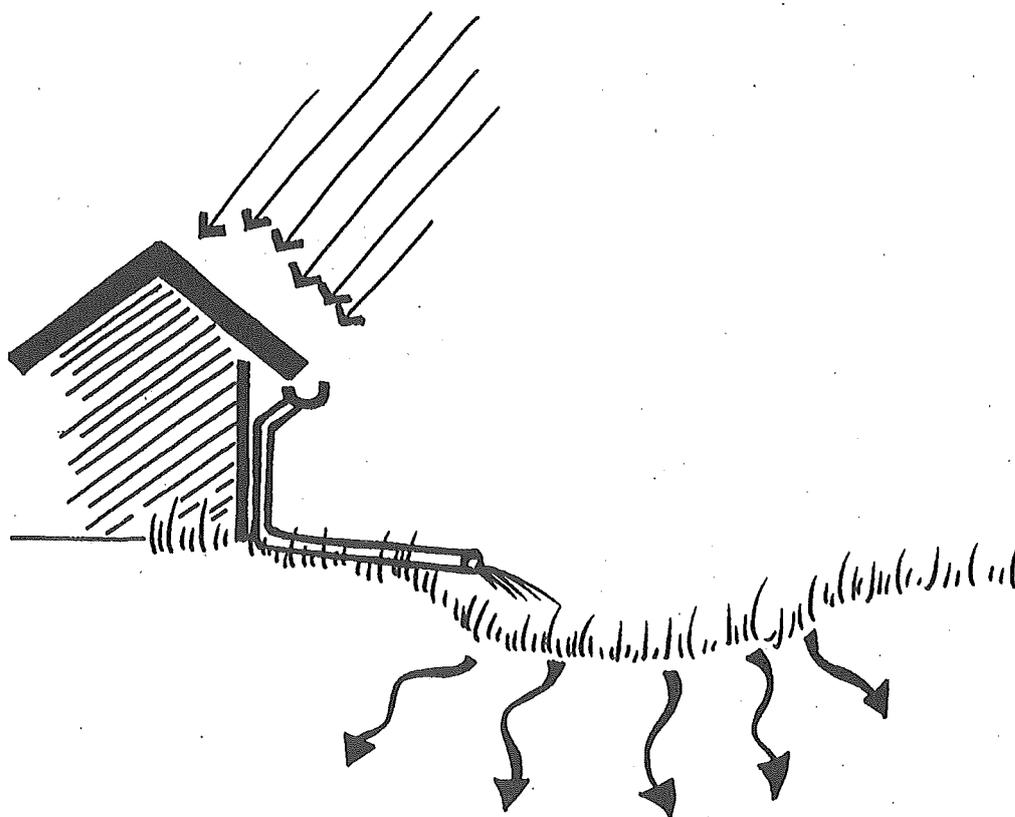


Extrait

Infiltration des eaux pluviales et des eaux claires parasites

Directives et conseils techniques



Direction des travaux publics, des transports et
de l'énergie du canton de Berne



Office de la protection des eaux
et de la gestion des déchets

Edition 1999

1. Procédure d'autorisation

Le **concept** d'infiltration ou d'évacuation des eaux pluviales non polluées, respectueux de l'environnement et conforme à la loi, est à définir au niveau du plan général d'évacuation des eaux (PGEE). Pour ce qui est de la **réalisation** des installations, le projet de détail décrit les mesures concrètes prévues.

Le **contrôle de la construction, de la maintenance et de l'entretien** des installations d'infiltration est régi par les dispositions de la présente directive et par le chapitre 9 de la norme SN 592 000 "évacuation des eaux des biens-fonds".

1.1 Autorisation

Les présentes directives constituent des **instructions contraignantes** pour la conception, la réalisation, l'exploitation et le contrôle des installations d'infiltration. Elles régissent en outre l'élaboration du cadastre des installations d'infiltration, que les communes sont tenues de dresser.

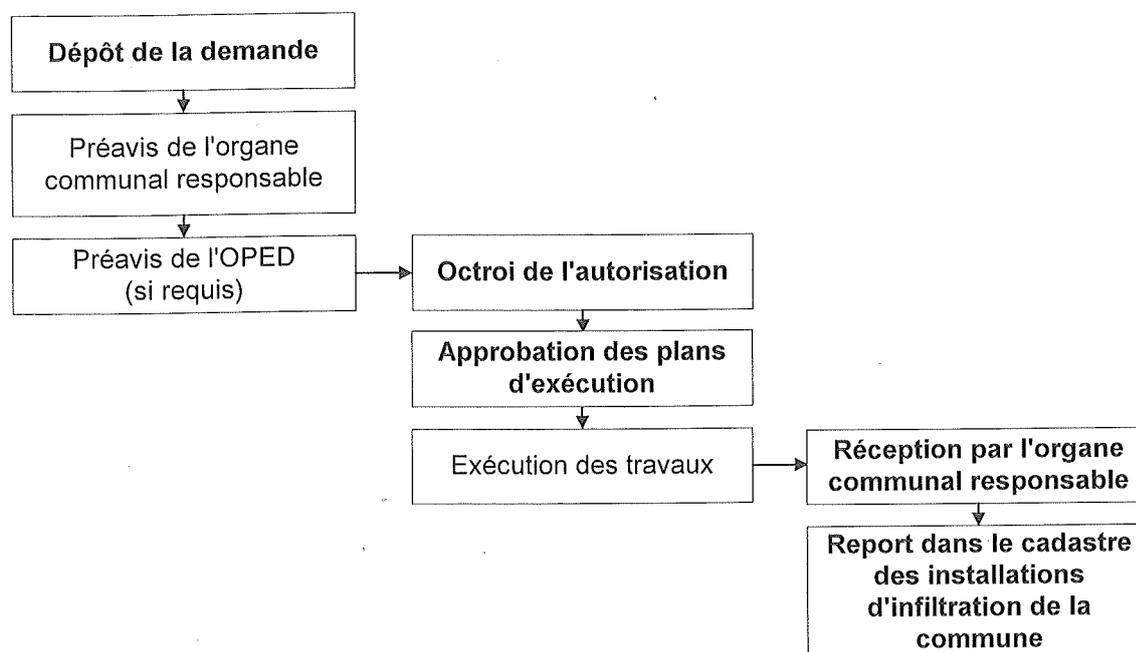
La **compétence** pour l'octroi des autorisations relatives à l'infiltration est régie selon la *figure 3*, chapitre 3.2 (p. 14). Cette compétence vaut également pour l'approbation des plans d'exécution.

En secteur à haut **risque** (eaux de toitures et de places en zone industrielle ou artisanale), le risque d'une éventuelle pollution des eaux souterraines sera mis en évidence; les mesures de protection envisagées seront précisées.

Pour toute **nouvelle installation d'infiltration**, le formulaire de demande d'autorisation en matière de protection des eaux doit être accompagné de la "**fiche de spécification d'infiltration F 3.0/3.1**" (cf. p. 29 ss, annexe 1).

Pour ce qui est des **installations d'infiltration anciennes ou construites sans autorisation**, la "fiche de spécification d'infiltration F 3.0/3.1" remplie doit être jointe à toute demande d'autorisation en matière de protection des eaux, formulée lors de la transformation ou de l'agrandissement d'un bâtiment. Ces installations doivent être également prises en compte dans le **cadastre des installations d'infiltration** (cf. p. 73 ss, annexe 8). Si ces installations ne répondent pas aux **exigences des présentes directives**, elles doivent être **rendues conformes** dans un délai fixé par l'autorité de surveillance en fonction de l'urgence ou, **le cas échéant, mises hors service**.

Figure 1 : Procédure de demande relative à l'évacuation des eaux des biens-fonds



1.2 Exécution

La "fiche de spécification d'infiltration F 3.0/3.1" (cf. p. 29 ss, annexe 1) jointe à la **demande d'autorisation en matière de protection des eaux** sert également de document de référence lors de la conception de détail et de la réception de l'installation.

Durant l'**exécution des travaux**, il incombe à l'**autorité communale de surveillance des travaux** de **contrôler** la bonne exécution de l'installation d'infiltration (font exception les routes cantonales et nationales, ainsi que les installations ferroviaires). L'autorité peut déléguer cette tâche à un **spécialiste**. Les contrôles se basent sur les plans approuvés, qui seront disponibles sur le chantier.

Il est indispensable de veiller à ce qu'il n'y ait pas de faux raccordement à l'installation d'infiltration.

Les conduites et l'installation proprement dite ne peuvent être recouvertes que lorsque les contrôles requis ont été exécutés et que l'emplacement des conduites a été repéré.

L'installation terminée doit être réceptionnée par l'autorité communale ou par son représentant et reportée dans le cadastre des installations d'infiltration de la commune. Un plan d'exécution révisé doit être produit lors de la réception de l'ouvrage.

1.3 Cadastre des installations d'infiltration

Selon les prescriptions de l'OPED, toutes les communes tiennent un **cadastre des installations d'infiltration** (cf. p. 73 ss, **annexe 8**). Y figurent les informations relatives à l'emplacement (y compris coordonnées) ainsi que les données techniques importantes des installations d'infiltration suivantes :

- **toutes les nouvelles installations**
- au minimum les **installations d'infiltration existantes** suivantes :
 - **infiltration centrale** (types a et b) desservant plusieurs immeubles ou un lotissement;
 - **infiltration décentralisée sans passage au travers de la couche d'humus** (type b) en zone ou périmètre de protection des eaux souterraines (**zone S**) ou desservant des entreprises industrielles ou artisanales;
 - **infiltration profonde** (forages profonds).

Les installations d'infiltration existantes doivent être répertoriées et reportées dans le cadastre au plus tard lors de l'élaboration du plan général d'évacuation des eaux (PGEE) et/ou lors de l'application de la taxe sur les eaux pluviales.

Les installations ne répondant pas aux exigences des présentes directives sont **rendues conformes** ou, le cas échéant, **mises hors service** (chap. 1.1).

1.4 Maintenance et contrôle de fonctionnement

L'entretien et la maintenance de l'installation d'infiltration et de rétention **incombent** au **propriétaire** et/ou au **titulaire du droit de superficie**, pour autant qu'il n'en ait pas été convenu explicitement autrement.

Les **installations d'infiltration** - y compris toutes les installations attenantes, par exemple de rétention ou de décantation - doivent être **entretenu**es, faire l'objet de **travaux de maintenance** périodiques, et si nécessaire être **curées**. La fréquence de curage est à déterminer de façon à ce que les substances décantées ne perturbent pas le fonctionnement de l'installation d'infiltration, y compris les conduites. Les **installations de décantation** doivent être curées au moins une fois par année. Ces travaux doivent être impérativement confiés à des spécialistes confirmés. Les boues décantées doivent être éliminées par une entreprise de vidange.

Tous les éléments des installations doivent être révisés périodiquement et maintenus en parfait état de fonctionnement.

Il est interdit de recourir à des **produits phytosanitaires** lors de la maintenance et de l'entretien des installations d'infiltration et des surfaces raccordées à celles-ci. On s'assurera que la couche filtrante d'humus requise dans les installations d'infiltration de type a conserve son efficacité et ne soit pas affectée par des courts-circuits hydrauliques, p. ex. dus à des **fissures de dessiccation, un affouillement ou des racines profondes**.

Il est recommandé de faucher au moins une fois par année les cuvettes et bassins recouverts de végétation.

Il incombe aux **communes de contrôler** si les installations sont entretenues et exploitées conformément aux prescriptions en vigueur. Elles peuvent déléguer cette tâche à un **spécialiste**.

Les installations d'infiltration et de prétraitement doivent être accessibles en tout temps pour procéder à des contrôles, des travaux d'entretien ou de maintenance (p. ex. vidange des boues).

1.5 Obligation de déclaration de dommages ou d'accident

En cas de **dommage ou d'accident** (p. ex. déversement accidentel d'hydrocarbures) dans la zone d'alimentation de l'installation d'infiltration ou de pollution de l'installation par des substances susceptibles d'altérer les eaux, il convient d'en aviser **immédiatement** les sapeurs-pompiers.

Appel d'urgence des sapeurs-pompiers : Tél. 118

2. Bases pour l'infiltration et la rétention des eaux pluviales et des eaux claires parasites

2.1 Lois, directives, normes

Servent de bases légales aux présentes directives les lois, ordonnances, normes et directives suivantes.

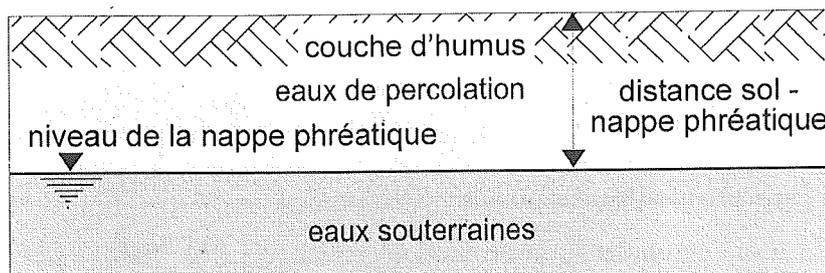
- Lois et ordonnances fédérales
 - Loi fédérale sur la protection de l'environnement, LPE (RS 814.01) du 7.10.1983
 - Loi fédérale sur la protection des eaux, LEaux (RS 814.20) du 24.1.1991
 - Ordonnance sur la protection des eaux, OEaux (RS 814.201) du 28.10.1998
 - Ordonnance sur les substances dangereuses pour l'environnement, Osubst (RS 814.013) du 28.10.1998
 - Ordonnance sur la protection contre les accidents majeurs, OPAM (RS 814.012) du 27.2.1991
 - Ordonnance sur les substances étrangères et les composants dans les denrées alimentaires, OSEC (RS 817.021.23) du 1.3.1995
 - Ordonnance sur la protection de l'air, OPair (RS 814.318.142.1) du 15.12.1997
 - Ordonnance sur les atteintes portées aux sols, OSol (RS 814.12) du 1.7.1998
 - Ordonnance sur l'assainissement des sites pollués (Ordonnance sur les sites contaminés), OSites (RS 814.680) du 26.8.1998
- Lois et ordonnances du canton de Berne
 - Loi cantonale sur la protection des eaux, LCPE (RSB 821.0) du 11.11.1996
 - Ordonnance cantonale sur la protection des eaux, OPE (RSB 821.1) du 24.3.1999
 - Loi sur la coordination, LCo (RSB 724.1) du 21.3.1994
 - Loi sur les constructions, LC (RSB 721) du 9.6.1985
 - Ordonnance sur les constructions, OC (RSB 721.1) du 6.3.1985
- Autres normes et directives
 - VSA, Plan général d'évacuation des eaux (PGEE), directives concernant l'élaboration et les honoraires, 1990
 - VSA, Plan général d'évacuation des eaux (PGEE), manuel d'explication, 1993
 - Norme suisse SN 592 000 : "Evacuation des eaux des biens-fonds; conception et réalisation d'installations", VSA et ASMFA, 1990
 - Norme suisse SNV 640 350 : "Evacuation des eaux de chaussée; intensité des pluies", VSS, 1969
 - Norme SIA 431 : "Evacuation et traitement des eaux de chantier", édition 1997

2.2 Définition des termes utilisés

Les termes utilisés dans les présentes directives correspondent aux définitions figurant dans la loi sur la protection des eaux, la norme suisse SN 592 000 "Evacuation des eaux des biens-fonds", ainsi qu'aux définitions usuellement adoptées par l'Office de la protection des eaux et de la gestion des déchets (OPED).

Quelques-uns des termes principaux sont explicités ci-après :

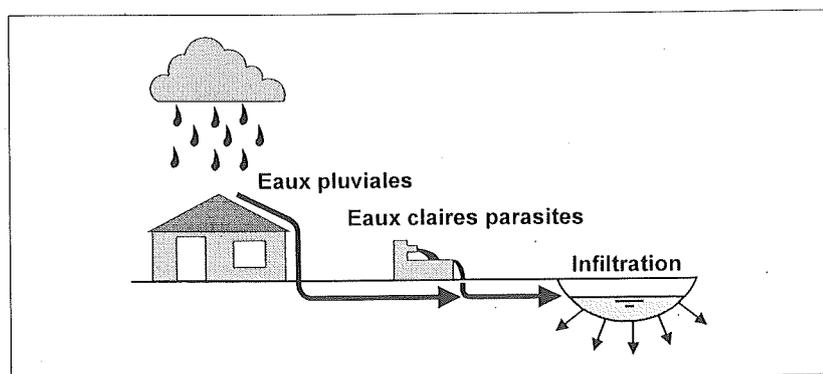
Couche de couverture peu perméable	Couche située au-dessus des eaux souterraines. Elle peut être formée de matériaux peu perméables et de ce fait protéger efficacement les eaux souterraines contre la pollution. Cette couche est en général peu favorable à l'infiltration.
Couche supérieure du sol	Couche supérieure du sol, à la fois minérale et garnie de matière organique (humus). Elle est colonisée par des racines et des organismes et biologiquement très active.
Distance sol - nappe phréatique	Distance verticale séparant la surface du sol du niveau de la nappe phréatique.



Eaux Terme générique regroupant toutes les eaux, superficielles et souterraines.

Eaux claires parasites Eaux claires pouvant être déversées dans les eaux superficielles ou infiltrées sans traitement préalable, telles que :

- Trop-pleins de sources, réservoirs ou fontaines
- Reflux d'installations frigorifiques ou de climatisation, ou encore de pompes à chaleur
- Eaux de drainage ou de percolation.



Eaux de percolation	Eau remplissant les pores du sol de manière discontinue, soumise à l'action des forces de gravité et de capillarité.
Eaux pluviales	Eaux de pluie s'écoulant de surfaces stabilisées ou bâties. Le degré de pollution dépend surtout de la nature et de la localisation de la surface à assainir.
Eaux souterraines	Eaux remplissant entièrement les pores communicants du sol, et capables de s'écouler sous l'action de la gravité.
Eaux usées	Terme générique désignant les eaux claires, pluviales, résiduaires et mélangées qui sont collectées et évacuées.
Eaux usées non polluées	Eaux usées inaptes à contaminer les eaux réceptrices.
Eaux usées polluées	Eaux usées susceptibles de contaminer les eaux réceptrices.
Géotextile	Matière textile, perméable à l'eau et à l'air, en contact avec les roches meubles et consolidées, utilisée lors de travaux de construction.
Humus	L'humus est assimilé à la surface du sol. Il comprend les 5 à 40 premiers cm de la couche du sol utilisée intensivement et peut aussi être comparé à l'horizon A.
Infiltration	Infiltration des eaux dans le sous-sol, au travers de la terre végétale ou par le biais d'une installation d'infiltration.
Installation de rétention	Installation destinée à retenir temporairement les eaux usées, de façon à retarder leur écoulement, p. ex. cuvettes, bassins ou étangs, aires de stationnement, cours ou toitures aménagés à cet effet.
Inventaire des sites contaminés	Registre des sites contaminés et potentiellement contaminés du canton de Berne. Il peut être consulté auprès de la commune.
Massif filtrant	Couche supérieure d'installation d'infiltration de type b (conduite, galerie ou puits d'infiltration), naturelle ou mise en place artificiellement et remaniée, ainsi que les massifs graveleux.
Natte tissée	Matière textile résultant du croisement perpendiculaire de deux systèmes de fils.
Non tissé	Fibre textile consolidé de manière mécanique, thermique ou chimique.
Pollution	Dégradation physique, chimique ou biologique de l'eau.
Rétention	Retenue et déversement limité des eaux.

Risque	Ensemble des impacts sur les biens à protéger tels que les eaux souterraines et superficielles, le sol et l'air, pouvant résulter de la quantité et des propriétés des substances déversées ou transvasées.
Secteurs de protection des eaux	Secteurs délimités par les cantons (zones A, B et C) en vue d'assurer la protection des eaux superficielles et souterraines. Les différents secteurs correspondent aux différents degrés de protection requis (cf. carte de protection des eaux au 1:25 000 pouvant être consultée auprès de la commune).
Site contaminé	Site pollué nécessitant un assainissement. Le site doit être assaini du point de vue de la protection des eaux souterraines, des eaux superficielles, de l'air ou des sols. Les articles 9 à 12 de l'Ordonnance sur les sites contaminés font foi.
Site pollué (Selon art. 2, OSites)	Emplacement d'une étendue limitée polluée par des déchets. Comprend les sites de stockage définitif, les aires d'exploitation et les lieux d'accident. N'entrent pas dans cette définition, les grandes surfaces de sol polluées de manière diffuse par l'air ou par l'activité agricole, forestière ou horticole.
Site potentiellement contaminé	Surface pouvant constituer un site pollué ou un site contaminé, mais dont la preuve n'a pas encore été établie.
Sol	Couche supérieure de terre où la végétation peut se développer.
Sous-sol	Ensemble des roches meubles et consolidées au-dessous de la couche du sol.
Zones S	Zones de protection des eaux souterraines, établies autour de captages d'eau souterraine existants ou de sources captées, ou encore périmètres de protection d'eaux souterraines importantes pour la future utilisation comme eau de boisson ou la réalimentation de nappes souterraines. Les plans et règlements des zones de protection peuvent être consultés auprès de la commune.

2.3 Objectif de qualité lors de l'infiltration

Lors d'infiltration d'eaux pluviales ou d'eaux claires parasites, la priorité doit être accordée à la **protection des eaux souterraines**. Selon le bassin versant, les eaux pluviales sont plus ou moins chargées en polluants et peuvent présenter un danger pour les eaux souterraines et les sols.

Le risque d'un polluant dépend de ses propriétés physiques et chimiques. La solubilité dans l'eau et la toxicité de la substance sont donc décisives en matière d'infiltration.

La solubilité et la concentration dans l'eau de nombreuses substances, et donc leur mobilité dans le sol, sont fortement influencées par les matériaux de construction utilisés.

Si, par exemple, les eaux pluviales sont évacuées vers l'installation d'infiltration par des matériaux minéraux tels que du gravier ou du béton, la mobilité des métaux lourds, ainsi que la charge introduite dans les eaux souterraines, peuvent être nettement réduites grâce à l'augmentation du pH.

Les polluants insolubles peuvent être retenus dans le sol grâce à l'effet filtrant des particules de sol. De plus, les micro-organismes dans les couches supérieures du sol contribuent de manière importante à la dégradation de diverses substances nuisibles aux eaux souterraines. Les organismes servent simultanément à la régénération et à l'ameublissement du sol.

Comme conséquence de l'effet filtrant et épurateur du sol, une accumulation des polluants a lieu avec le temps. Les seuils limites de l'Ordonnance sur les sols (OSol) ne doivent donc pas être dépassés. Des dérogations à cette disposition ne sont autorisées que pour les sols qui font partie d'une installation autorisée (p. ex. cuvettes d'infiltration, talus de routes).

C'est pourquoi lors de la suppression d'une installation d'infiltration les matériaux contaminés doivent être éliminés de manière appropriée.

Les eaux souterraines peuvent être protégées de manière optimale en épurant les eaux pluviales à infiltrer par voie biologique dans la couche supérieure du sol, ainsi que par voie physique et chimique (p. ex. effet filtrant du sol).

3. Conception des installations d'infiltration

3.1 Principes

- **La protection des eaux souterraines est prioritaire.** Il y a lieu de choisir le mode d'évacuation des eaux et le système d'infiltration assurant la meilleure protection des eaux souterraines.
- Dans la mesure du possible, les **eaux pluviales** ne seront ni captées ni canalisées. La façon la plus naturelle et la plus efficace de les traiter est l'infiltration superficielle au travers de la **couche supérieure du sol biologiquement active (humus)**.
- Si **l'infiltration sur le bien-fonds même** est impossible ou inappropriée, il faudra envisager l'infiltration dans une **installation centrale**.
- Le **déversement direct dans les eaux superficielles** ne sera envisagé que si **l'infiltration est exclue** ou génère un coût disproportionné. Si nécessaire, des mesures de rétention seront prises lors d'un acheminement dans ces eaux.
- Le **déversement** des eaux pluviales non polluées dans un réseau unitaire ou dans une **canalisation d'eaux pluviales** n'est autorisée que si tous les autres modes d'élimination sont exclus ou inappropriés.
- Du fait de leurs différentes charges en polluants, les diverses eaux, p. ex. eaux de toitures, de places, ou de drainages de bâtiments, doivent être, dans la mesure du possible, **infiltrées séparément**.
- Si le projet porte sur une surface importante, il peut s'avérer judicieux de **combiner** différents types d'installations d'infiltration ou de conjuguer installations d'infiltration et de rétention.

3.2 Types d'installations d'infiltration

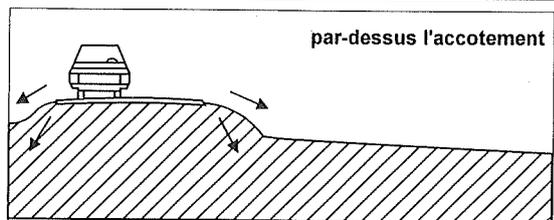
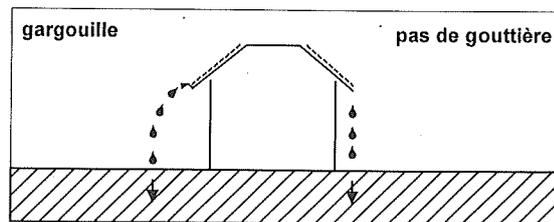
Compte tenu de l'objectif de qualité exposé au chapitre 2.3, le canton de Berne distingue du point de vue technique **deux** modes d'infiltration :

3.2.1 Type a : Infiltration superficielle avec passage au travers de la couche d'humus

≡ (Type d'installation de 1^{ère} priorité)

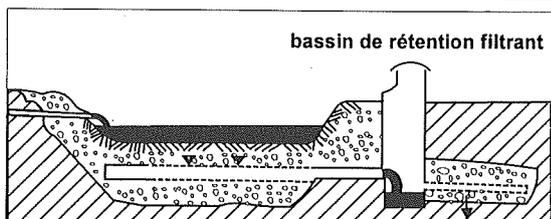
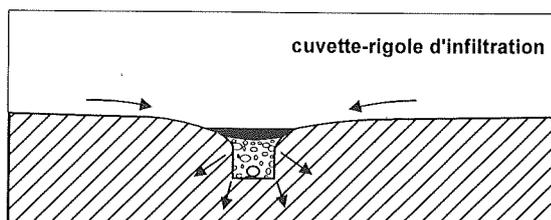
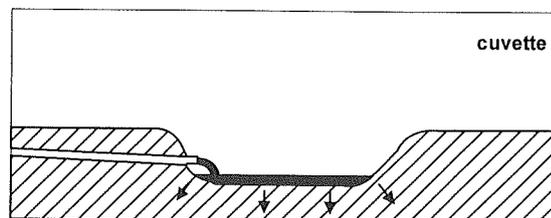
Infiltration superficielle diffuse (= sur une surface) pour les eaux pluviales réceptionnées in situ, p. ex. :

- Infiltration sur les surfaces de jardin sans retenue spéciale des eaux pluviales (évacuation des eaux des toits)
- Infiltration par-dessus l'accotement (sur le bas-côté), (évacuation des eaux de places et de routes)



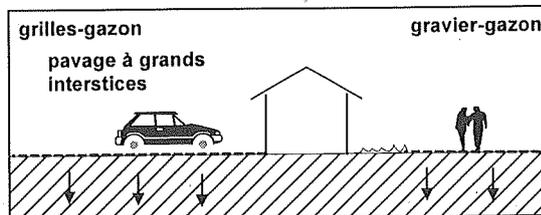
Infiltration ponctuelle pour les eaux pluviales acheminées depuis d'autres surfaces, p. ex. :

- Cuvette d'infiltration
- Bassin d'infiltration ("biotope")
- Cuvette-rigole d'infiltration
- Bassin de rétention filtrant suivi d'infiltration



Infiltration superficielle diffuse (= sur une surface) avec effet de dépollution réduit pour les eaux pluviales réceptionnées in situ, ou acheminées depuis d'autres surfaces, p. ex. :

- Grilles-gazon
- Gravier-gazon
- Pavage à grands interstices ou similaire (sur sous-sol perméable)



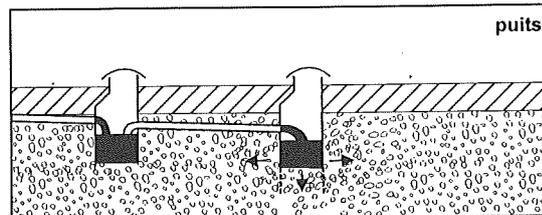
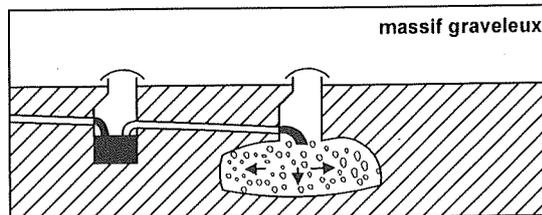
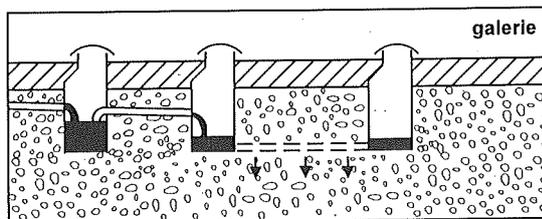
3.2.2 Type b : Infiltration souterraine sans passage au travers de la couche d'humus

||||| (Type d'installation de II^{ème} priorité)

Infiltration ponctuelle d'eaux pluviales acheminées depuis d'autres surfaces,

p. ex. :

- Conduite ou galerie d'infiltration
- Massif graveleux dans la couche de couverture peu perméable
- Puits d'infiltration



En principe, l'infiltration doit être superficielle et se faire au travers de sols actifs (humus) (type a). Les exceptions doivent être justifiées.

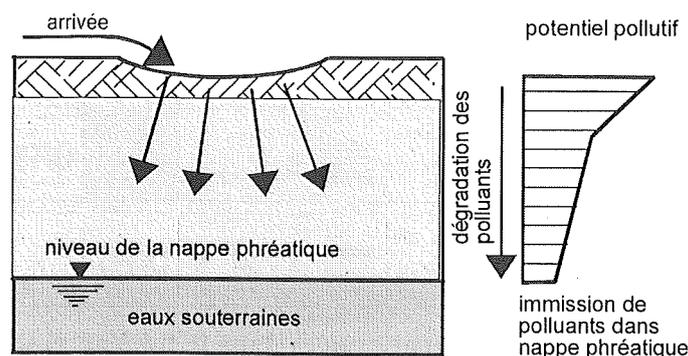
En mettant à profit les effets filtrant et de dépollution de la surface biologiquement active du sol, on assure une protection plus efficace des eaux souterraines.

La combinaison de divers procédés est possible et doit être envisagée lors de la conception et de la réalisation des installations d'infiltration. Souvent, la configuration du terrain se prête à plusieurs procédés d'infiltration.

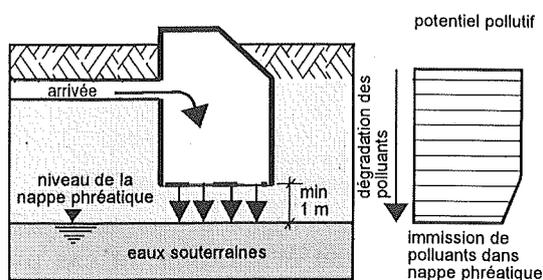
Figure 2 : Déroulement schématique de la dégradation des polluants lors de l'infiltration

Type a 

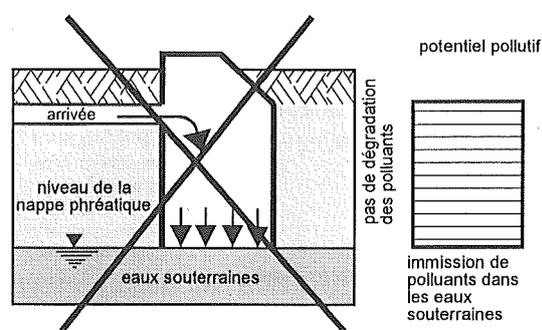
Infiltration superficielle **avec** passage au travers de la couche d'humus
p. ex. cuvette d'infiltration

**Type b** 

Infiltration souterraine **sans** passage au travers de la couche d'humus
p. ex. puits d'infiltration

**Evacuation directe**

dans les eaux souterraines
(puits perdu)

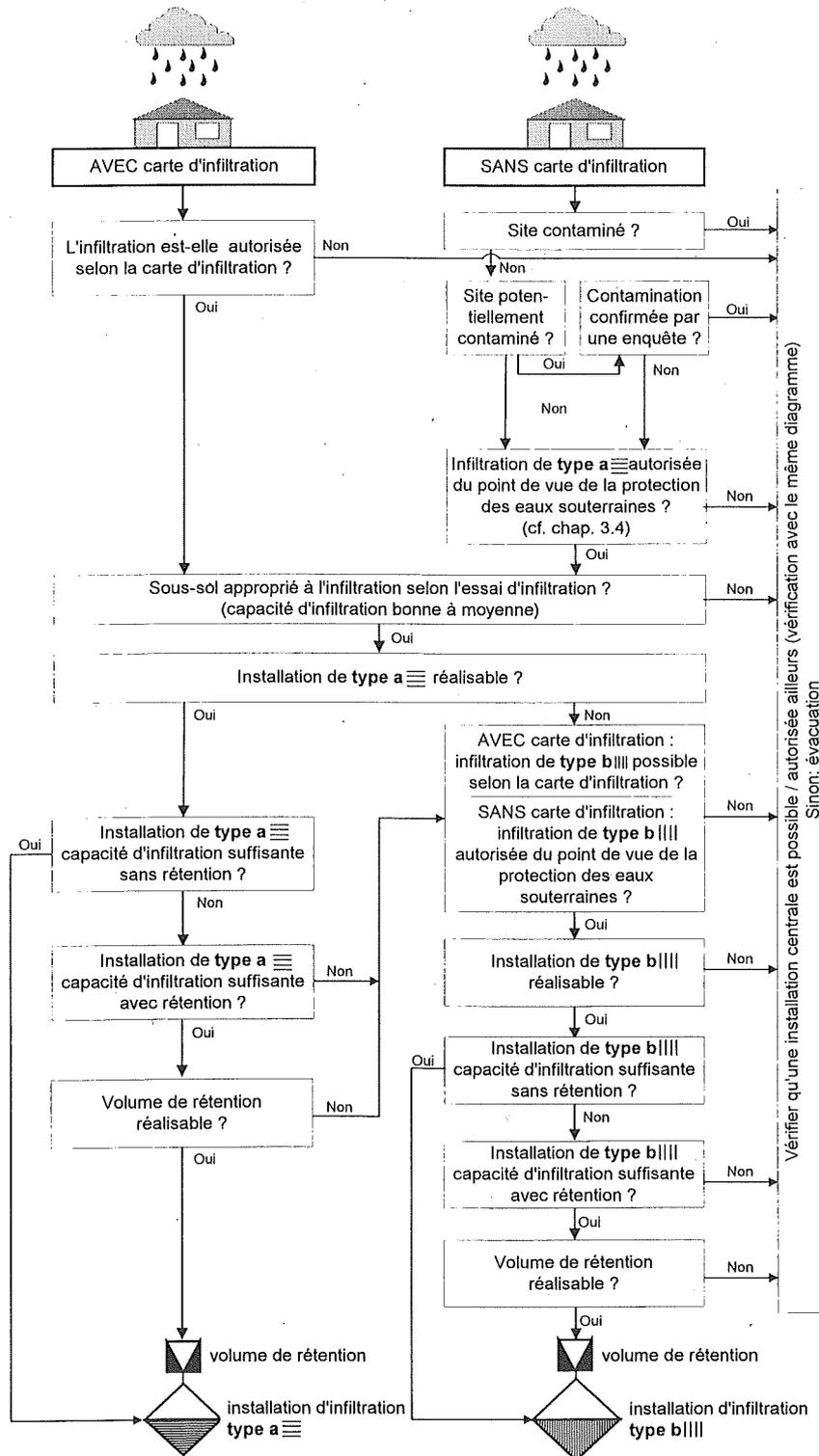


Lors de la réalisation de l'installation d'infiltration, la mise à découvert du niveau de la nappe phréatique ainsi que le déversement direct dans les eaux souterraines (puits perdu) ne sont pas autorisés.

3.3 Diagramme d'aide à la décision relatif à l'infiltration des eaux des biens-fonds

La Figure 4 ci-après présente la procédure de détermination de la méthode d'évacuation des eaux qui devra être appliquée et montre les décisions à prendre.

Figure 4 : Diagramme d'aide à la décision relatif à l'infiltration



Evacuation vers : milieu récepteur (milieu récepteur) canalisation d'eaux pluviales (canalisation d'eaux pluviales) ou mélangées (mesures de rétention si requis)

Vérifier qu'une installation centrale est possible / autorisée ailleurs (vérification avec le même diagramme) Sinon: évacuation

3.4 Bases de planification et prescriptions techniques générales

• Champ d'application

Les présentes directives sont destinées en premier lieu à **l'évacuation décentralisée des eaux des biens-fonds**. Les prescriptions qui y figurent sont applicables par analogie aux **installations centrales** desservant plusieurs immeubles ou un lotissement.

La responsabilité du dimensionnement et de l'exécution des installations d'infiltration et de rétention incombe au maître d'ouvrage, ainsi qu'à l'ingénieur ou à l'hydrogéologue concepteur.

• Investigations hydrogéologiques

Le dimensionnement d'installations d'infiltration doit impérativement s'appuyer sur des investigations hydrogéologiques portant sur la texture du sol et la **capacité spécifique d'infiltration S** [$l/(min \cdot m^2)$] qui en résulte. Pour l'évacuation des eaux de toitures et de places individuelles, la **carte des aires d'infiltration du PGEE** fournit des indications sur les possibilités d'infiltration. Il est malgré tout recommandé de procéder à un **essai d'infiltration**. Lors du raccordement de **grandes surfaces** à une installation d'infiltration ou lorsque les capacités d'infiltration sont médiocres, un **essai d'infiltration est indispensable** afin de déterminer la capacité d'infiltration S.

L'éventuel **impact de l'infiltration sur des sources ou des captages d'eau souterraine privés** est à prendre en considération lors de la conception des installations d'infiltration.

• Protection des eaux souterraines

Afin de garantir la qualité des eaux souterraines, l'installation d'infiltration doit être réalisée **le plus près possible de la surface**. La **couche filtrante** verticale, **naturelle et intacte**, doit avoir une épaisseur mesurée entre le pied de l'installation et le niveau **maximal** de la nappe phréatique **d'au moins 1 m**. Le niveau maximal de la nappe phréatique doit se baser sur une période de mesure de 10 ans (HW_{10}). Si la période de mesure s'avère plus courte, il faut ajouter une distance de sécurité correspondante. Si la période de mesure est plus longue, la valeur la plus élevée (HHW) est déterminante.

Dans le cas d'installations de type a et de niveaux élevés de la nappe, une couche filtrante plus fine peut être tolérée. Les données relatives au niveau de la nappe phréatique doivent être extrapolées à partir de **points de mesure dans le voisinage de la nappe** ou déterminées à l'aide de sondages ou de **piézomètres**.

La mise à découvert du niveau de la nappe phréatique sur un lieu d'infiltration est interdite.

En présence de couches de couverture **moyennement à très faiblement perméables** et épaisses de plus de 3 - 4 m, il faut **renoncer**, dans l'intérêt de la protection des eaux souterraines, à l'installation de dispositifs d'infiltration de type b  qui traversent les couches de couverture.

Avant la conception d'une installation d'infiltration, il faut toujours localiser celle-ci par rapport aux **zones et périmètres de protection des eaux souterraines ainsi qu'aux secteurs de protection des eaux** et consulter auprès de l'administration communale **l'inventaire des sites contaminés et potentiellement contaminés**. Si l'emplacement prévu se trouve sur un site contaminé, **l'infiltration est rigoureusement interdite**. Sur un site **potentiellement contaminé**, **il faut prendre contact** avec l'OPED, section protection des eaux souterraines, décharges et extraction de matériaux, tél. 031/633 39 96.

Le **massif filtrant** doit être exclusivement constitué de **gravier** et, s'ils sont appropriés, de matériaux de l'excavation.

L'utilisation de matériaux recyclés de toute nature est interdite.

- **Capacité d'absorption du sous-sol**

Afin d'éviter toute entrave à l'écoulement des eaux souterraines ou toute **humidité dans le terrain** en aval de l'installation d'infiltration, la **capacité de transport horizontal** des eaux souterraines doit également être prise en compte. Les dispositifs installés dans une **pente** sont en outre susceptibles de provoquer un **glissement** de terrain ou l'apparition d'**humidité** dans les biens-fonds sous-jacents.

- **Prétraitement**

Les eaux pluviales doivent transiter par un dispositif de **prétraitement** avant d'être acheminées vers l'installation d'infiltration. Ce peut être un **massif filtrant graveleux**, parcouru horizontalement ou verticalement, un **bassin de décantation** ou un **dépotoir pourvu d'un coude plongeur**.

- **Trop-pleins**

L'**installation d'infiltration, y compris les conduites d'amenée**, doit être **totale-ment séparée** des autres réseaux de canalisations.

Les trop-pleins de secours sont interdits dans les installations de type b 

Les trop-pleins de secours dans les installations d'infiltration de type a  ne sont admis que s'ils aboutissent dans un milieu récepteur.

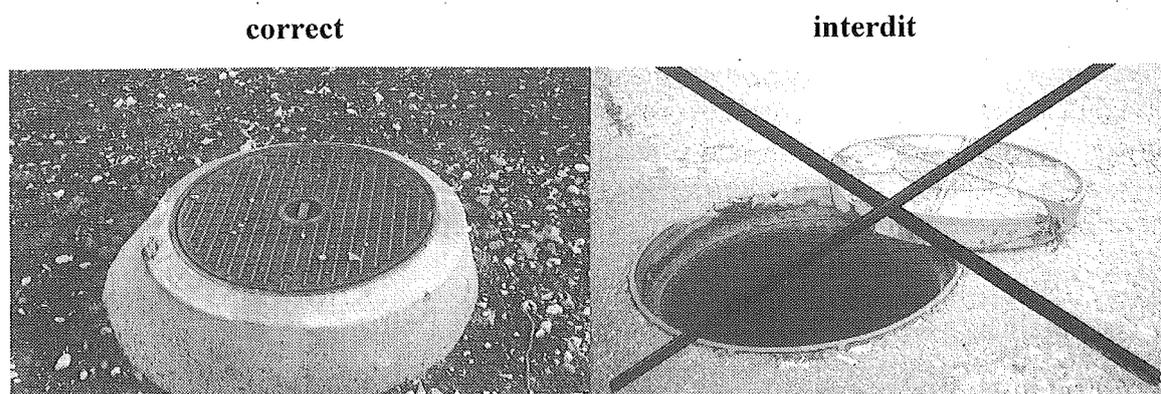
- **Accessibilité**

Les **puits d'infiltration** et leur entrée doivent être dimensionnés de manière à être praticables (diamètre minimal du puits : 1.0 m; ouverture minimale de l'entrée : 0.6 m). L'installation d'infiltration doit être accessible **en tout temps**.

- **Prélèvement d'échantillons**

Les conduites d'amenée aux installations d'infiltration doivent être conçues pour permettre en tout temps des prélèvements d'échantillons pour un **contrôle de qualité**.

Figure 5 : Construction du couvercle de fermeture des installations d'infiltration de type b ■■■■■



- surélévation de 10 cm
- verrouillé
- marqué

- au ras du sol
- non verrouillé
- non marqué

- **Mesures de protection contre la pollution des eaux souterraines**

Les puits d'infiltration, les chambres de contrôle et les dépotoirs des installations d'infiltration doivent être protégés contre l'**introduction de liquides susceptibles de polluer les eaux**. Il faut éviter que de tels puits et ouvertures ne servent d'exutoire aux eaux superficielles. Les mesures suivantes sont à prendre :

- les chambres de contrôle doivent être pourvues de couvercles **étanches verrouillables** et, si possible, dépasser d'au moins **0.1 m le niveau du sol**;
- le couvercle des chambres doit porter la **mention "Infiltration"**. Par exemple, les couvercles des fabricants suivants peuvent être utilisés :

Fabricant	Charge par roue 1 t n° de commande	Charge par roue 5 t n° de commande
Erzenberg	6230/60	6231/60
Giesserei Thun	4.01	4.02
Nottaris	26 R60 V	27 R60 V
Von Roll		2661
Ou produits semblables		

- **Prévention contre les pollutions accidentelles des installations d'infiltration d'entreprises industrielles et artisanales**

Les **parties de l'installation d'infiltration** devant être actionnées en cas d'accident (p. ex. vannes) doivent être **accessibles et utilisables en tout temps** (p. ex. distance suffisante entre vannes de fermeture et bâtiment en feu). Toutes les mesures nécessaires sont à prendre lors de la construction pour que ni les **eaux d'extinction**, ni les **eaux avariées** ne puissent parvenir dans l'installation d'infiltration (distance aux bâtiments,

isolement du pourtour des bassins et des cuvettes d'infiltration). Les plans d'exécution de l'installation d'infiltration et de tous les ouvrages de régulation doivent être déposés auprès de l'administration communale et du propriétaire. Le personnel d'entretien et éventuellement les sapeurs-pompiers doivent être informés de l'emplacement des vannes de fermeture. Les vannes doivent porter la mention de l'installation d'infiltration.

3.5 Dimensionnement des installations d'infiltration

Le dimensionnement des installations d'infiltration destinées à l'évacuation des eaux des biens-fonds est régi par la norme suisse SN 592 000 "Evacuation des eaux des biens-fonds", chapitres 6.3 (eaux pluviales) et 7.2 (dimensionnement des installations d'infiltration).

Selon la norme SN 592 000, le débit de ruissellement Q [l/s] se calcule à l'aide d'une intensité de pluie de $r = 0.030 \text{ l/(s}\cdot\text{m}^2)$ (= 300 l/(s·ha)). **S'il y a risque d'inondations** susceptibles de provoquer d'importants dégâts sur les voies de circulation ou dans des parties de bâtiments, la norme préconise la majoration de l'intensité de pluie de 25 % à 50 %.

Le dimensionnement des installations d'infiltration centrales se basera sur une série de précipitations historiques et sur un modèle de simulation à long terme. S'il n'est pas possible de recourir à un modèle continu, il faudra tenir compte d'événements pluvieux de longue durée.

Lorsque la capacité spécifique d'infiltration S ne provient pas d'investigations hydrogéologiques ni de la carte d'infiltration des eaux, elle peut être **estimée** à partir du **coefficient de perméabilité k_f** du sol sur le site d'infiltration (cf. chap. 6, fig. 11) :

$$\text{capacité spécifique d'infiltration } S \text{ [l/(min}\cdot\text{m}^2)]$$

$$\approx k_f / 2 \text{ [m/s]} \times 60 \text{ [s/min]} \times 1000 \text{ [l/m}^3]$$

La surface requise F_v d'une installation d'infiltration correspond au rapport du débit de ruissellement Q par la capacité spécifique d'infiltration S :

$$\text{surface requise } F_v \text{ [m}^2] = Q \text{ [l/s]} \times 60 / S \text{ [l/(min}\cdot\text{m}^2)]$$

La surface efficace d'infiltration F_v comprend le fond et une partie des parois de l'installation d'infiltration. La moitié de la hauteur maximale de rétention est prise en compte pour les surfaces latérales.

Inversement, le débit maximal d'infiltration d'eaux pluviales Q_v peut être déterminé à partir d'une surface donnée F_v et d'une capacité spécifique d'infiltration S connue :

$$\text{débit maximal d'infiltration d'eaux pluviales } Q_v \text{ [l/s]} = F_v \text{ [m}^2] \times S \text{ [l/(min}\cdot\text{m}^2)] / 60$$

Si le débit des eaux pluviales est supérieur au débit maximal d'infiltration, il faut réduire le flux parvenant à l'installation d'infiltration par une installation de rétention. Des

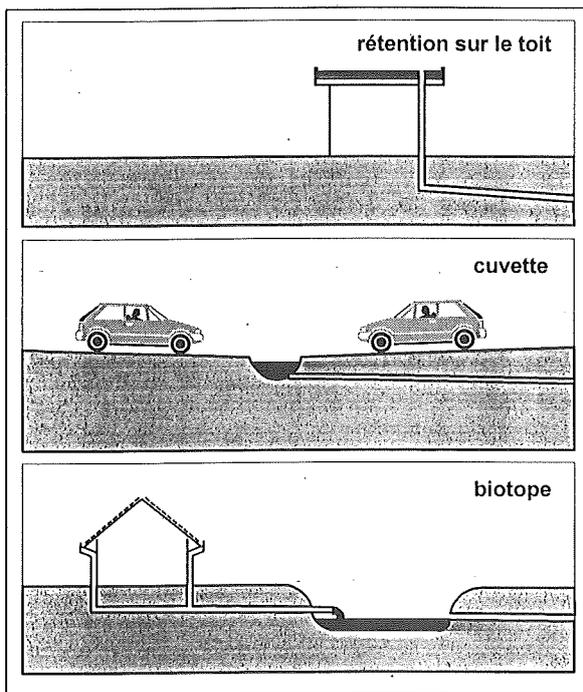
4. Conception des installations de rétention pour l'infiltration

4.1 Généralités

Pour la plupart des installations d'infiltration, un **volume de rétention** suffisant est nécessaire afin que la totalité des eaux pluviales recueillies puisse y être infiltrée.

Les principaux éléments d'une installation de rétention des eaux pluviales sont le volume de rétention, pour le stockage temporaire des eaux pluviales, et le limiteur de débit. En règle générale, lorsque l'installation d'infiltration est destinée à l'évacuation de l'eau des biens-fonds, le volume nécessaire peut être trouvé en aménageant des cuvettes d'infiltration, des massifs graveleux ou de petites rétentions sur des surfaces telles que toitures, aires de stationnement ou cours.

Figure 6 : Procédés de rétention

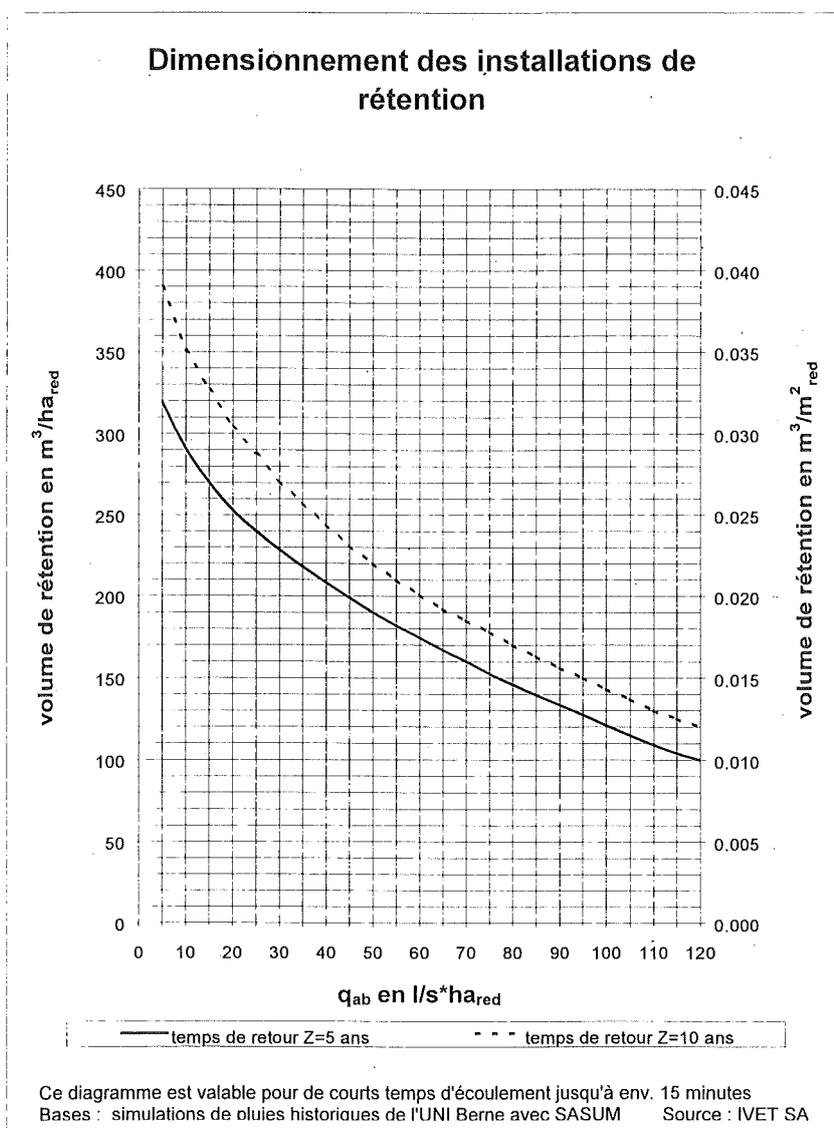


Pour la rétention sur le toit, il n'est pas nécessaire de renforcer le toit statiquement, car la charge prévue pour la neige peut être mise à profit.

4.2 Dimensionnement des installations de rétention

Le canton de Berne a élaboré un **diagramme de dimensionnement** basé sur les pluviogrammes des précipitations de forte intensité de la station de l'Université de Berne (série de pluies historiques) et sur des calculs de simulation. Ce diagramme permet de déterminer le volume de rétention requis en **fonction** du débit spécifique maximal autorisé q_{ab} respectivement du **débit spécifique d'infiltration** Q_v/F . L'application du diagramme est limitée aux bassins versants caractérisés par des **temps d'écoulement** inférieurs à 15 min. Dans les bassins versants où l'écoulement est plus long, le volume de rétention requis doit être déterminé par simulation numérique.

Figure 7 : Diagramme de dimensionnement pour les installations de rétention



5. Conception des installations de prétraitement

5.1 Généralités

Les eaux pluviales récoltées sur les toits, les cours et les routes contiennent toujours des matières en suspension et des matières flottantes. Si ces eaux usées sont introduites directement dans une installation d'infiltration, il peut en résulter après peu de temps une détérioration notable des performances de celle-ci. Les feuilles en suspension et les déchets végétaux recouvrent la surface d'infiltration et les particules fines colmatent les pores du massif filtrant.

Afin de maintenir une installation d'infiltration (hormis l'infiltration diffuse) en bon état de fonctionnement le plus longtemps possible, les eaux pluviales doivent passer par une étape de **prétraitement**. Sont appropriés à cet effet les massifs filtrants graveleux parcourus verticalement ou horizontalement, avec ou sans couverture végétale, les bassins de décantation ou les dépotoirs dans lesquels les matières en suspension sont efficacement retenues. La séparation des matières flottantes s'opère relativement facilement au moyen de parois ou de coudes plongeants.

5.2 Dimensionnement des installations de décantation

Le dimensionnement des installations de décantation est régi par la norme suisse **SN 592 000** "Evacuation des eaux des biens-fonds", chapitre 10.3. L'installation doit garantir la séparation du **sable fin**, d'une granulométrie supérieure à 0.1 mm. (Du fait que de l'huile, de la suie, des débris de feuilles et d'abrasion de pneus, etc., sont souvent fixés aux particules, la vitesse de sédimentation et par conséquent l'effet séparateur s'en trouvent diminués.)

La **surface des dépotoirs** est dimensionnée par rapport à une **vitesse de sédimentation de 24 m/h** (*Figure 8*).

La séparation de la suie d'installations de chauffage (cendres volantes) de diamètre de 0.02 - 0.06 mm exigerait des installations disproportionnés. Ces particules n'entrent donc pas en ligne de compte dans le dimensionnement des installations de prétraitement et sont éliminées lors du remplacement périodique du massif filtrant.

Le **volume requis de l'installation de décantation** dépend du **temps de séjour** à respecter et du débit d'entrée des eaux usées. Afin de permettre également la décantation des boues flocculées, un **temps de séjour de 180 s** est nécessaire. Ainsi, la **profondeur requise h_1** de la **chambre de décantation** se calcule comme suit :

Débit d'entrée dans le dépotoir < 3 l/s $h_1 = 1.00$ m (profondeur minimale)

Débit d'entrée dans le dépotoir ≥ 3 l/s $h_1 = 1.20$ m

La **chambre des boues** doit avoir une **profondeur minimale h_2 de 0.50 m**.

Figure 8 : Diagramme de dimensionnement pour les installations de décantation

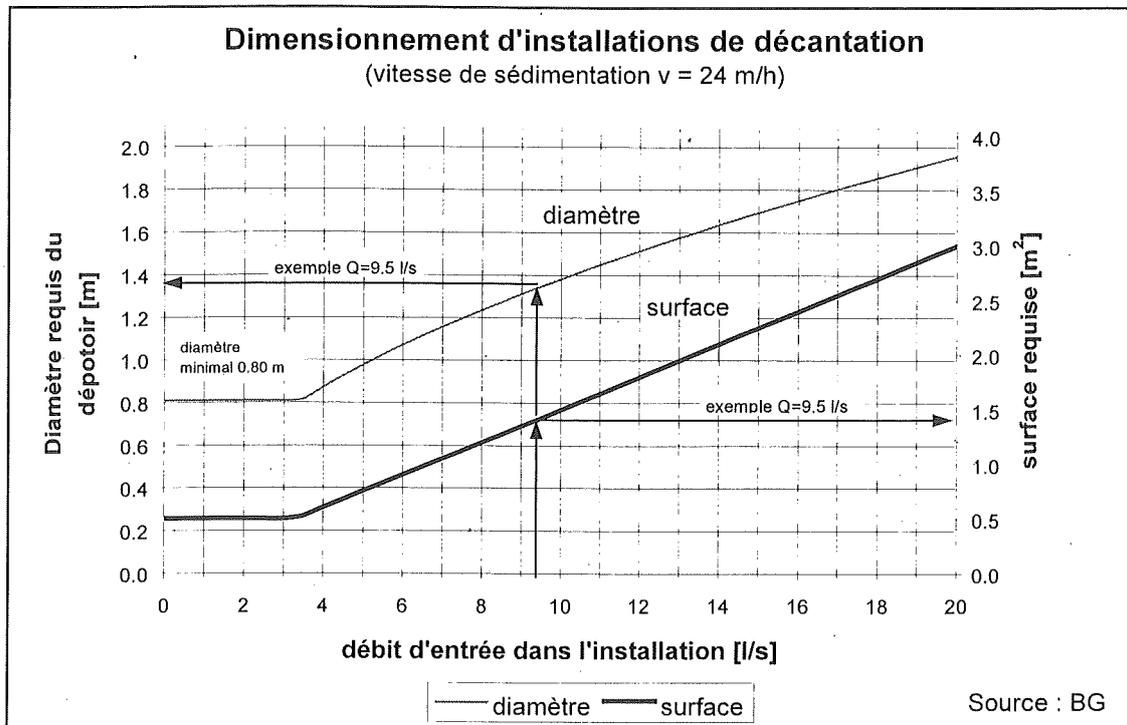
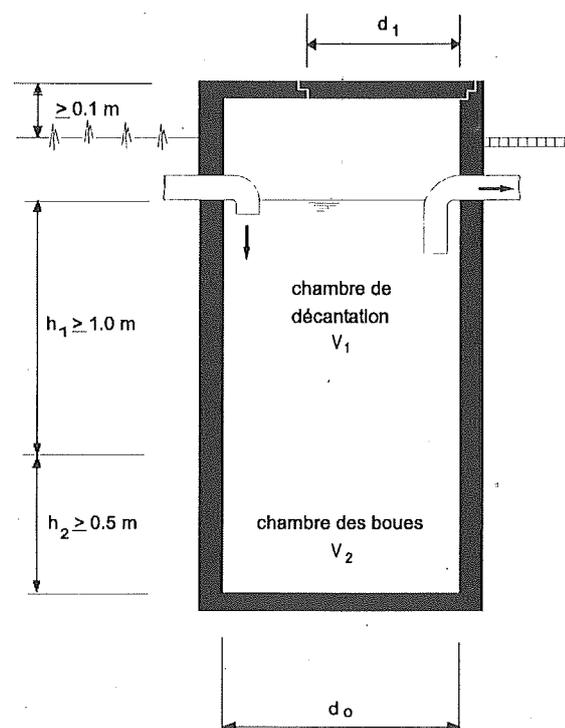


Figure 9 : Principe de construction d'une installation de décantation

- Diamètre du dépotoir d_0 : min. 0.8 m
- Ouverture de l'entrée d_1 : min. 0.6 m
- Profondeur de la chambre de décantation h_1 : min. 1.0 m
- Profondeur de la chambre des boues h_2 : min. 0.5 m
- Entrée et sortie de l'eau par un coude ou une paroi plongeante
- Emplacement accessible aux camions de vidange



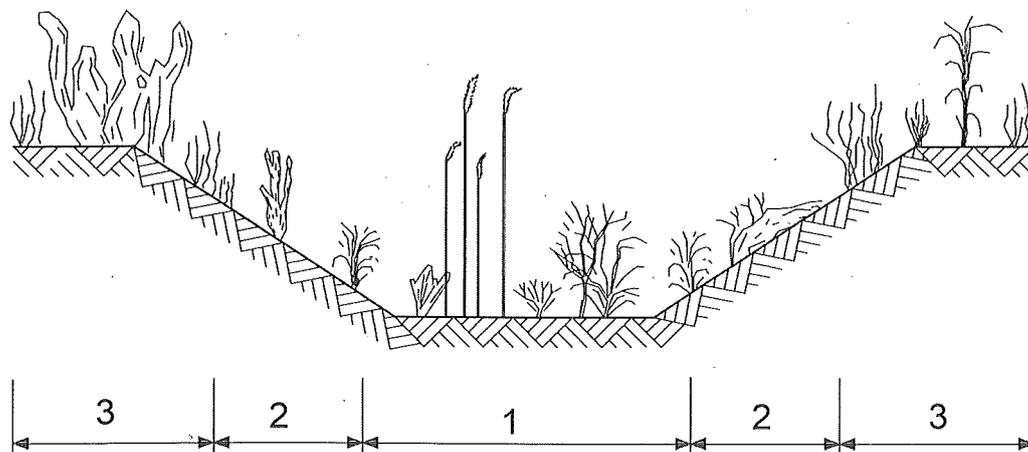
6. Construction et exploitation des installations

Les indications suivantes ont pour but de conserver les installations d'infiltration en bon état de fonctionnement à long terme, afin d'assurer une protection optimale des eaux.

- Avant et pendant les **travaux d'excavation** pour les installations d'infiltration, il faut éviter de remanier et de compacter le sous-sol perméable.
- Les ouvrages d'infiltration et de rétention doivent être protégés contre l'**érosion** aux endroits où l'eau entre (boulets ou écran brise-jet).
- Dans les **puits d'infiltration**, il est possible de recouvrir le massif filtrant et les bords du puits avec un **non tissé**, ce qui facilite l'élimination des boues décantées lors des travaux de maintenance. Cette façon de procéder a pour avantage de favoriser la formation d'un filtre à partir des matériaux fins déposés.
- Lors de la réalisation des **puits et des conduites d'infiltration**, il faut veiller à une bonne **compaction** du **matériau de remblayage** latéral afin d'éviter des courts-circuits hydrauliques.
- L'expérience montre qu'une **distance** d'au moins 6 m doit séparer les installations d'infiltration des **bâtiments excavés**, lorsque le coefficient de perméabilité du sol $k_f \leq 10^{-4}$ m/s (cf. Figure 12). Lorsque les caves sont étanches, des distances plus faibles peuvent être justifiées. Lorsque les coefficients de perméabilité k_f sont faibles, il est recommandé de procéder à une étude plus détaillée relative à l'extension du volume d'infiltration (selon feuille de travail ATV A138 "Bau und Bemessung von Anlagen zur dezentralen Versickerung von nicht schädlich verunreinigtem Niederschlagswasser"; n'existe pas en français).
- Les installations d'infiltration doivent être réalisées à une distance suffisante des **conduites de drainage de bâtiments** afin d'éviter tout **refoulement** dans ces derniers.
- En prévision de précipitations exceptionnelles et lors de perturbations de fonctionnement des installations d'infiltration, il convient d'accorder une attention particulière aux **mesures passives de protection contre les inondations** des ouvrages situés à proximité (p. ex. surélévation du bord inférieur des soupiraux).
- Les surfaces d'infiltration ne devraient pas être immergées pendant plus d'un jour, afin de prévenir la **putréfaction de la couche supérieure du sol (humus)**. Dans tous les cas, les **cuvettés d'infiltration** ne devraient jamais rester immergés, en raison du risque considérablement accru d'envasement et d'imperméabilisation de la surface. Le cas échéant, la capacité d'infiltration sera renforcée au moyen de lits de pierres, pour autant que la protection des eaux souterraines soit assurée. Les surfaces et les ouvrages linéaires situés au pied des cuvettes devraient être construits horizontalement, afin d'assurer une répartition aussi régulière que possible de l'eau à infiltrer. Les grandes ou longues cuvettes doivent être réalisées en plusieurs paliers, en particulier si elles se trouvent dans un terrain en pente.

- Dans le cas d'installations d'infiltration superficielle avec **passage au travers de la couche d'humus** (type a), l'épaisseur de la couche supérieure du sol (humus) doit être d'au moins **30 cm**.
- Seules des **plantes** indigènes et adaptées au site devraient être plantées dans les bassins d'infiltration (*Figure 10*). Les plantes à enracinement profond ne sont pas appropriées, car elles sont susceptibles de provoquer la formation de cheminements d'infiltration privilégiés le long de leurs racines. Le choix de la végétation doit également tenir compte des futures contraintes d'exploitation, travaux de curage ou remplacement éventuel du sol. Des indications plus précises à cet égard figurent dans le rapport n° 449/1991 de la VSA.

Figure 10 : Zones de végétation de cuvettes et de bassins d'infiltration (canton de Lucerne, 1995)



- | | |
|--|--|
| Zone 1 : Fond de la cuvette, mouillé ou humide | p. ex. roseaux, alpistes, véroniques |
| Zone 2 : Bordure inférieure du talus, humide | p. ex. joncs, lysimaques, pétasites |
| Zone 3 : Bordure supérieure du talus | p. ex. marguerites, gazon pionnier, saules |

- Dans le cas de cuvettes et de bassins d'infiltration, des mesures doivent être prises afin de **prévenir les accidents**
- Lors de la réalisation de galeries ou de conduites d'infiltration, il faut respecter les prescriptions de qualité du matériau filtrant pour l'enrobage du tuyau d'infiltration
Seule l'application des critères de filtration selon la norme SN 670 125a garantit une infiltration durable de l'eau.
- Dans le cas d'**infiltration diffuse** au travers d'une surface perméable aménagée, la perméabilité moyenne de la couche superficielle devrait correspondre à un coefficient k_f d'au moins $2 \cdot 10^{-5}$ m/s. En cas d'aménagement de la surface au moyen de systèmes en grille (p. ex. grilles-gazon), dont les vides représentent en règle générale 30 à 40 % de la surface, le matériau de remplissage devrait avoir une perméabilité minimale de 6×10^{-5} m/s.

- Lorsque, dans le cas d'autres types de pavage, l'infiltration s'effectue au travers de **grands interstices**, la surface couverte par les interstices et le matériau de remplissage doivent être combinés de manière à atteindre la perméabilité moyenne requise $k_f = 2 \times 10^{-5}$ m/s (p. ex. pavage en béton avec 18% d'interstices : la perméabilité k_f requise pour le matériau de remplissage = $2 \times 10^{-5} / 0.18 = 1.1 \times 10^{-4}$ [m/s]).
- On vérifiera dans tous les cas que le sous-sol de la surface aménagée possède une perméabilité suffisante pour évacuer les eaux d'infiltration. (On considère en général que la perméabilité du massif filtrant est plus élevée que celle du sol naturel sous-jacent).

Figure 11 : Coefficients de perméabilité des roches meubles en zone saturée

Dénomination géologique	Classification USCS	Coefficient de perméabilité k_f (m/s)					Matériau filtrant		
		10^{-10}	10^{-8}	10^{-6}	10^{-4}	10^{-2}	év. 0-4 mm	sable 0-3 mm	gravier à béton
Gravier, propre, sableux	GW, GP								
légèrement limoneux	GM								
légèrement argileux	GC								
limoneux	GM - ML								
limoneux à argileux	GM - GC								
argileux	GC - CL, GC - CH								
Sable, propre, graveleux	SW, SP								
légèrement limoneux	SM								
légèrement argileux	SC								
limoneux à argileux	SM - ML, SM - SC								
argileux	SC - CL, SC - CH								
Limon, graveleux, sableux	ML, MH								
organique	OL								
argileux	CL, CL - ML								
Argiles	CH, OH								
Appréciation de la capacité d'infiltration		très mauvaise	mauvaise	moyenne	bonne	très bonne			
Aptitude pour les installations d'infiltration		inapproprié		approprié sous réserve	approprié				

Dans la mesure du possible, les matériaux filtrants doivent couvrir une portion de sol maximale. Sur la base des courbes granulométriques effectives, d'autres granulats filtrants peuvent être choisis. Lors de l'utilisation de conduites d'infiltration, le diamètre des orifices et le diamètre des granulats doivent correspondre : le diamètre des granulats, pour un minimum de 15 % en poids du matériau filtrant, doit être plus grand que le diamètre des orifices, respectivement des fentes de la conduite. Le cas échéant, un filtre à couches multiples est nécessaire.

En présence de certains types de sols, il peut être avantageux d'ajouter un géotextile (mais pas de non tissé !). Dans ce cas, un dimensionnement approprié du filtre est également nécessaire.

1. Installations d'infiltration de type a

1.1 Infiltration superficielle diffuse

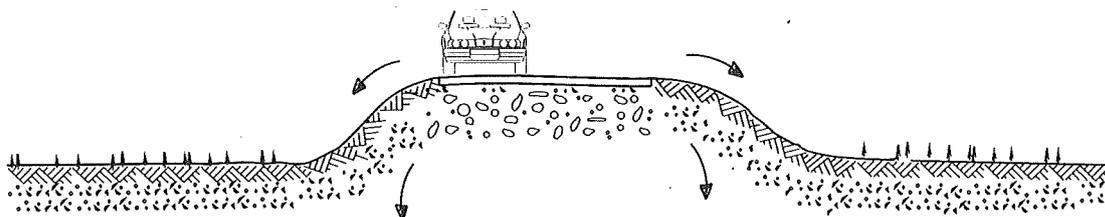
- **Principe**

Infiltration sur des surfaces de jardin végétalisées sans retenue spéciale des eaux pluviales. Aucun ouvrage n'est réalisé.

- **Application**

- Pour sous-sol moyennement perméable à perméable.
- Bon effet de dépollution grâce à la couche de sol biologiquement active (humus).
- Pas de travaux d'entretien particuliers.

1.2 Infiltration "par-dessus l'accotement"



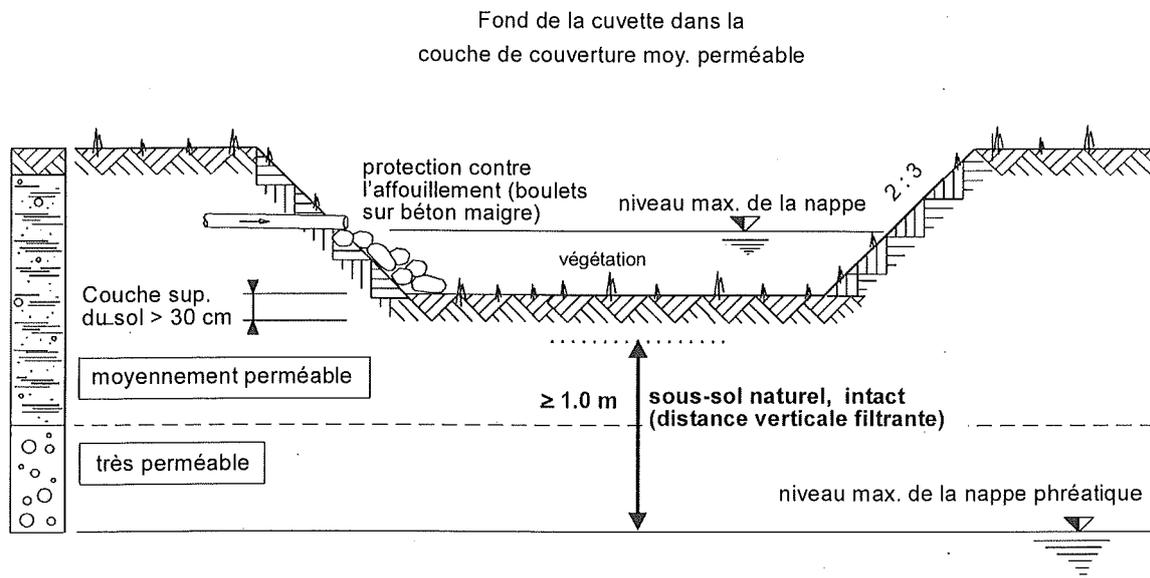
- **Principe**

Infiltration superficielle diffuse au travers de la couche de sol biologiquement active d'une cuvette ou d'une surface recouverte d'humus, proche de l'aire d'où s'écoulent les eaux pluviales. Le sol perméable et éventuellement recouvert de végétation sert de filtre pour les polluants.

- **Application**

- Pour sous-sol moyennement perméable à perméable.
- Routes à faible trafic (chemins, voies d'accès des zones d'habitation, chemins d'exploitation et de desserte), places.
- Bon effet de dépollution grâce à la couche de sol biologiquement active (humus).

1.3 Cuvette d'infiltration



• Principe

Infiltration diffuse au travers de la couche de sol biologiquement active dans une cuvette recouverte d'humus. Infiltration soit dans les couches de couverture microgrenues (effet filtrant supplémentaire), soit directement dans la couche perméable.

• Application

- Pour sous-sol moyennement perméable à perméable.
- Bon effet de dépollution grâce à la couche de sol biologiquement active (humus).
- Facilité d'entretien.
- Bon effet de rétention.

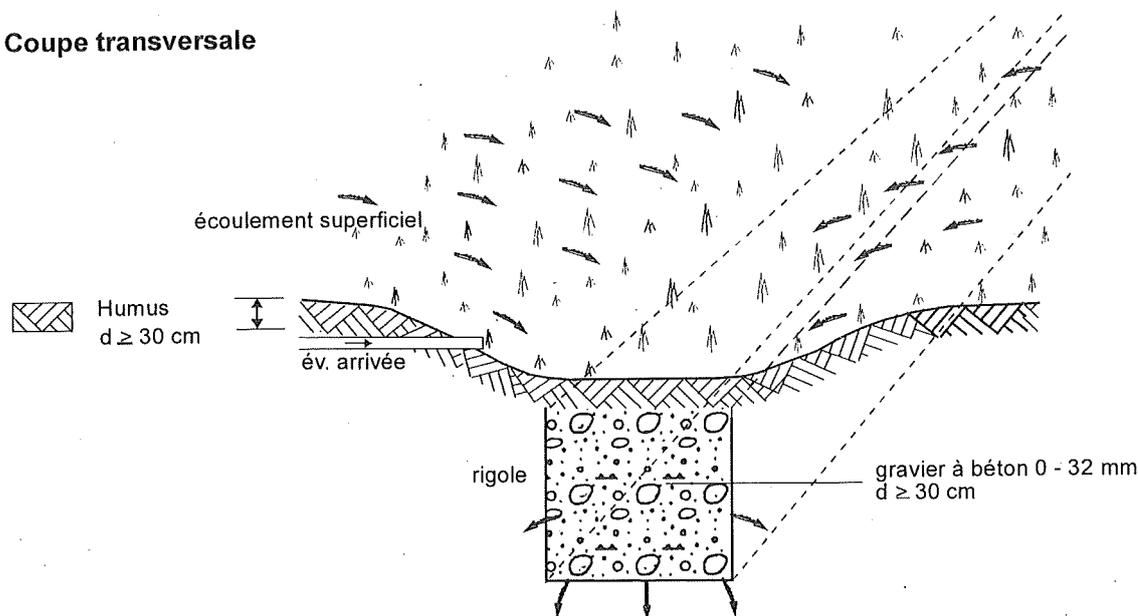
• Précisions

- Possibilité d'aménager un biotope par étanchéification du fond, infiltration uniquement dans les talus.
- Observer les mesures de prévention des accidents selon chapitre 6.
- Possibilités de plantation selon chapitre 6.

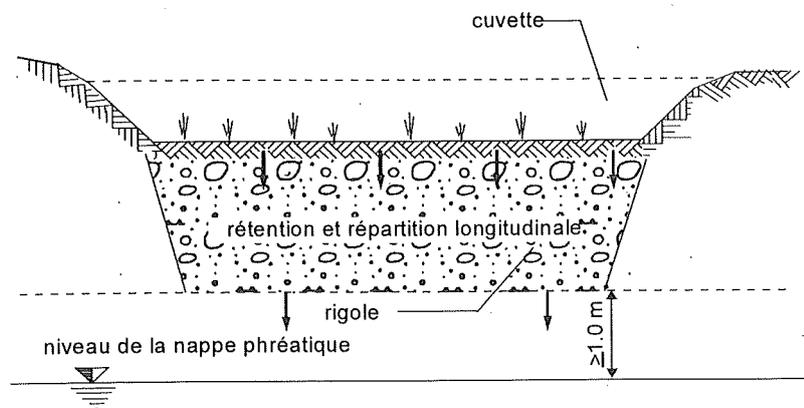
1.4 Cuvette-rigole d'infiltration

1.4.1 Cuvette-rigole d'infiltration pour l'évacuation des eaux des biens-fonds

Coupe transversale



Coupe longitudinale



- **Principe**

Infiltration diffuse au travers de la couche de sol biologiquement active dans une cuvette recouverte d'humus. Réduction des débits de pointe par la rétention dans une rigole.

- **Application**

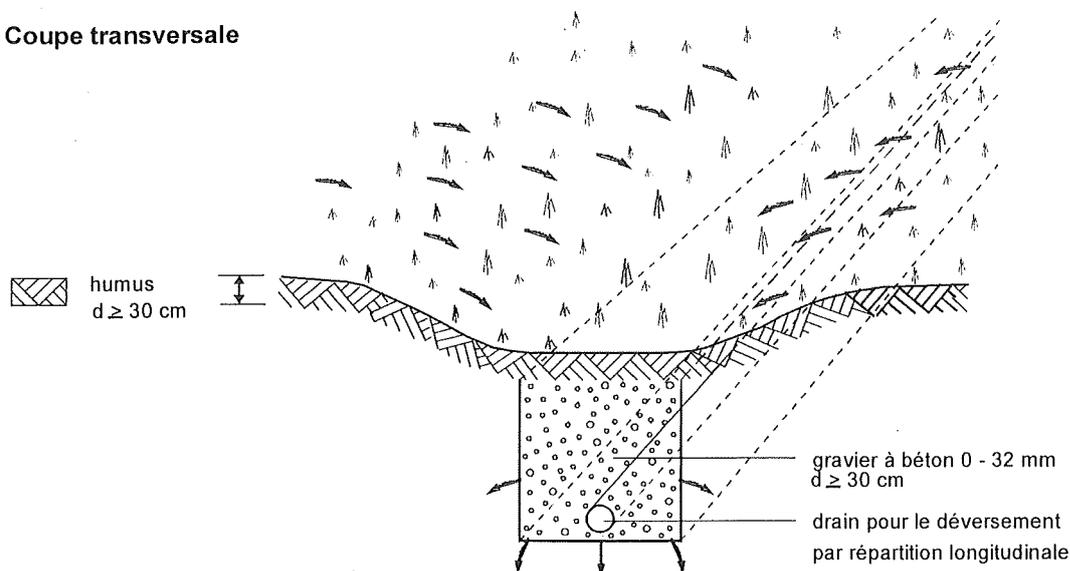
- Egalement adapté aux couches de couverture épaisses, moyennement à peu perméables.
- Bon effet de dépollution grâce à la couche de sol biologiquement active.
- Bon effet de rétention.

- **Précisions**

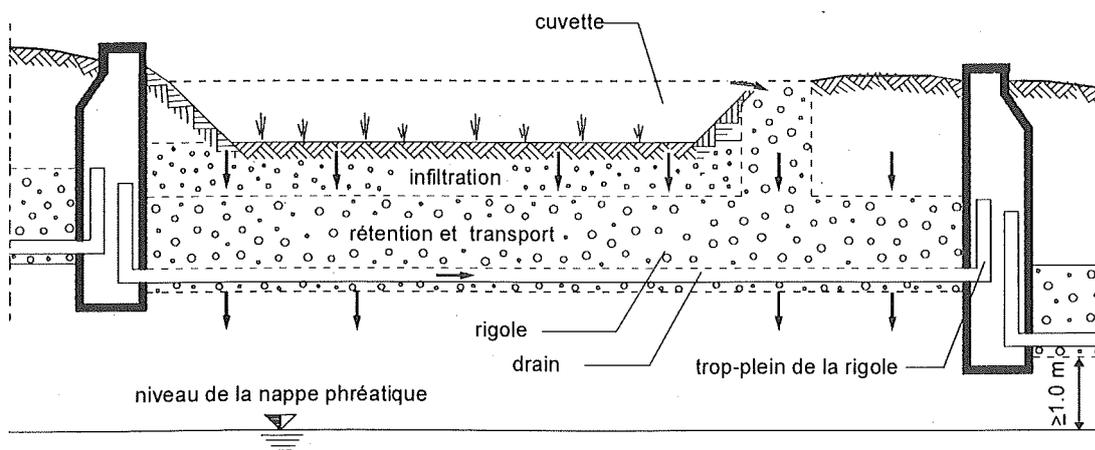
- Les cuvettes doivent être exécutées à peu près horizontalement.
- Dans le cas d'une surface inclinée, il faut envisager une cuvette étagée.
- Des chambres peuvent aussi être construites pour le contrôle.

1.4.2 Cuvette-rigole d'infiltration pour installations d'infiltration centrales

Coupe transversale



Coupe longitudinale



- **Principe**

Infiltration diffuse au travers de la couche de sol biologiquement active dans une cuvette recouverte d'humus. Réduction des débits de pointe par rétention dans une rigole. Amélioration de la capacité d'infiltration grâce à la répartition longitudinale de l'eau sur des drains.

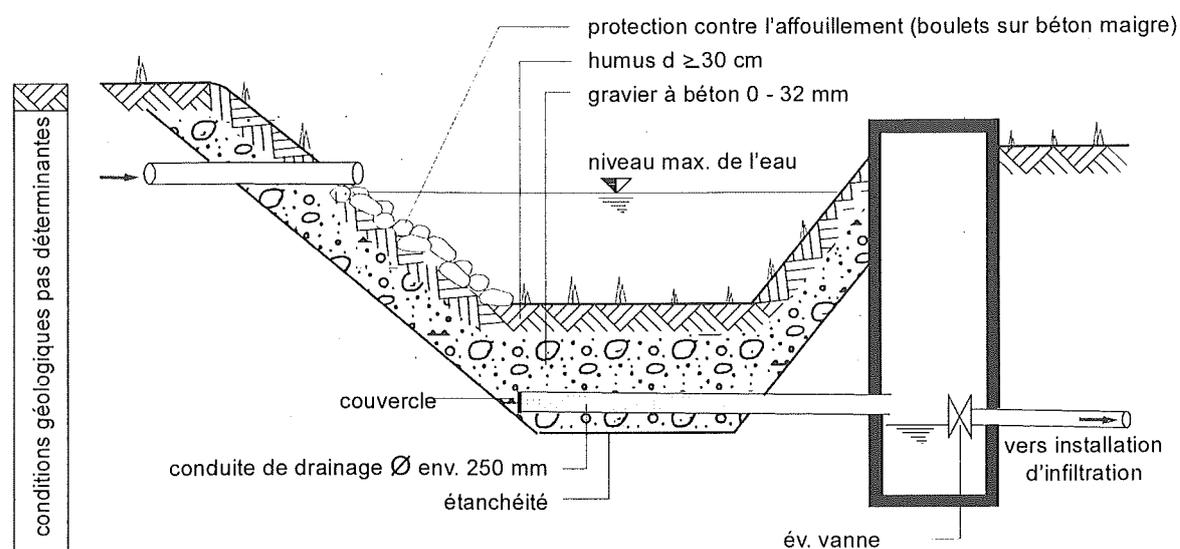
- **Application**

- Egalement adapté aux couches de couverture épaisses, moyennement à peu perméables.
- Bon effet de dépollution grâce à la couche de sol biologiquement active.
- Bon effet de rétention.

- **Précisions**

La même construction peut aussi être utilisée comme installation de rétention dans les sols peu perméables (bassin de rétention filtrant, cf. page suivante).

1.5 Bassin de rétention filtrant



- **Principe**

Rétention et filtration au travers de la couche de sol biologiquement active dans un bassin recouvert d'humus à fond étanche, isolé du sous-sol, permettant d'intervenir lors de dysfonctionnement.

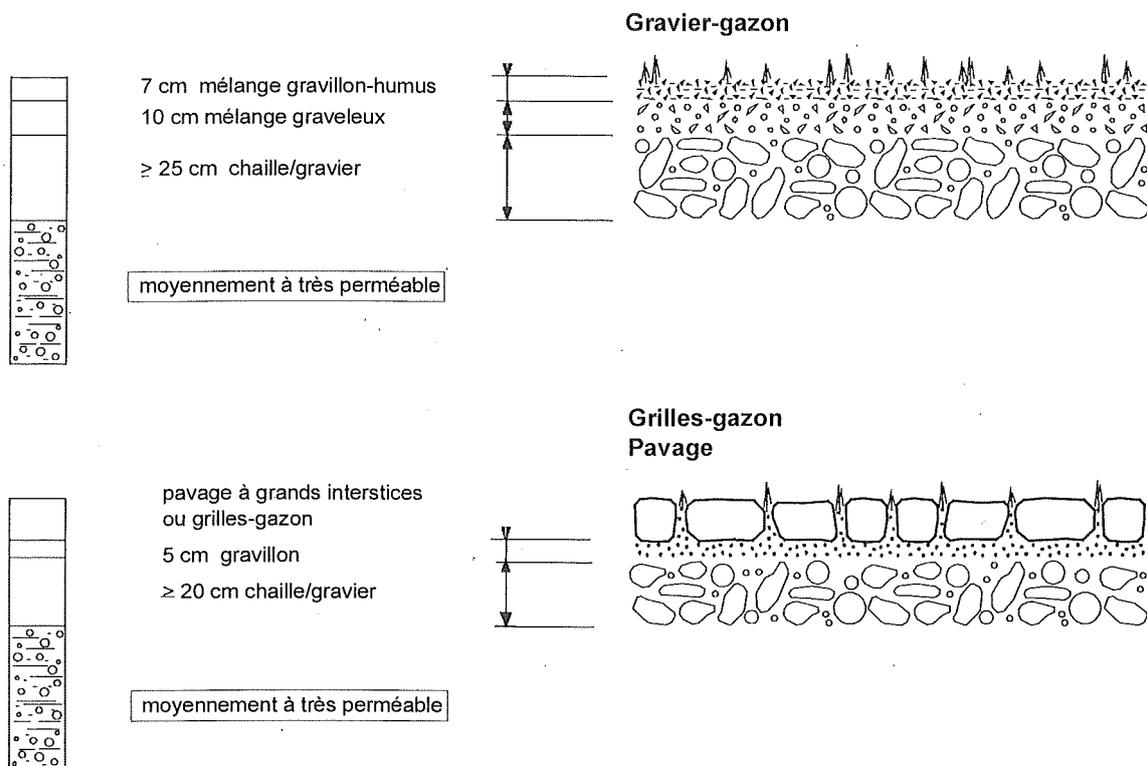
- **Application**

- Où précipitations parfois intenses et lors de risque élevé de dysfonctionnement (facilité d'intervention).
- Bon effet de dépollution grâce à la couche de sol biologiquement active (humus).
- Bon effet de rétention.
- Si place suffisante.

- **Précisions**

- Observer les mesures de prévention des accidents selon chapitre 6.
- Possibilités de plantation selon chapitre 6.
- Lors de l'utilisation d'une étanchéité, observer les prescriptions.

1.6 Infiltration superficielle diffuse avec effet de dépollution réduit



- **Principe**

Infiltration directe sur les surfaces mouillées. Le sol perméable et éventuellement recouvert de végétation sert de filtre pour les polluants.

- **Application**

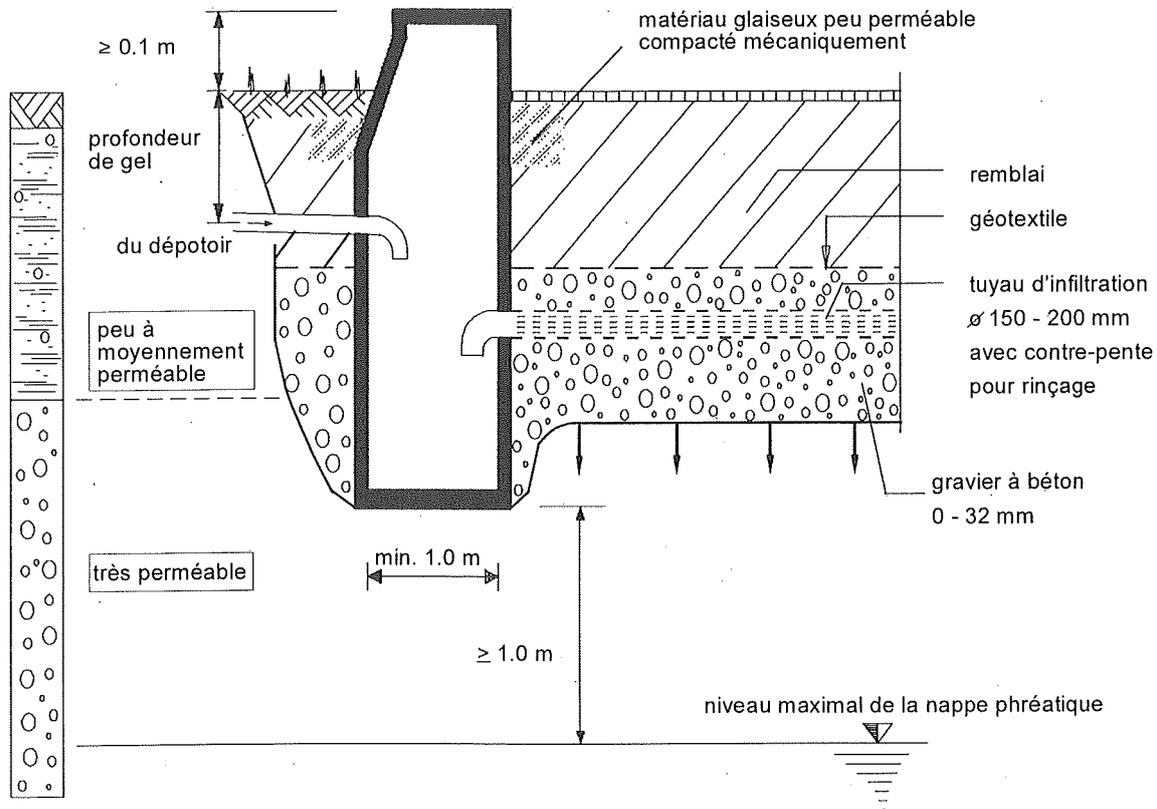
- Pour sous-sol moyennement perméable à perméable.
- Approprié pour les surfaces de passage à trafic réduit (aires de stationnement, accès aux habitations).

- **Précisions**

- Plantation d'un mélange d'herbes adaptées au site et/ou végétation spontanée.
- Selon la consolidation du sous-sol, le gravier-gazon ne supporte éventuellement qu'une charge réduite.
- Les surfaces en gravier-gazon ne doivent pas être déblayées avec des chasses-neige lourds.

2. Installations d'infiltration de type b

2.1 Conduite ou galerie d'infiltration



• Principe

Infiltration linéaire dans un fossé remblayé, au moyen d'un drain et de couches filtrantes mises en place artificiellement. Infiltration directe dans la couche perméable, sans passage au travers de couches microgrenues. A l'inverse de la conduite d'infiltration, la galerie d'infiltration a une deuxième chambre de contrôle à l'autre extrémité du drain.

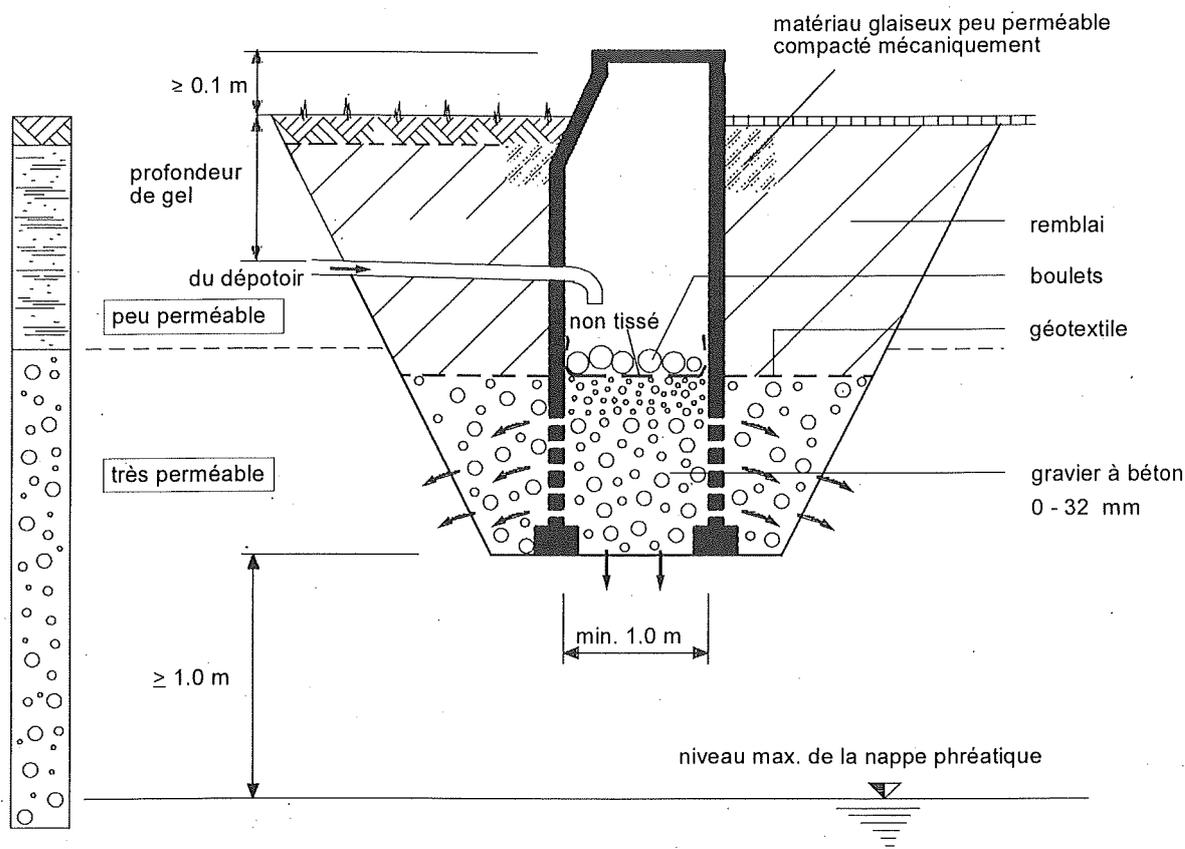
• Application

- Où l'infiltration au travers de la couche de sol biologiquement active est impossible par manque de place.
- Epaisseur de la couche de couverture < 3 - 4 m.
- Pour sous-sol moyennement perméable à perméable.
- Nécessite peu de place.

• Précisions

- Prétraitement indispensable car impossibilité d'entretenir le massif graveleux.
- Pour prévenir un court-circuit hydraulique, le matériau de remblayage autour du puits doit être fortement compacté.

2.2 Puits d'infiltration



- **Principe**

Infiltration concentrée, ponctuelle, au moyen d'un puits d'infiltration et de couches filtrantes mises en place artificiellement. Infiltration directe dans la couche perméable, sans passage au travers de couches microgrenues.

- **Application**

- Où l'infiltration au travers de la couche de sol biologiquement active est impossible par manque de place.
- Epaisseur de la couche de couverture $< 3 - 4$ m.
- Pour sous-sol moyennement perméable à perméable.
- Nécessite très peu de place.
- Adapté tout particulièrement aux ouvrages individuels de petite taille.

- **Précisions**

- Prétraitement indispensable car impossibilité d'entretenir le massif graveleux.
- Pour prévenir un court-circuit hydraulique, le matériau de remblayage autour du puits doit être fortement compacté.