard :



1. creuser un trou de 15 cm de \varnothing à la profondeur proposée pour le fond de la tranchée (généralement de 0,6 à 0,8 m) le trou doit être cylindrique sur une hauteur minimum de 30 cm, dans la zone d'absorption prévue de sol ;
2. Griffer les parois et le fond du trou afin de retrouver la texture naturelle du sol.
3. enlever toute la terre excédentaire ;
4. placer au fond du trou une couche de 5 cm de gravier fin (\varnothing de 1,2 à 1,8 cm) ;
5. remplir le trou avec de l'eau claire sur une hauteur minimum de 30 cm ;
6. laisser le sol se pré-saturer pendant au moins 4 h mais de préférence pendant une nuit. L'eau doit être claire, exempte de produits organiques ou de fortes teneurs en sodium ;
7. effectuer la mesure :
 - a. si l'eau demeure dans le trou après la période de pré-saturation. On ajuste la profondeur de l'eau à 15 cm. On mesure ensuite la baisse du niveau d'eau toutes les 30 minutes et on ajuste la hauteur d'eau à 15 cm en apportant l'eau manquante. Continuer l'essai jusqu'à ce que la dernière lecture soit identique à la précédente ou alors après 4 heures ;
 - b. s'il ne reste plus d'eau dans le trou après la période de pré-saturation. On ajoute 15 cm d'eau dans le trou. On mesure ensuite la baisse du niveau d'eau par intervalle de 30 minutes, et on ajuste la hauteur d'eau



à 15 cm en apportant l'eau manquante. Continuer l'essai jusqu'à ce que la dernière lecture soit identique à la précédente ou alors après 4 heures ;

- c. si les 15 cm d'eau apportés ont disparu avant que le délai de 30 minutes ne se soit écoulé, dans ce cas, l'intervalle de temps entre les mesures doit être de dix 10 minutes.

8. calculs de la vitesse de percolation en mm/heure selon la formule

$$K = \frac{R}{2(t_2 - t_1)} \ln \frac{h_1 + R/2}{h_2 + R/2}$$

R = rayon du cylindre de mesure

t₁ = temps du début de la mesure

t₂ = temps de la fin de la mesure

h₁ = hauteur au temps t₁ (150 mm)

h₂ = hauteur au temps t₂

Afin de simplifier l'interprétation des mesures, trois graphiques permettent, pour des mesures respectant le protocole ci-dessus, de déterminer la vitesse d'infiltration en fonction du temps nécessaire pour infiltrer 50mm ou de la hauteur d'eau infiltrée après 10 minutes.

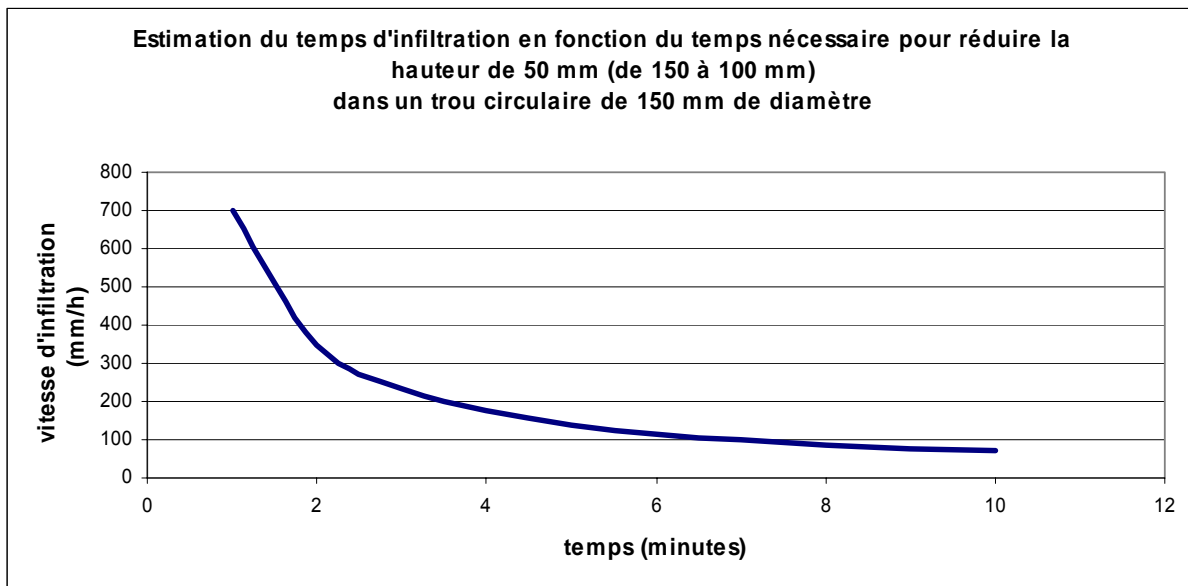


Figure 34 : vitesse d'infiltration en fonction du temps nécessaire pour infiltrer 50mm (gamme 1 – 10 minutes)

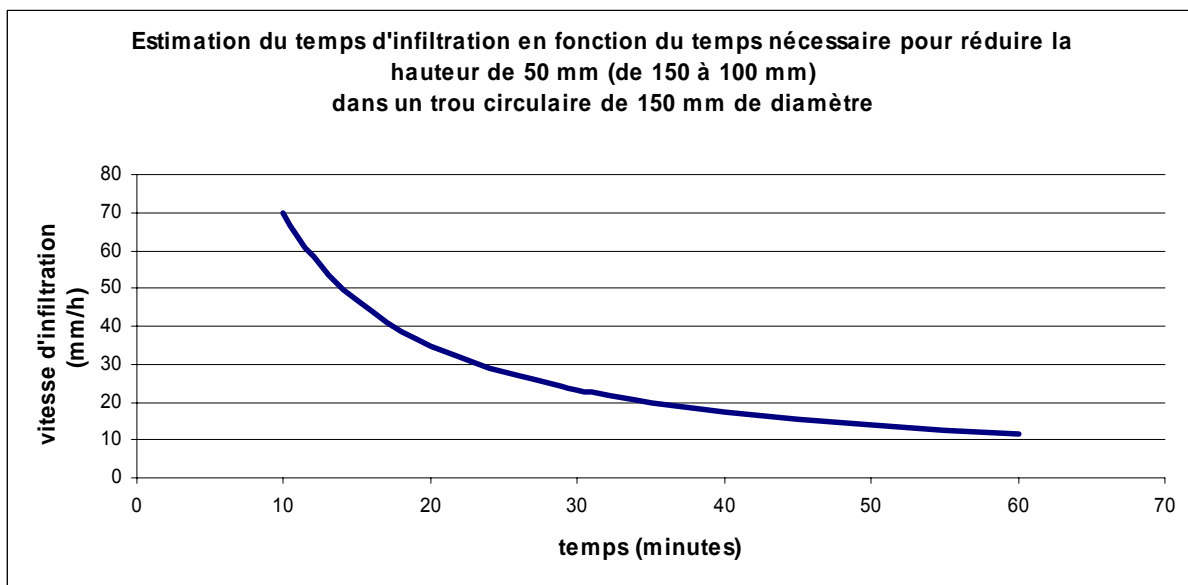


Figure 35 : vitesse d'infiltration en fonction du temps nécessaire pour infiltrer 50mm (gamme 10 – 60 minutes)

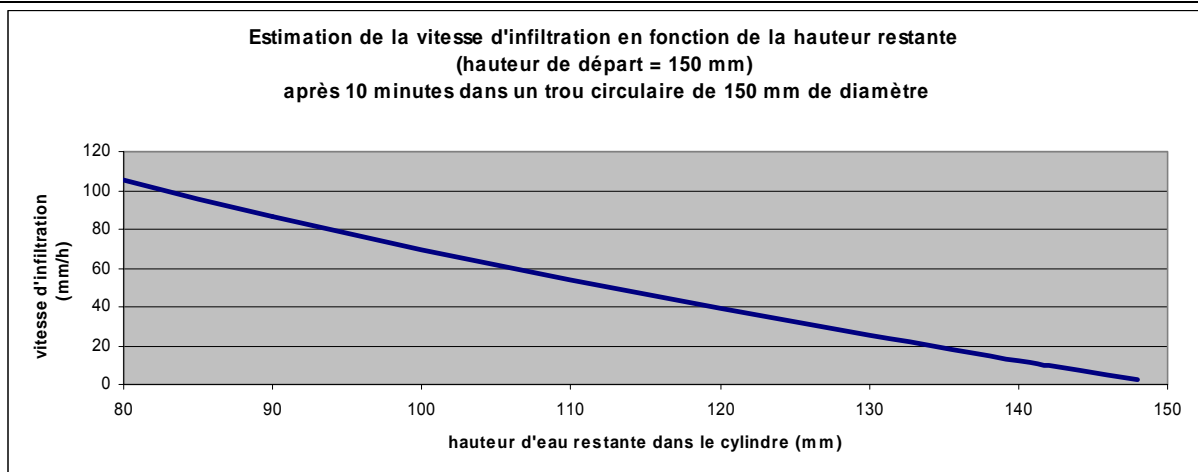


Figure 36 : vitesse d'infiltration en fonction de la hauteur d'eau infiltrée en 10 minutes

7.5.2 Mesure à niveau constant

Dans le cas d'une mesure à niveau constant, un dispositif simple, par exemple une burette de mariotte ou un appareil à pointeur, permet de maintenir le niveau d'eau à une valeur fixe, quelle que soit la vitesse de percolation. Le volume d'eau écoulé en un temps t à partir du réservoir gradué est mesuré lorsque le système est en équilibre et la vitesse d'infiltration se calcul de la façon suivante :

$$K = \frac{V}{t + S}$$

K : vitesse d'infiltration (m/s)

V : volume d'eau infiltré (m^3/s),

t : temps durant lequel l'eau s'est infiltrée (s),

S : surface noyée = $\pi r^2 + 2 \pi r h$,

r : rayon du trou de mesure (m),

h : hauteur d'eau dans le trou de mesure (m).

7.6 Distance minimales pour l'installation d'un système d'épandage à faible profondeur

La localisation des systèmes d'infiltration doit respecter une distance minimum vis à vis d'autres ouvrages ou infrastructures ou éléments naturels existants. Le tableau 17 et la figure 1 présentent les distances à prendre en considération.

Rappelons que l'installation de puits perdus en zone de prévention de captages d'eau potable est fortement déconseillée.



Tableau 17 : Recommandations en matière de distance minimale

Point de référence	Distance horizontale au point de référence (m)
Puits ou source (privée) servant à l'alimentation en eau (L3)	35
Lac ou cours d'eau, marais ou étang	15
Conduite d'eau de consommation	3
Limite de propriété (L5)	3
Résidence (L2)	5
Drain	5
Haut d'un talus	3
Arbre (L 4)	2

Les fosses septiques peuvent être implantées dans des zones de trafic, y compris de trafic lourd, pour autant que les spécifications techniques des cloisons et des tampons soient adaptés aux contraintes occasionnées par les véhicules.

Les matériaux retenus pour équiper les systèmes d'infiltration et les profondeurs auxquelles ils sont placés ne permettent pas la circulation de véhicule en surface. Seules les tranchées d'infiltration supportent un trafic léger. **Il est donc primordial d'implanter les systèmes d'épandage à faible profondeur à des endroits peu fréquentés, en dehors de zones de passage des véhicules, y compris les véhicules de vidange de la fosse septique. Par contre, la circulation des personnes ne pose pas de problème particulier.**

Ces valeurs permettent de déduire qu'il est nécessaire, au minimum, de disposer d'une bande d'exclusion de tout autre élément que le système d'assainissement autonome de 3m de large. Cette contrainte conduit à réserver des surfaces bien plus importantes que la surface d'infiltration à proprement parler.

Le graphique de la figure 37 reprend les surfaces nécessaires par habitant pour deux surfaces d'infiltration par habitant (voir tableau 4). Les valeurs reprises dans le graphique supposent que :

- les drains dispersants font 20 m de long,
- la surface nécessaire à l'implantation de la fosse septique est estimée à 1m²/hab,
- la bande d'exclusion ne concerne que le système d'épandage et fait 3m de large.

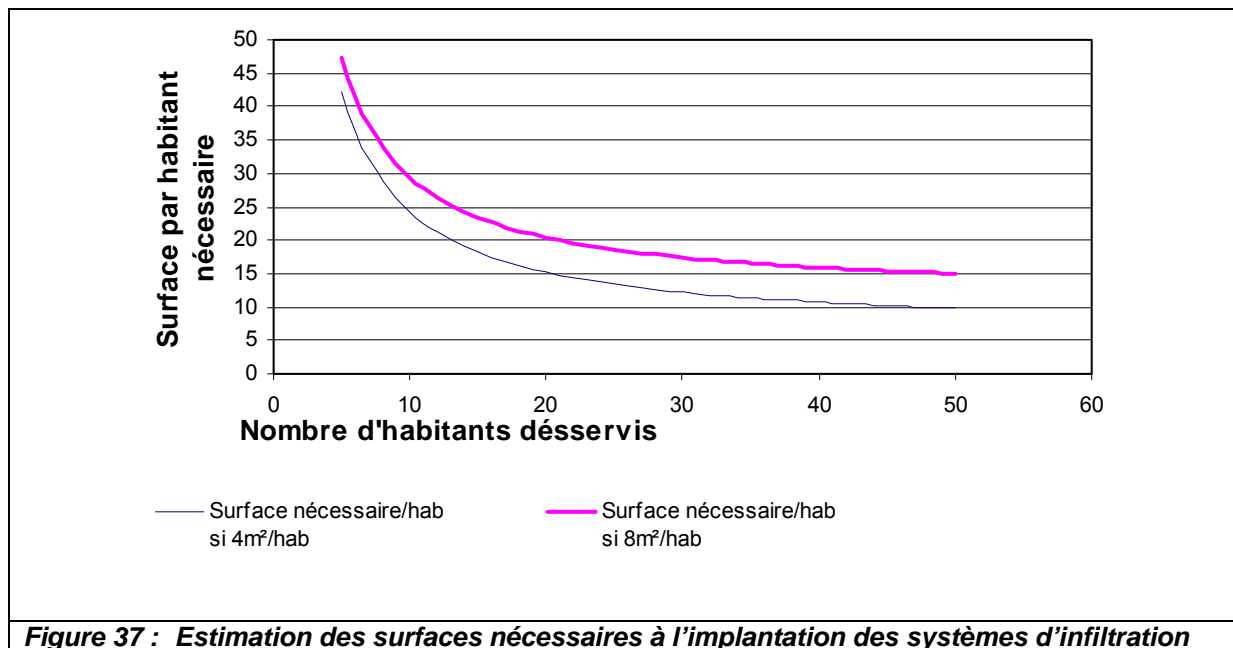


Figure 37 : Estimation des surfaces nécessaires à l'implantation des systèmes d'infiltration

A l'analyse de ce tableau, on constate qu'il est nécessaire de prévoir une surface minimale de 250 m² pour implanter un système d'assainissement autonome pour 5 personnes mais cette surface oscille entre 500 et 750 m² lorsque le système traite les effluents de 50 personnes.

Lors de l'examen de la faisabilité de l'implantation d'un système d'assainissement autonome, cette contrainte doit être examinée pour chaque parcelle et doit orienter les choix d'une épuration « à la parcelle » ou commune à plusieurs immeubles (« assainissement autonome groupé »).

7.7 Comment choisir son système d'épandage à faible profondeur

L'article 54 1° de la loi 10-95 sur l'eau précise que seuls les puits filtrants précédés d'une fosse septique sont autorisés. Cette imposition rend caduque l'utilisation de tous les autres systèmes d'épandage à faible profondeur. Cependant, du fait de l'absence d'une description détaillée du puits filtrant et de l'absence d'arrêtés d'application, il est proposé de toujours retenir les autres solutions pour les raisons suivantes :

- les systèmes d'infiltration à faible profondeur protègent mieux la nappe de la pollution par les eaux usées ;
- les nappes se situent souvent à plus de 10 m de profondeur, ce qui impose de construire un puits souvent de plusieurs mètres de diamètre sur une importante profondeur, cette solution est donc coûteuse ;

Dans le contexte marocain, où la nappe se trouve régulièrement à une profondeur importante (plus de 3m) et où les débits rejetés sont régulièrement inférieurs à 100l/hab/j, le lit d'infiltration offre les avantages suivants :

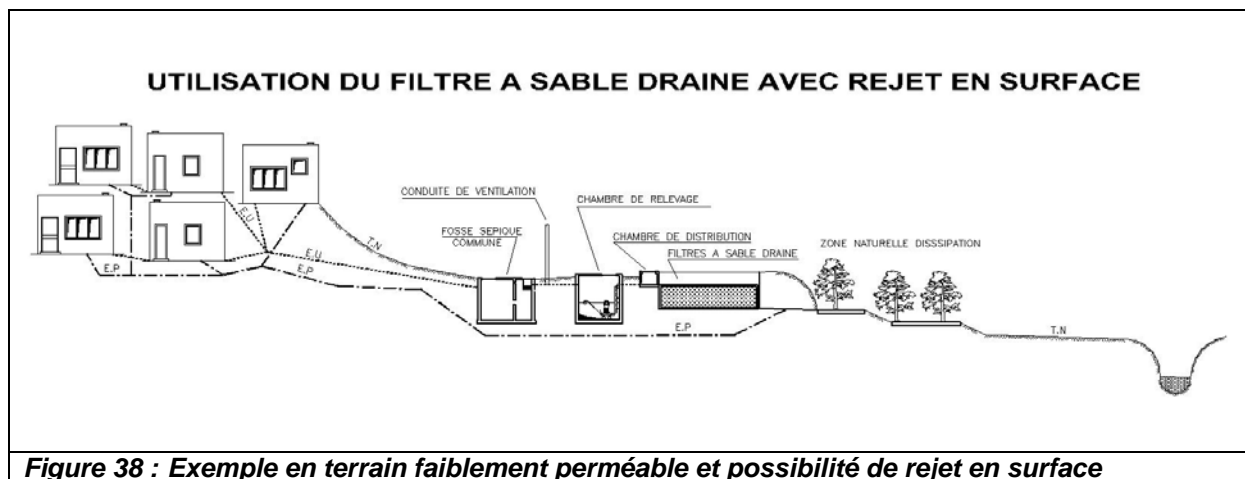
- système relativement compact,

- système peu mobilisant en matière de maintenance,
- suivi de niveaux (horizontalité du fond de lit, niveau et pentes des drains dispersants, ...) plus aisé.

Cependant, les lits d'infiltration exigent des pentes de terrain inférieures à 10% et ne supportent pas la circulation de véhicules légers. Si une de ces deux contraintes s'impose, les tranchées d'infiltration sont plus adaptées.

Lorsque la nappe est trop proche de la surface, les tertres sont mieux adaptés aux contraintes du terrain.

Lorsque le sol présente une perméabilité à faible profondeur inférieure à 15mm/h, il est préférable de choisir le filtre à sable suivi d'un rejet en surface ou d'un puits perdu ou de choisir un puits filtrant (qui combine sur la même surface de sol le filtre à sable et le puits perdu). Un schéma de rejet en surface pour raison de faible vitesse d'infiltration est présenté à la figure 31.



Lorsque le sol présente une perméabilité trop élevée, il est préférable d'opter pour le filtre à sable non drainé.

Lorsqu'une nappe présente une sensibilité importante à tout apport en azote (milieu sensible, nappe déjà contaminée, ...), le rejet en surface doit être privilégié tout en sachant que la contribution des eaux usées provenant de petits groupements d'habitations sur les teneurs en azote de la nappe doit être relativisée par rapport aux autres sources potentielles de contamination.

D'autres contraintes sont également à prendre en considération afin d'identifier la technique la plus appropriée aux contraintes de terrain. Le tableau 18 en reprend les principales. Une méthodologie permettant de déterminer les solutions les plus appropriées en fonction des contraintes de terrain devrait faire l'objet d'un autre guide concernant la production de plans d'aptitude à l'assainissement autonome.



Tableau 18 : Aptitudes des systèmes d'assainissement autonomes aux contraintes de terrain

Contraintes de terrain	Tranchée d'inf.	Lit d'inf.	Tertre d'inf.	Filtre à Sable non drainé	Puits filtrant	Puits d'inf. précédé du FàS drainé	Rejet en surface précédé du FàS drainé
Collecte unitaire des eaux usées et pluviales	non	non	non	non	non	non	non
Pas d'accès aux engins de chantier et de curage des fosses septiques	non	non	non	non	non	non	non
Possibilité de faire circuler des véhicules légers au dessus du système d'épandage à faible profondeur	oui	non	S.O.	non	non	non	non
Pas de récepteur de surface aisément accessible	oui	oui	oui	oui	oui	oui	non
Vitesse d'infiltration < 15 mm/h	non	non	non	non	oui	oui	oui
Vitesse d'infiltration comprise entre 15 et 500 mm/h	oui	oui	oui	oui (2)	S.O.	oui	oui
Vitesse d'infiltration > 500 mm/h	non	non	non	oui	S.O.	S.O.	S.O.
Profondeur du substratum inférieure à 2 m	non	non	oui	non	S.O.	S.O.	oui
Profondeur de la nappe < 0,3 m	non	non	non	non	non	non	oui (3)
Profondeur de la nappe comprise entre 0,3 et 2 m	non	non	oui (2)	oui (2)	S.O.	S.O.	oui (3)
Profondeur de la nappe ≥ 2m	oui (1)	oui (1)	S.O.	oui (2)	éventuellement	oui	oui

- (1) Vérifier que la remontée de la nappe permet de maintenir minimum 90 cm de sol non saturé.
- (2) Vérifier que la remontée de la nappe permet de maintenir minimum 30 cm de sol non saturé.
- (3) Prévoir d'implanter le filtre à sable dans une cuve étanche (béton ou géomembrane)

Remarque : Les systèmes d'assainissement autonome doivent être implantés en dehors de tout passage de conduite enterrée ou de câble d'alimentation électrique.



8 Matériaux et équipements utilisés pour les systèmes conventionnels d'assainissement autonome

8.1 Ouvrage en béton

Dans la mesure où il s'agit principalement de petits ouvrages faiblement sollicités, des blocs de béton (pour les cuves) et des briques (pour les regards) suffisent à la réalisation de l'ouvrage.

Pour la construction des cuves de fosses septiques, des blocs de béton de 20 cm ou un voile de béton armé de 10cm d'épaisseur suffisent lorsqu'elles sont implantées en dehors des zones de circulation des véhicules.

Le radier aura une épaisseur minimale de 10 cm; le béton sera dosé à 350 kg de ciment, pour 400 litres de sable et 800 litres de gravillon.

Les regards sont construits à l'aide de briques ou de blocs de ciments de 9 cm d'épaisseur ou seront préfabriqués en atelier lorsque les dimensions doivent être respectées avec précision.

Le fond et les flancs des cuves et regard sont recouverts de 1 cm de béton hydrofuge sur lequel on dépose si nécessaire un film de goudron liquide.

8.2 Fosse septique

La fosse septique sera soit en béton soit en plastique (cuves préfabriquées). Dans le cas de cuves préfabriquées, il est important d'ancrer la cuve sur un lest en béton si la cuve est partiellement noyée dans la nappe, afin d'éviter une remontée de la cuve lors de la vidange des boues.

8.3 Dégraisseur

Les bacs à graisse sont particulièrement importants dans le cas de bâtiments accueillant une activité commerciale particulièrement génératrice de graisses, telle que la restauration ou les cantines scolaires.

Des équipements préfabriqués sont disponibles sur le marché, ils sont généralement dimensionnés en fonction du nombre de couverts dressés par repas ou par jour. Une liste non exhaustive de fournisseur est reprise en fin de guide.

8.4 Préfiltre :

Le préfiltre peut être implanté entre la fosse septique et le système d'épandage. Il limite ainsi les risques de colmatage en retenant les particules solides qui peuvent s'échapper de la fosse septique (cotons tiges, mégots, éléments plastiques,...).

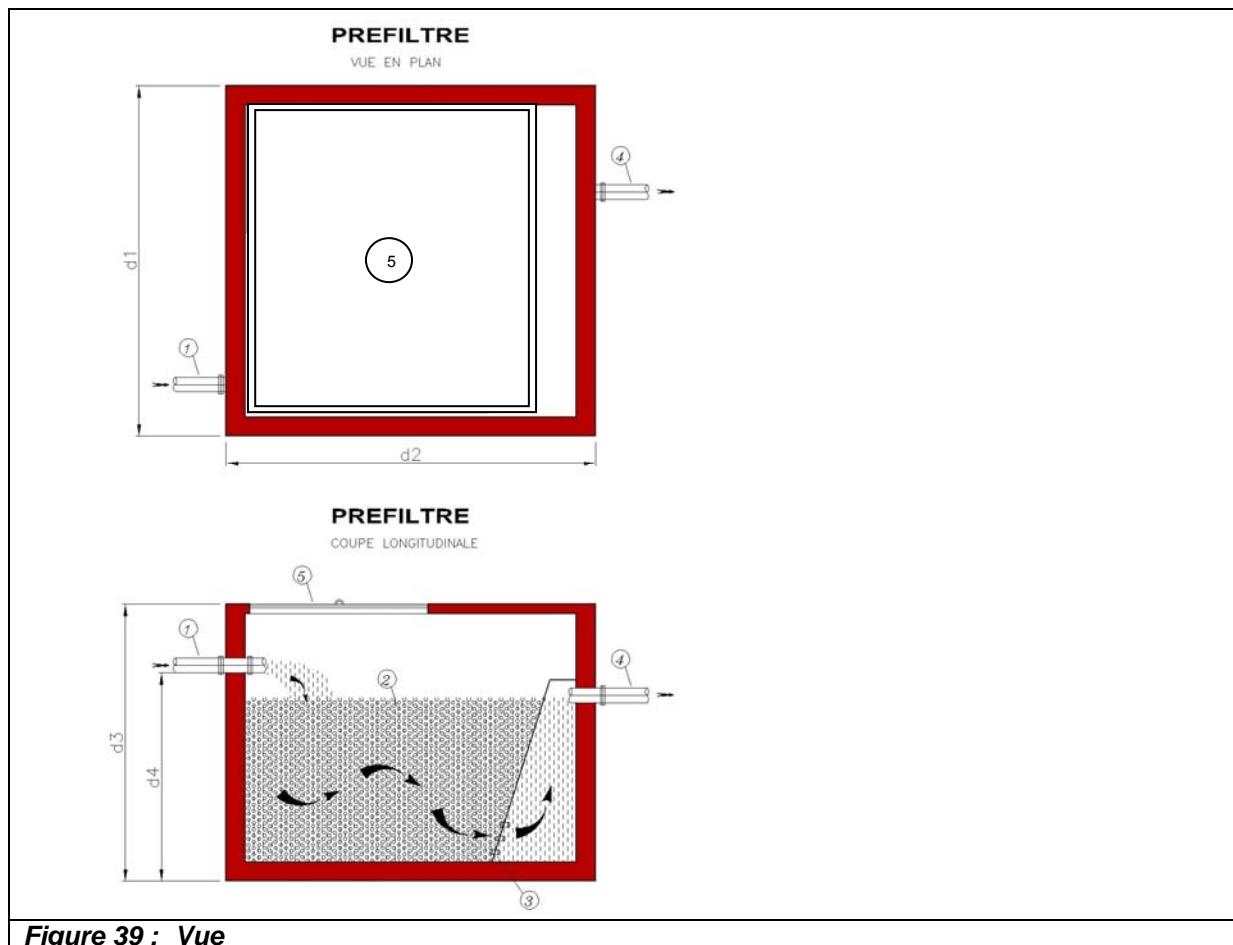


Figure 39 : Vue

8.5 Alimentation

L'alimentation doit être idéalement réalisée par bâchées. Un flux d'eau important est apporté sur le système d'infiltration durant un intervalle de temps court, ce qui assure une très bonne répartition de l'eau au pied du massif dispersant. Une période de repos doit ensuite permettre au sol de laisser percoler l'eau et de retrouver son stock d'oxygène contenu dans ses pores.

Si dans les systèmes d'infiltration concernant une famille, on peut considérer que cette alimentation par bâchée est rencontrée du fait des habitudes de consommation de l'eau au sein de la famille (principalement le matin et le soir), il n'en est pas de même lorsqu'on gère plusieurs familles au sein d'un seul système. Dans ce cas, un système d'alimentation discontinu doit être installé (siphon de chasse automatique, auget basculeur, siphon cloche, réservoir à effet de chasse, chasse pendulaire ou une cuve tampon intermédiaire avec pompe de relevage). Certains fournisseurs (liste non exhaustive) sont repris en fin de guide.

8.6 Poste de relevage :

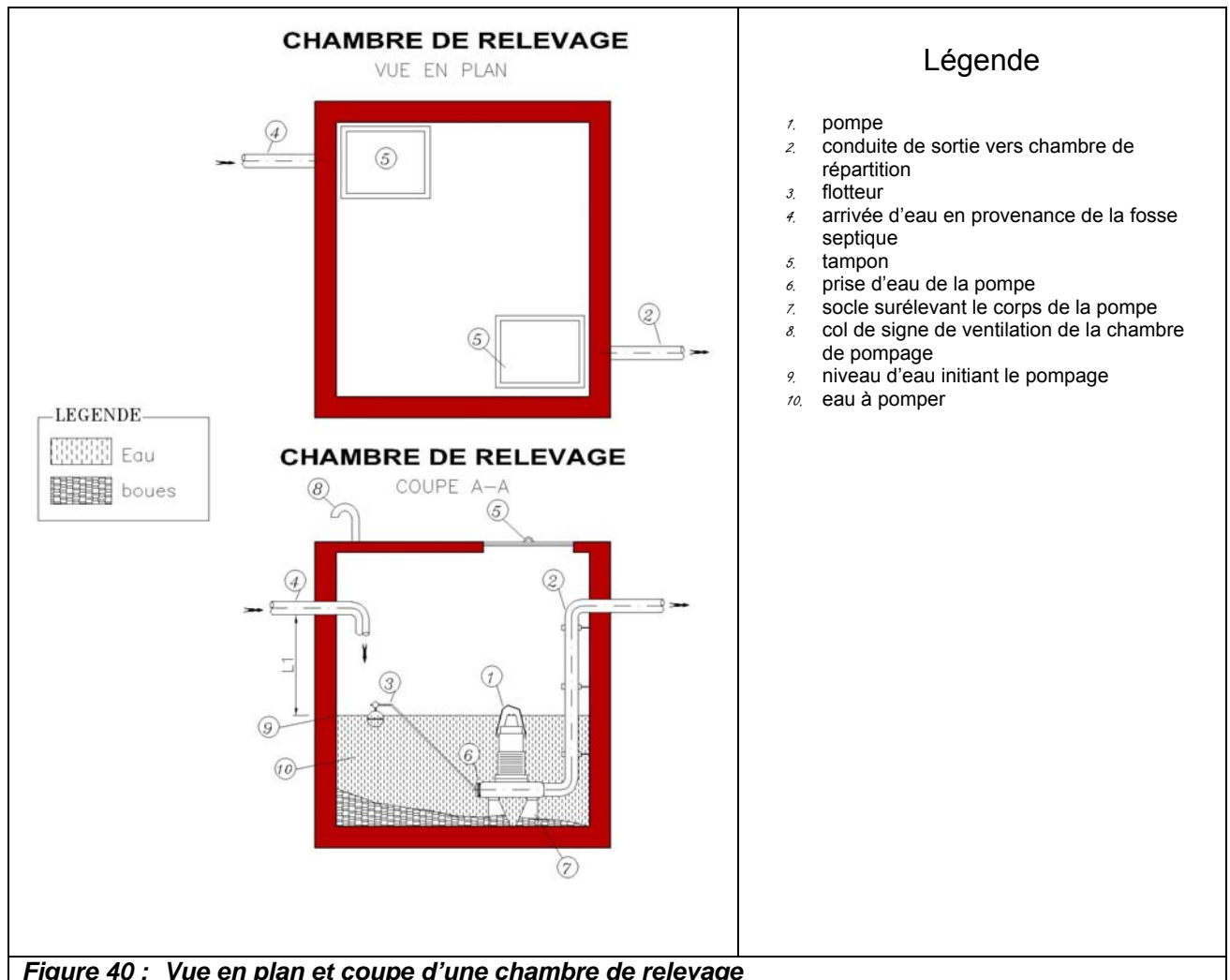


Figure 40 : Vue en plan et coupe d'une chambre de relevage

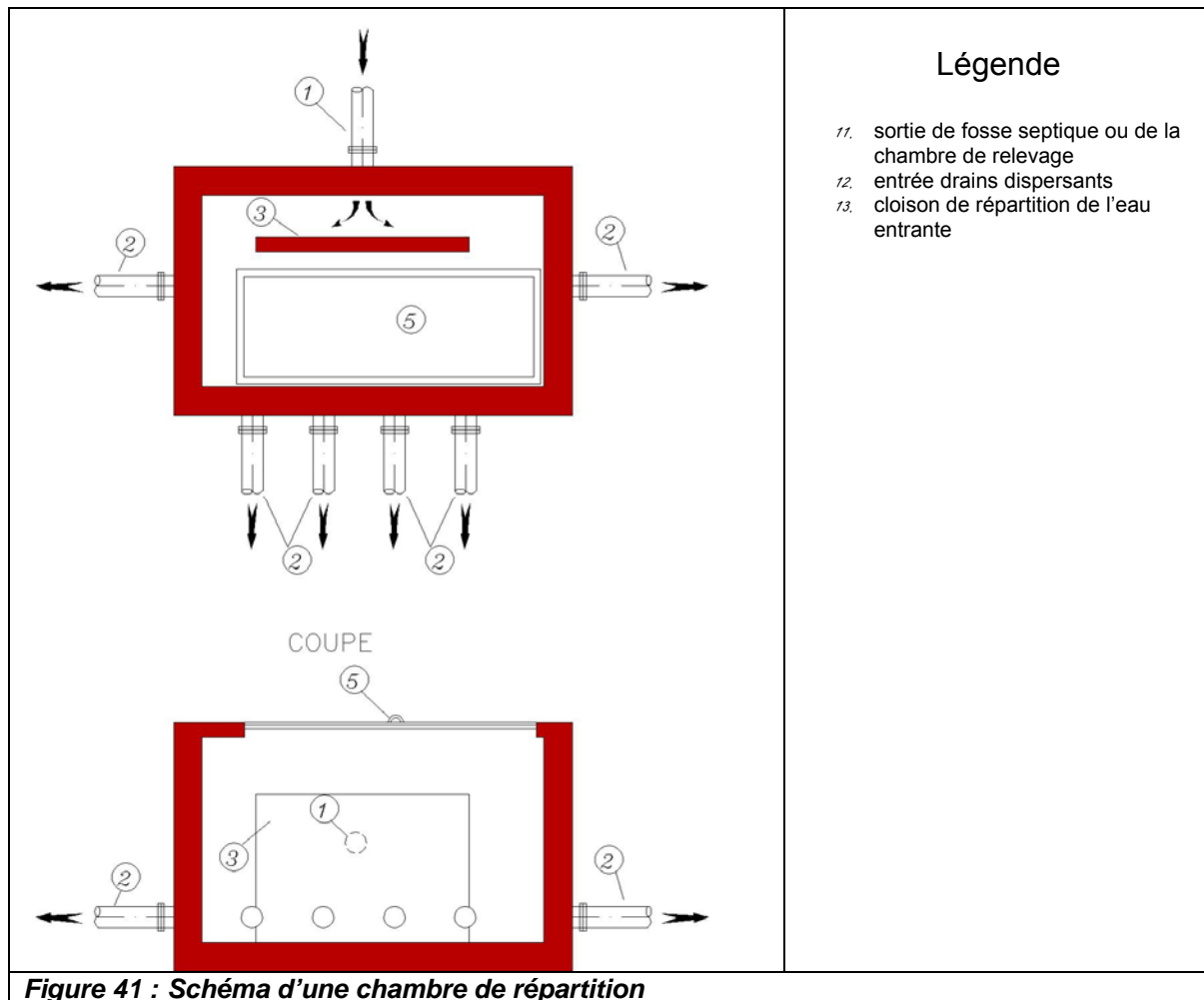
Parfois un poste de relevage est nécessaire pour acheminer les eaux de la fosse septique vers la zone d'épandage. Le volume de la cuve de relevage doit être supérieur à 100 litres et un cycle de pompage doit apporter une quantité d'eau à infiltrer supérieure à 80 litres afin de favoriser une répartition homogène de l'eau dans les systèmes d'infiltration.

Le choix de la pompe conditionne le diamètre du tuyau d'évacuation qui alimente la chambre de répartition. Pour les petites pompes, ce diamètre est généralement de 1pouce, le \varnothing_1 des plans types doit être adapté à cette valeur.

Cette chambre doit également être équipée d'une conduite de ventilation.

La pompe utilisée devra être adaptée au relevage des eaux domestiques (pompes pour eaux claires fortement déconseillées)

8.7 Chambre de répartition de l'eau à infiltrer



Située à l'amont des drains d'infiltration, ces chambres doivent :

- être installés parfaitement horizontales sur un lit de sable stabilisé (100kg de ciment par m³ de sable) ;
- être étanches ;
- être peu profondes sous les sorties vers les drains d'infiltration, de manière à éviter toute stagnation de l'eau avant infiltration ;
- assurer une tranquillisation de l'eau avant son écoulement dans les drains dispersants ;
- être accessibles à tout moment afin de vérifier périodiquement la bonne répartition de l'effluent.

8.8 Regards

Les regards doivent être implantés de manière à permettre l'inspection des canalisations et drains dispersants ainsi que la chambre de répartition, le préfiltre et la fosse septique. Leur taille doit être suffisante pour permettre une intervention humaine. Lorsqu'ils sont peu profonds (<50-60 cm), des ouvertures de 40*40 cm



suffisent ; pour des profondeurs plus importantes, il est préférable de prévoir des ouvertures de 80*80 cm. Ces regards peuvent être réalisés en maçonnerie ou préfabriqués.

8.9 Canalisations:

Toutes les canalisations, y compris les drains dispersants, sont réalisées en PVC rigide, de Ø115 mm pour l'alimentation et l'évacuation de la fosse septique et de Ø100 mm pour les drains dispersants.

Les coudes à angle droit seront évités et remplacés par deux coudes successifs à 45° ou par des coudes équipés d'un dispositif de curage.

8.10 Drain d'infiltration

Les drains doivent être disposés parallèlement, avec une pente uniforme de 0,5 à 1%. Le diamètre des tuyaux est de 100 mm et de même diamètre que les orifices de la chambre de répartition.

Idéalement, la pente est ajustée au niveau des sables de pose (départ et arrivée des drains d'infiltration à l'aide d'un niveau de maçon (long tuyau transparent rempli d'eau et exempt de toute bulle).

Les orifices des drains sont soit des trous de 8 à 10 mm de diamètre soit des fentes de 5 mm de large, sur 1/3 de la circonférence. Les fentes sont préférables aux trous (facilités à la pose).

L'espacement des orifices préconisés est de 10 cm pour les trous et de 30 cm pour les fentes. Les perforations doivent être ébarbées afin de disposer d'une surface intérieure parfaitement lisse. Toutes les perforations seront placées sur un même axe.

8.11 Matériaux de percolation

Le gravier et sable utilisés dans les systèmes d'infiltration d'eaux usées doivent répondre à certaines prescriptions.

8.11.1 Gravier

De granulométrie comprise entre 10 et 40 mm (de préférence entre 10 et 20 mm), lavé; la pierre doit avoir une dureté suffisante et être résistante à la désagrégation et à la dissolution. La pierre calcaire n'est pas recommandée, des galets roulés de rivière, criblés à la bonne dimension, peuvent aisément assurer cette fonction de répartition de l'eau.

L'épaisseur minimale de pierre est d'au moins 40 cm, dont 30 cm se trouvent sous la conduite, l'épaisseur recommandée est de 50 cm sous la conduite.



8.11.2 Sable lavé de filtration (tertre et filtre à sable)

Siliceux et conforme aux prescriptions suivantes:

- ne pas être trop grossier afin d'assurer une percolation lente de l'eau à épurer,
- ne pas être trop fin afin d'éviter les risques de colmatage,
- ne pas être calcaire afin d'éviter son altération du fait de l'acidité des effluents de fosse septique,
- être débarrassé des sels solubles qu'il peut contenir (chlorures de potassium et de sodium, principalement),
- être siliceux et conforme au fuseau granulométrique de la figure.....,
- le D_{10} doit être compris entre 0,25 et 0,4 mm,
- le coefficient d'uniformité ($CU = D_{60}/D_{10}$) doit être compris entre 3 et 6,
- la part de particules fines ($<80\mu\text{m}$) doit être inférieure à 3% en poids,

Le non respect de ces prescriptions peut conduire à des dysfonctionnements importants.

FUSEAU GRANULOMETRIQUE DU SABLE DE FILTRATION

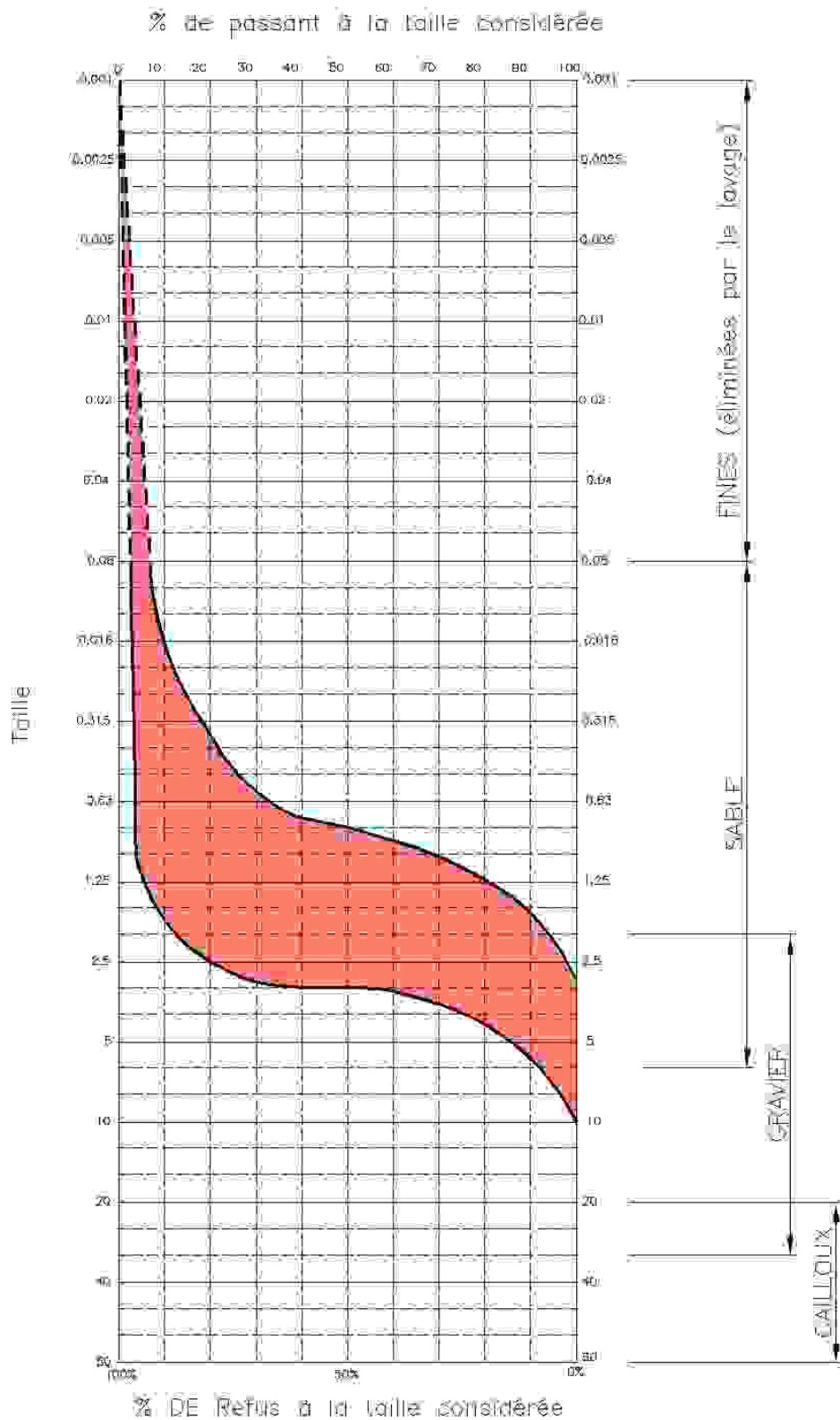


Figure 42 : Fuseau granulométrique du sable lavé de filtration



8.11.3 Sable de pose :

Les chambres répartition, les regards de bouclage, les parties non dispersantes des conduites doivent être soigneusement posées.

Ces ouvrages doivent être placés sur des lits de pose compactés afin de permettre une mise en place soignée. A cette fin on utilisera les sables habituellement utilisés pour la pose de canalisation ou si nécessaire du béton de propreté (100kg de ciment par m³ de sable).

8.12 Terre végétale ou de couverture :

Utilisée pour le remblayage et la protection contre les agressions climatiques, la terre utilisée doit être exempte de tout cailloux de gros diamètre (> 100 mm) et présenter une structure poreuse.

8.13 Géotextile anticontaminant supérieure

Le géotextile anticontaminant protège le système d'épandage des particules fines présentes dans la terre déposée à la partie supérieure. Il s'agit des géotextiles utilisés également dans les travaux routiers, leur maille sera **inférieure** à 125µm et leur résistance à la traction sera supérieure à 12 kN/m. Cette couche anticontaminante doit être perméable à l'eau et à l'air.

8.14 Géotextile placé au fond du terre filtrant ou du filtre à sable

Ce géotextile doit permettre d'éviter la migration du sable dans le sol ou les graviers. Sa perméabilité doit être élevée. La maille de ce géotextile sera **supérieure** à 140µm et sa résistance à la traction supérieure à 6 kN /m.

8.15 Remblayage des tranchées et lits d'infiltration

Le remblayage des tranchées au-dessus de la couche anticontaminante doit être fait avec un sol permettant le passage de l'air, en évitant d'utiliser un sol plus perméable que le sol environnant de manière à prévenir le captage des eaux de surface.

La surface de cette zone doit être légèrement surélevée par rapport au sol environnant pour éloigner les eaux de ruissellement et éviter la formation d'une dépression après tassement des matériaux de remplissage. La surface doit être stabilisée avec une végétation herbacée (pas de plantes ligneuses afin de ne pas abîmer le massif dispersant) pour prévenir l'érosion.



8.15.1 Horizontalité des interfaces entre le matériau dispersant (ou filtrants) et le sol naturel

L'horizontalité de cette interface est primordiale afin d'assurer une bonne répartition de l'eau usée prétraitée sur toute la surface de sol. Toute irrégularité peut conduire à une accumulation préférentielle de l'eau à cet endroit, ce qui risque d'engendrer son colmatage à moyen terme et donc de réduire la surface réelle d'infiltration.

Cette horizontalité doit idéalement être réalisée uniquement par l'enlèvement des terres (les apports sont vivement déconseillés). Un travail préparatoire de définition des niveaux de référence doit précéder l'excavation des 10 derniers centimètres de terre.

Il n'est pas indispensable que les fonds des différentes tranchées soient au même niveau, par contre toute surface d'infiltration doit être horizontale.



9 Mise en œuvre et suivi de chantier lors de l'implantation des systèmes conventionnels d'assainissement autonome

Une bonne partie des performances des systèmes d'épandage à faible profondeur dépendent de la qualité de mise en œuvre et du choix des matériaux. Après implantation, le système est enterré et très peu visible, ce qui réduit fortement les possibilités de surveillance et d'intervention en cas de dysfonctionnement constaté.

Le maître d'œuvre devra donc assurer un suivi et une formation de l'entrepreneur rigoureux afin de garantir une implantation parfaite.

9.1 Réception et stockage des matériaux

Les spécifications techniques des différents matériaux sont précisées dans ce guide. Des fournisseurs marocains (liste non exhaustive) sont également identifiés en annexe. Ces informations devraient permettre au maître d'œuvre de n'accepter que des matériaux appropriés à ce type d'ouvrage.

Ces matériaux doivent être stockés à l'abri de la poussière afin de réduire les risques de colmatage de la zone d'infiltration. Les canalisations en PVC doivent être stockées à l'abri du soleil.

Des procès verbaux de réception des matériaux devraient précéder toute mise en œuvre de ceux-ci.

9.2 Suivi des travaux

Différents points doivent particulièrement surveillés dans ce type de chantier :

1. l'étanchéité des cuves, des conduites et des raccords,
2. la ventilation de la fosse septique,
3. les perforations des drains dispersants,
4. les niveaux et les pentes des conduites et drains dispersants,
5. l'horizontalité des interfaces entre le matériau dispersant (ou filtrants) et le sol naturel,
6. les surfaces d'infiltration (sol naturel),
7. la chambre de répartition,
8. la pose des géotextiles anti-contaminants,
9. le maintien de l'accessibilité des regards,

9.2.1 Etanchéité des cuves, des conduites et des raccords

Dans le cas d'une fosse septique préfabriquée, l'étanchéité pourra être vérifiée sur site, avant sa pose. Dans le cas d'une cuve en maçonnerie ou en béton, il sera nécessaire de vérifier la nature des dispersants hydrofuges utilisés ainsi que les doses utilisées dans la fabrication des bétons. Un essai d'étanchéité peut être réalisé



après le remblaiement de la fouille (afin d'éviter des contraintes trop importantes sur les parois) et avant la pose du couvercle de la cuve.

Toutes les canalisations seront placées avec les joints d'étanchéité et les coudes à 90° seront évités (utilisation de 2 coudes à 45°) après la chambre de répartition.

9.2.2 Ventilation du système

La ventilation de la fosse contribue très fortement au confort de l'utilisateur. Une ventilation des conduites à l'amont des siphons (voir figure 1) doit permettre un équilibre des pressions afin de ne pas vider les siphons lors de chasse d'eau (baignoires et WC) et une autre ventilation doit être installée à la sortie de la fosse septique. Cette seconde ventilation sera préférentiellement équipée d'un extracteur d'air éolien en toiture.

Dans le cas des filtres à sable non drainés, une ventilation permettant un équilibre des pressions entre le sommet et le fond du filtre facilite une percolation uniforme de l'eau dans le massif de sable.

9.2.3 Répartition et taille des perforations des drains dispersants

Ces prescriptions devront être respectées afin d'assurer une répartition la plus homogène possible de l'eau au seing du massif dispersant. Le non respect de ces prescriptions peut conduire à une saturation prématurée du système d'épandage à faible profondeur.

Les perforations et les fentes devront être soigneusement alignées et ébarbées afin d'assurer une bonne circulation de l'eau dans la conduite.

9.2.4 Les niveaux et les pentes des conduites et drains dispersants

Les pentes des conduites alimentant la fosse septique seront de 2%. Les pentes des conduites après la fosse septique seront de 1% et les pentes des drains dispersants seront comprises entre 0,5 et 1 % (préférentiellement 0,5%).

Les regards de bouclage et la chambre de répartition doivent en permanence rester accessibles pour permettre un nettoyage des fonds de regards et des drains et pour pouvoir vérifier le bon fonctionnement du drain dispersant.

9.2.5 La chambre de répartition

Celle-ci doit assurer une répartition homogène de l'eau dans tous les drains dispersants. Elle doit être parfaitement horizontale et toutes les sorties doivent être au même niveau. Cette chambre peut être fabriquée en atelier afin de disposer de conditions de travail plus favorables à une exécution de précision et être ensuite placée sur un lit de pose (par exemple du sable stabilisé avec 100kg de ciment par m³ de sable) parfaitement horizontal.

Le béton de la chambre de répartition sera hydrofuge.



9.2.6 Géotextiles anti-contaminants

Leur rôle est primordial. Il consiste à éviter de contaminer le massif dispersant et le sol naturel par des particules fines, de nature à réduire la perméabilité du sol. Leur pose doit être conforme aux schémas. Les bords du géotextile doivent être posés vers le haut, contre les parois latérales de la tranchée ou du lit d'infiltration.

9.2.7 Maintien de l'accessibilité des regards

Les regards de la fosse septique doivent rester accessibles afin permettre une inspection de la fosse mais également sa vidange périodique (tous les 3 à 5 ans en général). La fosse doit également être implantée à un endroit facilement accessible au camion de vidange (hydro cureuse).

Les regards de bouclage et la chambre de répartition doivent en permanence rester accessibles pour permettre un nettoyage des fonds de regards et des drains et pour pouvoir vérifier le bon fonctionnement du drain dispersant par une injection d'eau claire.



10 Maintenance et suivi des systèmes conventionnels d'assainissement autonome

10.1 Maintenance

L'exploitation des systèmes conventionnels d'assainissement autonome se limite à une inspection régulière des regards (de fosse septique, de répartition et de bouclage) afin de vérifier :

- le dégraisseur lorsqu'il est implanté (tous les mois),
- le préfiltre qui doit rester propre (tous les 6 ans),
- le niveau des boues (tous les ans),
- le fonctionnement hydraulique du système de distribution de l'eau dans le sol (tous les deux ou trois ans).

Le dégraisseur et le préfiltre doivent être inspectés très régulièrement, une fois par mois pour le dégraisseur et tous les 6 mois pour le préfiltre.

Le fond de la fosse septique doit être vidangée régulièrement (tous les trois à cinq ans) et la croûte surnageante tous les 2 à 3 ans. Tout le contenu du fond de la cuve ne doit pas être enlevé. Une partie des boues (de l'ordre de 10%) doit rester afin d'assurer un démarrage rapide de la fermentation anaérobie.

Le système d'infiltration peut s'encrasser. Dans ce cas, les regards et les conduites doivent être nettoyés de manière à évacuer le moins de crasses vers le milieu dispersant. Les regards de bouclage permettent de réaliser ces inspections et un nettoyage des conduites.

Le préfiltre protégeant le système d'épandage à faible profondeur doit être régulièrement inspecté et le nettoyage du gravier filtrant réalisé périodiquement (par exemple en même temps que la vidange de la fosse septique).

La pompe de relevage doit également être inspectée tous les ans et la cuve tampon doit être nettoyée au moins une fois par an.

Le suivi des performances est particulièrement difficile lorsque le sol naturel assure l'épuration. Seuls les filtres à sable drainés permettent un suivi aisé par des prélèvements au niveau de la chambre de collecte des eaux épurées.

Les causes principales de dysfonctionnement sont :

- dégagement de mauvaises odeurs dans le logement : siphons sans eau ;
- dégagement de mauvaises odeurs par les dispositifs de prétraitement : ventilation des canalisations et de la fosse mal conçus (diamètre des conduites inférieur à 100mm), obstructions dans la conduite de ventilation, extracteur éolien inefficace ou absent, croûte supérieure de la fosse septique trop épaisse, mauvaise étanchéité des tampons ;



- corrosion de la fosse septique (béton) au dessus du niveau d'eau : ventilation inefficace (mauvaise conception ou colmatage de certains éléments) ; extracteur éolien inefficace ;
- colmatage des canalisations avant la fosse septique : diamètre des conduites insuffisant, pentes insuffisantes (ou contrepentes), dépôts de graisse (compléter l'installation par un dégraisseur), longueur des canalisations trop importante ; écrasement ou altération des canalisations ;
- dégraisseur ou fosse septique engorgés : fréquence des vidanges trop faibles, volume des cuves trop faible ;
- entraînement de matières solides à l'aval de la fosse septique : fréquence des vidanges trop faible, volume des cuves trop faible, eaux pluviales parasites raccordées au réseau d'eaux usées ;
- préfiltre colmaté : nettoyage trop espacé, fréquence de vidange de la fosse septique trop faible, taille du préfiltre trop faible ;
- colmatage de la chambre de répartition ou des drains dispersants : fosse septique + préfiltre inefficaces, mauvaise répartition de l'eau au niveau de la chambre, matériau dispersant trop fin, erreur de conception ou d'implantation du massif dispersant.



11 Estimatif des coûts d'investissement et d'exploitation

11.1 Coûts d'investissement

Les coûts d'implantation des systèmes d'épandage à faible profondeur peuvent être aisément calculés en prenant des prix unitaires de construction: Ceux-ci sont repris dans le tableau ci-après. Les prix repris comprennent la fourniture et la pose. Ils peuvent varier en fonction de la distance entre le chantier et le point de production des matériaux et la difficulté de la pose. Les prix repris concernent de petites quantités, ils sont donc relativement élevés et pourraient être revus dans le cas d'un chantier important comprenant l'implantation de plusieurs systèmes d'épandage à faible profondeur.

Tableau 19 : Liste des prix unitaires nécessaires pour le calcul des coûts d'investissement des systèmes d'assainissement autonome conventionnels

	Prix unitaire	Commentaires
Collecte des eaux		
	Prix unitaire	Commentaires
Terrassement	120 Dhs/m ³	Ce prix comprend le déblai mais également le remblai une fois l'ouvrage installé
Canalisations	80 Dhs/ml	Canalisations rigides en PVC comprenant les coudes, raccords collés et la pose
Aération en toiture pour l'équilibrage des pressions	80 Dhs/ml	Canalisations rigides en PVC comprenant les coudes, raccords collés et la pose
Fosse septique		
	Prix unitaire	Commentaires
Terrassement	120 Dhs/m ³	Ce prix comprend le déblai mais également le remblai une fois l'ouvrage installé
Parois en béton	150 Dhs/m ²	Ce prix envisage un voile en béton de 15 cm d'épaisseur ou une maçonnerie de bloc de bétons de 20cm d'épaisseur en intégrant l'utilisation de dispersants hydrofuges dans les bétons ou la pose d'un béton hydrofuge de 1 cm d'épaisseur sur les parois intérieures.
Filtre placé en sortie	500 Dhs/U	Prix à l'unité, comprend un panier métallique ou en plastique rempli de gravier fin
Canalisations pour	80 Dhs/ml	Canalisations rigides en PVC



l'aération de la fosse		comprenant les coudes, raccords collés et la pose. La sortie de la conduite doit se trouver au niveau de la toiture afin d'assurer une bonne dispersion des odeurs
Extracteur éolien	200 Dhs/U	A placer au sommet de la canalisation
Tampons des regards	250 Dhs/U	Prix pour des tampons en font ne subissant pas ou peu de sollicitations mécanique. Dans le cas contraire, le prix doit être revu à la hausse.
Béton de propreté pour la pose de la cuve	100Dhs/m ³	Mélange de ciment, sable et gravier
Système d'épandage à faible profondeur		
	Prix unitaire	Commentaires
Terrassement	120 Dhs/m ³	Ce prix comprend le déblai mais également le remblai une fois l'ouvrage installé
Canalisations	80 Dhs/ml	Canalisations rigides en PVC de Ø 100 ou 125 mm comprenant les coudes, raccords à joints et la pose
Gravier dispersant	50Dhs/m ³	Gravier peu sensible à l'eau, de préférence des galets roulés de rivière
Sable de filtration	100Dhs/m ³	Ce sable n'est pas identique au sable utilisé pour la fabrication des bétons, son fuseau granulométrique st différent. Les sables de bord de mer conviennent souvent pour ce type d'application, après avoir été lavés à l'eau douce.
Chambre de répartition	300 Dhs/U	Préfabriquée en atelier afin de parfaitement aligner les orifices de sortie.
Chambre de bouclage	200 Dhs/U	Réalisée sur place en briques en 1 cm de béton hydrofuge sur les parois intérieures
Tampons des chambres	250 Dhs/U	Prix pour des tampons en font ne subissant pas ou peu de sollicitations mécanique. Dans le cas contraire, le prix doit être revu à la hausse.
Gravier de comblement des puits	50Dhs/m ³	Gravier peu sensible à l'eau, de préférence des galets roulés de rivière
Géotextile anti-contaminant	40Dhs/m ²	Géotextile anti-contaminant non tissé habituellement utilisé en génie civil



Pompe de relevage	3.000Dhs/U	Bien s'assurer que la pompe choisie est adaptée aux eaux usées. Les plus petites pompes disposant des orifices d'entrée et de sortie appropriés fournissent un débit suffisant pour assurer une alimentation par bâchées correcte.
Systèmes d'alimentations par bâchées	Très variable	Dépend de la taille du système d'épandage à faible profondeur.

11.2 Coûts d'exploitation

Les coûts d'exploitation se limitent, dans la majorité des cas au coût de la vidange de la fosse septique. Ce prix devrait varier de 100Dhs/an/famille à 400Dhs/an/famille en fonction des distances parcourues par l'hydro-cureuse, du temps nécessaire pour réaliser la vidange et du coût d'élimination des boues.

Le coût d'exploitation du lit d'infiltration peut être considéré comme intégré dans le prix de la vidange.



12 Exemples de dimensionnement

12.1 *Eléments à prendre en considération*

Dans le dimensionnement d'un système d'épandage à faible profondeur, il est nécessaire de disposer des informations suivantes :

- modalité de collecte des eaux usées,
- surface pouvant être affecté à l'implantation du système d'épandage à faible profondeur,
- la profondeur de la nappe,
- la texture du sol et la vitesse d'infiltration mesurée à l'endroit pressenti pour implanter le système d'épandage à faible profondeur,
- si possible l'estimation des quantités d'eau rejetées.

12.2 *Raisonnement*

Afin de déterminer les dimensions du système d'assainissement, il est nécessaire de respecter la procédure suivante :

1. identification des contraintes de terrain,
2. choix du ou des systèmes d'assainissement appropriés aux contraintes de terrain,
3. détermination du nombre potentiel d'occupants du ou des immeubles,
4. dimensionnement des fosses septiques
5. calcul de la charge biologique,
6. calcul des surfaces d'infiltration,
7. détermination des dimensions en définissant le nombre de drains dispersants (et donc la largeur du système) puis en adaptant la longueur pour atteindre la surface nécessaire,
8. positionnement des ouvrages sur la surface disponible,
9. calcul de la ligne d'eau,
10. vérification des profondeurs d'infiltration dans le sol (moins de 1 m pour les tranchées et les lits d'infiltration) et des autres contraintes de fonctionnement,
11. calcul et comparaison des coûts,
12. choix de la solution la plus appropriée.

Sur base des projets pilotes des exemples concrets de dimensionnement et d'intégration des contraintes de terrain seront présentés.



12.3 Exemple de calcul du prix du système fosse septique + lit d'infiltration pour une famille de 5 personnes

Une fosse septique suivie d'un lit filtrant pour une famille de 5 personnes, vitesse d'infiltration > 50mm/h, nappe à plus de 3 m de profondeur.

Volume de la fosse septique : 2.000 litres

Dimensions de la fosse septique : 2 * 0,9 * 1,7 m (L * l * h).

Surface du lit d'infiltration : 20m²

Dimensions du lit d'infiltration : 3* 7 m

Evaluation des quantités et du coût total

	Prix unitaire	Quantités	Prix total	commentaires
Canalisations				
Terrassement	120 Dhs/m ³	24 m ³	2880	2,5 m ³ pour les conduites + 10% d'imprévus
Canalisations	80 Dhs/ml	10	800	10 m de conduites enterrés
Aération en toiture pour l'équilibrage des pressions	80 Dhs/ml	5	1600	+ 20 m pour la ventilation
Fosse septique				
Terrassement	120 Dhs/m ³	2,2	264	2m ³ de fosse septique + 10%
Parois en béton	150 Dhs/m ²	12	1800	(2*2m + 3*0,9m) * 1,7 m + 2*(2m * 0,9m) = 11,6m ² arrondi à 12 pour les rehausses des regards
Filtre placé en sortie	500 Dhs/U	1	500	Un simple panier contenant du gravier fin (5-10 mm par exemple).
Canalisations pour l'aération de la fosse	80 Dhs/ml	15	1200	
Extracteur éolien	200 Dhs/U	1	200	
Tampons des regards	250 Dhs/U	2	500	
Béton de propreté pour la pose de la cuve	500 Dhs/m ³	0,3	150	2m*0,9m *0,15m = 0,27 m ³ + 10% = 0,3m ³



Système d'épandage à faible profondeur				
	Prix unitaire			
Terrassement	120 Dhs/m ³	19	2280	17 m ³ de lit d'infiltration +10%
Canalisations	80 Dhs/ml	15	1200	2*7m + 1 m = 15 m
Gravier dispersant	50Dhs/m ³	12,6	630	21m ² *0,6 m = 12,6 m
Sable de filtration	100Dhs/m ³	0	0	Pas de sable dans un lit d'infiltration
Chambre de répartition	300 Dhs/U	1	300	
Chambre de bouclage	200 Dhs/U	2	400	
Tampons des chambres	250 Dhs/U	3	750	
Gravier de comblement des puits	50Dhs/m ³	0	0	
Géotextile anti-contaminant	40Dhs/m ²	27	1080	3,5 m * 7,5 m = 26,25 m ² arrondis à 27 m ²
Pompe de relevage	3.000Dhs/U	0	0	
Systèmes d'alimentations par bâchées	Très variable	0	0	
Total			16. 534 Dhs	
Imprévus	10%		1.653	
Total de l'estimatif			18.187 Dhs	

Soit un investissement de 3.640 Dhs/personne desservie.



13 Fournisseurs

13.1 Fournisseurs de sable filtrant (liste non exhaustive)

- Segrafire, Douar Ouled Agba, Ain Atiq, tél : 037- 64 18 38,
- CSTP, 17 rue des Tourterelles, Casablanca,
- Etablissement BAHl, rue Jean Jaures, 2, Casablanca, tél : 022 - 25 37 17
- Corsin Aquatra, Bd Abdellah Ben Yacine, Casablanca, tél : 022 – 30 52 18
- Sable du Sud agadir, Rue de l'entraide, BP 3003, tél : 048 – 33 43 37 ou 048 33 43 38

13.2 Fournisseurs de siphons doseurs (liste non exhaustive)

MEI Assainissement, 2900, rue Jules-Vachon (parc industriel #2), Trois-Rivières (Québec),
Canada : assainissement@mei-fsm.com

13.3 Fournisseurs de systèmes d'infiltration « clé en main » (liste non exhaustive)

Eparco : France

Saur : France www.saur.com; procédé Biostep

13.4 Liste des fournisseurs du système compact de déshuilage – dégraissage

Fournisseurs	Adresses	Tél & Fax
ENERGIEAU	5, rue Oued Tenseift, Quartier Parc – Casablanca	Tél : 022 22 49 17 69 Fax : 022 22 26 57 28
AQUAPRO	112 Rue El Banafssaj, Bd Zerktouni Casablanca	Tél : 022 20 28 90/201782 Fax : 022 22490898
SMADIA	60 Bd Yacoub El Mansour Casablanca	Tél : 022 251651 Fax : 022 235689
CEMEC	Romandie II-Tour 4-3, Bd Bir Anzzarane 20050 Casablanca	Tél : 022 950143 Fax : 022 950163
P.F.D International	Résidence El Mansour Appt n°3, rue Abou Inane-Rabat	Tél : 037 73 39 86 / 037 73 39 86 Fax : 037 73 40 08

13.5 Fournisseurs de conduites et accessoires PVC (liste non exhaustive)

Raison Sociale	Adresse	Téléphone	Fax
DIMATIT	Rue Bouakil- Ain Sebâa Casablanca	022-34-11-42	
PLASTIMA	Km 11- Route Côutièrè - Mohammadia	022-35-59-14	022-34-22-36



14 Bibliographie

- [1] Onsite Waste Water Management : Office of Water, Office of Research and Development U.S. Environmental Protection Agency (USEPA) – February 2002.
- [2] : Mise en œuvre des système d'assainissement autonome : Norme AFNOR XP P 16-603
- [3] : Guide pour l'étude des technologies conventionnelles de traitement des eaux usées d'origine domestique : Ministère de l'environnement Canadien – Février 2001.
- [4] : Finnemore, E.J., and N.N. Hantzsche (1983), Groundwater Mounding Due to onsite Sewage Disposal, Journal American Society of Engineers, IDE, vol. 109, N° 2, p. 199.
- [5] : Installation d'assainissement autonome pour maison individuelle en application du DTU 64.1 (norme XP, p.16-603) de la CSTB.
- [6]: Projet de norme européenne CEN/TS 12566-2 : 2003 Small wastewater treatment systems for up to 50 PT – Part 2 : Soil infiltrations systems.
- [7] : Site characterization and design of on-site septic system, M.S. Bedinger, J.S. Fleming and A.I. Johnson, editors; ASTM STP 1324.
- [8]: R.L. Siegrist : Soil clogging during subsurface waste water infiltration as affected by effluent composition loading rate. Journal of Environment Quality., vol. 16, n° 2, 1987.
- [9] : Crites Tenobanoglous : Small and Decentralized Wastewater Management Systems – Me Graw – Hill international editions – 1998.
- [10] : SNDAL Sous-mission II.8, Assainissement autonome, Assainissement autonome, instructions techniques.
- [11] : Loi N°10-95 sur l'eau
- [12] : Christophe Gay : Mise en œuvre de l'assainissement individuel, guide pratique, COSTIC (Comité Scientifique et Technique des Industries Climatiques), septembre 2000.
- [13] : M.S. Bedinger, J.S. Flenning, and A.I. Johnson : Site characterization and design of on-site septic systems, AST (PCN n° 04-013240-38), November 1997.
- [14] : J. Bahij : l'assainissement individuel, Agence de basin Loire-Bretagne, Octobre 1980



[15] : Wastewater treatment/disposal for small communities, EPA/625/R-92/005, September 1992.

[16] : Essai de perméabilité Porchet pour les études de lagunage, Bulletin de l'Association Internationale de Géologie de l'Ingénieur, n°26-27, 1983