

# EPURATION DES EAUX USEES URBAINES PAR INFILTRATION-PERCOLATION : ETAT DE L'ART ET ETUDES DE CAS



*Document réalisé sous la direction des Agences de l'Eau  
et du Ministère de l'Environnement.*

*Chargé d'étude :*

*Laboratoire d'Hydrologie et Modélisation*

*Université Montpellier II*

*34095 MONTPELLIER - Cedex 05*

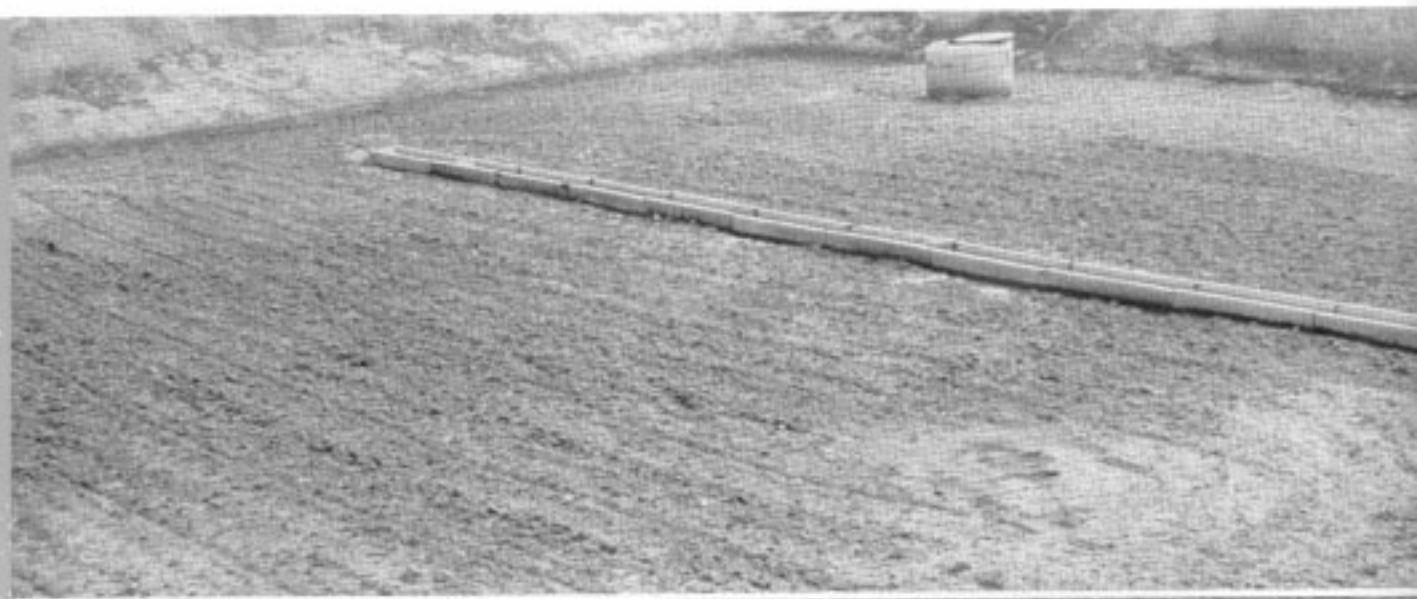
*avec la collaboration du Service Assainissement*

*de l'Agence de l'Eau Seine-Normandie*

*51, boulevard Salvador-Allendé - 92027 NANTERRE CEDEX*

*PRIX : 100 F*

*1993*





## AVANT-PROPOS

*L'infiltration percolation est une technique d'épuration des eaux usées urbaines que l'on peut qualifier de récente. En France, la première installation de ce type a été réalisée à Port Leucate, en 1981. Cette technique a donc dix ans dans l'hexagone. C'est un trop jeune âge, au regard des conditions de son élaboration et de son développement, pour qu'elle ait atteint sa maturité. Mais, dix ans, c'est déjà beaucoup car, dans ce délai, plus de 50 installations ont vu le jour. C'est, en tous cas, un anniversaire tout rond et l'occasion de faire le point.*

*Il est d'autant plus nécessaire de le faire que ces installations ont été réalisées avec une extrême diversité et que, la profession s'en est fait l'écho, certaines d'entre elles au moins ont connu des fortunes diverses. Or, cette technique a des capacités épuratrices potentielles élevées et, comme la rapidité de son expansion en témoigne, elle correspond à un besoin véritable. Il est donc urgent d'exploiter l'expérience acquise de manière à aider l'infiltration percolation à se développer dans les meilleures conditions possibles.*

*Ce document ne prétend pas être normatif ; il n'est pas souhaitable qu'il le soit. En particulier pour ne pas mettre d'entrave à l'évolution, à la diversification et à l'optimisation de cette technique. Il se propose seulement de mettre l'accent sur les points sensibles du procédé et de formuler un ensemble de recommandations. Il s'agit beaucoup plus d'indiquer les erreurs à ne pas commettre que de fournir des solutions toutes prêtes.*

*Cette mise au point s'appuie sur deux catégories de documents. D'abord, les suivis d'une dizaine d'installations, commandités par les Agences de Bassin notamment dans le cadre d'études Inter-Agences, qui permettent d'évaluer la technique telle qu'elle a été appliquée au cours des 3 ou 4 dernières années. La deuxième catégorie de documents est constituée par les travaux de laboratoire qui fournissent le support théorique du procédé et permettent d'en ébaucher les évolutions prévisibles.*

## **1. PRESENTATION DE L'INFILTRATION PERCOLATION**

<b>1.1 Introduction</b>	6
1.1.1 Définition	6
1.1.2 Les points clés du procédé	9
<b>1.2 Brève histoire de l'infiltration percolation</b>	11
<b>1.3 Domaines d'application</b>	14
<b>1.4 Objectifs d'épuration</b>	15
<b>1.5 Mécanismes de l'épuration</b>	16
1.5.1 L'oxydation	16
1.5.2 Le colmatage	20
1.5.3 La décontamination	22
<b>1.6 Bibliographie</b>	25

## **2. TECHNOLOGIE ET MISE EN ŒUVRE**

<b>2.1 Schémas types d'installations</b>	26
2.1.1 L'infiltration percolation, traitement principal	26
2.1.2 L'infiltration percolation, traitement tertiaire	27
<b>2.2 Etudes préalables</b>	28
2.2.1 Contrôle de la capacité d'infiltration	28
2.2.2 Contrôle de la capacité de transfert	30
2.2.3 Contrôle de l'impact sur la nappe phréatique	30

<b>2.3 Les éléments de la filière</b>	32
2.3.1 Le déversoir d'orage	32
2.3.2 Le prétraitement	32
2.3.3 La décantation	33
2.3.4 Le stockage	34
2.3.5 La répartition entre les bassins ou unités d'infiltration	36
2.3.6 Les unités d'infiltration	36
2.3.7 L'alimentation des unités d'infiltration	40
2.3.8 Les massifs filtrants	44
2.3.9 Le rejet	53
<b>2.4 Surveillance et entretien</b>	54
2.4.1 Surveillance des unités d'infiltration	54
2.4.2 Visites de contrôle	55
2.4.3 Entretien	57
2.4.4 Evaluation des performances	60
2.4.5 Contrôles de la nappe	61
<b>2.5 Les coûts</b>	62
2.5.1 Traitement principal	62
2.5.2 Traitement tertiaire	63

### **3. BILAN DU FONCTIONNEMENT D'INSTALLATIONS EXISTANTES**

<b>3.1 Synthèse des études de cas</b>	64
3.1.1 Traitements préalables à l'infiltration	64
3.1.2 Les bassins d'infiltration	65
3.1.3 Modes de fonctionnement	66
3.1.4 Epuration physico-chimique	67
3.1.5 La décontamination	68
3.1.6 Conclusion	69
<b>3.2 Fiches de cas</b>	70
3.2.1 Sorges (24)	70
3.2.2 Souillac (40)	72
3.2.3 Saint-Symphorien de Lay (42)	74
3.2.4 Arcey (25)	76
3.2.5 Fontette (10)	78
3.2.6 Limogne en Quercy (46)	80
3.2.7 Chamouille (02)	82
3.2.8 Aubenas (07)	84
3.2.9 Ruoms (07)	86
<b>3.3 Rapports de suivis consultés</b>	88

# PRESENTATION DE L'INFILTRATION PERCOLATION

## 1.1 INTRODUCTION

### 1.1.1 Définitions

L'infiltration percolation d'eaux usées est un procédé d'épuration par **filtration biologique aérobie sur un milieu granulaire fin**. Cette définition s'applique à l'ensemble des procédés d'épuration par infiltration dans le sol. Ces procédés sont :

- l'**infiltration percolation**,
- l'**épandage souterrain**,
- l'**épandage superficiel**.

Ils se distinguent entre eux par les systèmes de répartition de l'eau sur les massifs filtrants et par les doses appliquées.

\* **L'infiltration percolation** : L'eau usée est successivement distribuée sur plusieurs unités d'infiltration. Elle est épandue sur les plages d'infiltration par des techniques variant avec les concepteurs. Le filtre est constitué par des sables rapportés ou des sables en place. L'eau épurée poursuit son infiltration dans le sol en place, jusqu'à rejoindre la nappe phréatique (figure 1) ou bien elle est drainée sous le sable, rejetée au ruisseau ou récupérée (figure 4). Les charges hydrauliques sont de plusieurs centaines de litres par mètre carré de massif filtrant et par jour (lames d'eau de quelques dizaines de centimètres par jour).

\* **L'épandage souterrain** : Les eaux usées sont réparties dans un sol en place - ou rapporté - par un réseau enterré (figure 2). Les charges hydrauliques vont de quelques litres à quelques dizaines de litres par mètre carré d'épandage et par jour (lames d'eau de quelques millimètres à quelques centimètres par jour).

\* **L'épandage superficiel (ou épandage)** : Les eaux usées sont réparties à la surface du sol, selon des techniques empruntées à celles de l'irrigation (figure 3). Les charges hydrauliques vont de quelques litres à quelques dizaines de litres par mètre carré d'épandage et par jour (lames d'eau de quelques mm/j à quelques cm/j).

Parmi ces procédés, l'**infiltration percolation** est le plus intensif et, donc, le plus délicat à concevoir et à gérer, puisqu'il traite les charges volumiques les plus fortes : **plusieurs centaines de litres par mètre carré et par jour**, contre plusieurs dizaines de litres seulement, par mètre carré et par jour, pour les épandages.

L'**infiltration percolation** est souvent associée à une restitution souterraine des eaux usées, notamment dans les régions calcaires ou les zones dunaires (figure 1). Les aspects réglementaires liés au rejet des eaux usées dans le milieu souterrain font l'objet d'une récente étude Inter-Agences (BURGEAP 1991b). Mais elle peut être aussi utilisée sans lien avec le contexte hydrogéologique. C'est le cas lorsque le massif filtrant est un sable rapporté et que la totalité des eaux infiltrées est récupérée par drainage (figure 4).





Figure 1 : Un dispositif d'infiltration percolation. Dans ce cas, l'eau est épurée à travers un massif de sable rapporté et poursuit son infiltration à travers une formation calcaire.

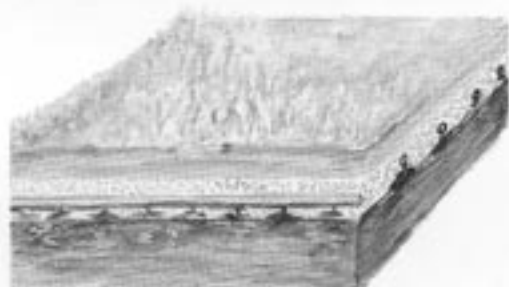


Figure 2 : Epandage souterrain dans un sol en place.

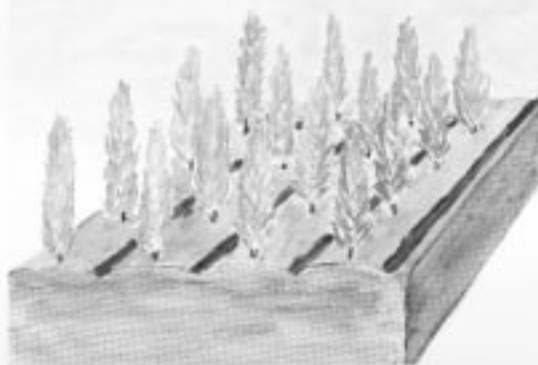
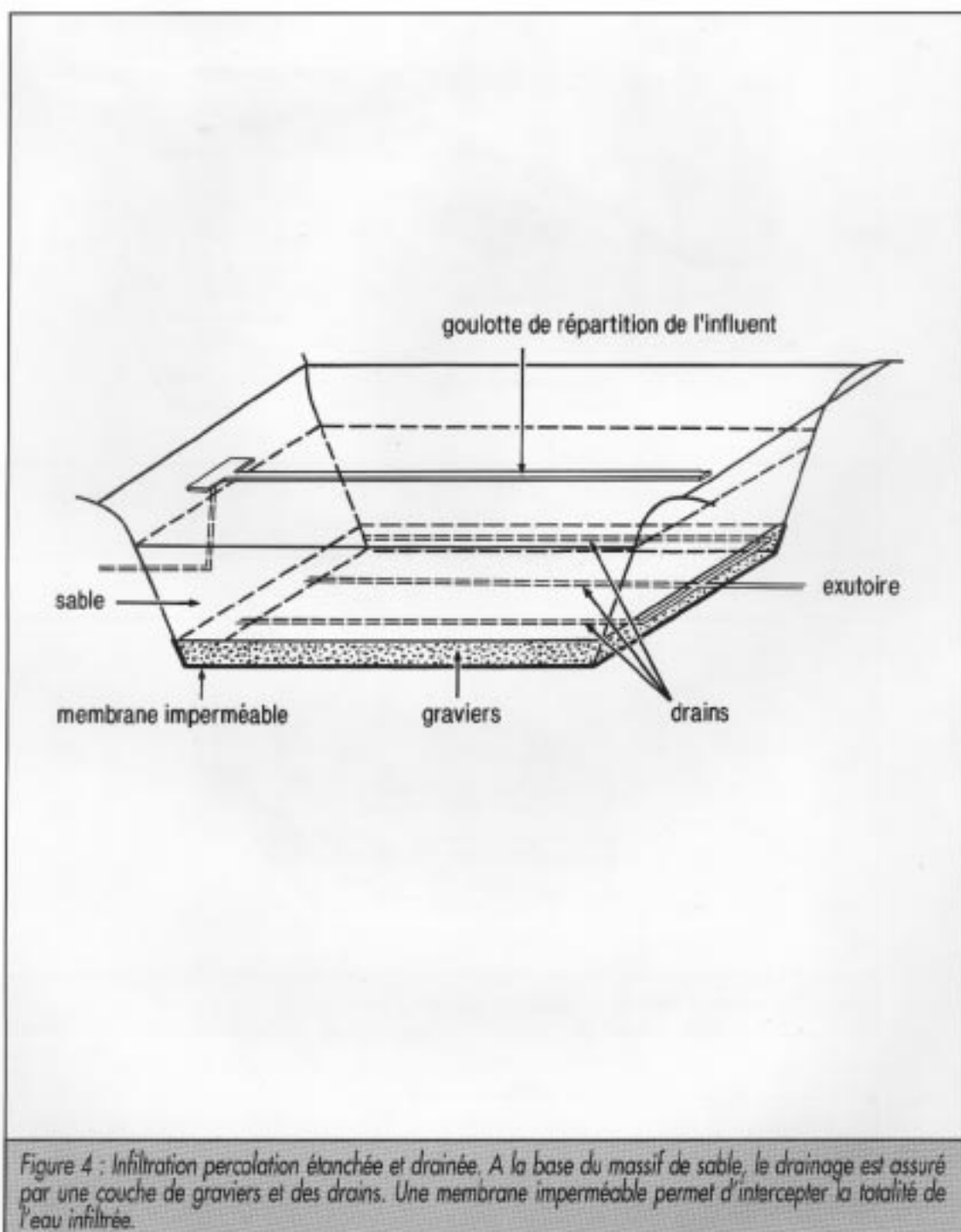


Figure 3 : Epandage superficiel. Ici, irrigation à la raie d'une peupleraie.



*Le plus souvent, le milieu granulaire est un sable, un sable rapporté, de rivière ou de carrière, ou un sable dunaire en place. L'infiltration percolation s'effectue, plus rarement, à travers un sol alluvionnaire en place, sablo-graveleux ou sablo-limoneux.*



## 1.1.2 Les points clés du procédé

### Filtration superficielle

*Les matières en suspension (MES) sont arrêtées à la surface du massif filtrant et, avec elles, une partie de la pollution organique (la DCO particulaire). Une part des micro-organismes pathogènes est retenue à ce niveau.*

***L'accumulation des MES entraîne un processus de colmatage superficiel, qui doit être géré pour maintenir les capacités d'infiltration et d'oxydation du filtre.***

### Oxydation

*Le milieu granulaire constitue un réacteur biologique, un support de grande surface spécifique, sur lequel se fixent et se développent les bactéries responsables de l'oxydation de la pollution dissoute : DCO dissoute, azote organique et ammoniacal. L'oxygène nécessaire à cette oxydation est pris dans la phase gazeuse du sol. L'épuration exige donc que l'infiltration ait lieu en milieu poreux non saturé et que la phase gazeuse soit périodiquement renouvelée par l'air atmosphérique, à travers la plage d'infiltration.*

***L'ajustement du renouvellement de la phase gazeuse aux besoins en oxygène est une des clés de la technique.***

### Décontamination

*Les microorganismes contenus dans l'eau usée sont éliminés par filtration mécanique, adsorption et dégradation microbienne. L'efficacité de la décontamination, un des intérêts majeurs du procédé, est très liée aux temps de séjour de l'eau dans le massif filtrant.*

***La maîtrise des temps de séjour est essentielle à l'obtention d'une bonne décontamination.***

### Colmatage interne

*Comme dans tous les procédés biologiques, l'oxydation de la matière organique s'accompagne d'un développement bactérien ; c'est la production de boues. Il y a risque de colmatage interne du massif filtrant si cette production n'est pas équilibrée par les processus biologiques régulateurs de la biomasse.*

***Les conditions de cet équilibre limitent les charges polluantes applicables.***

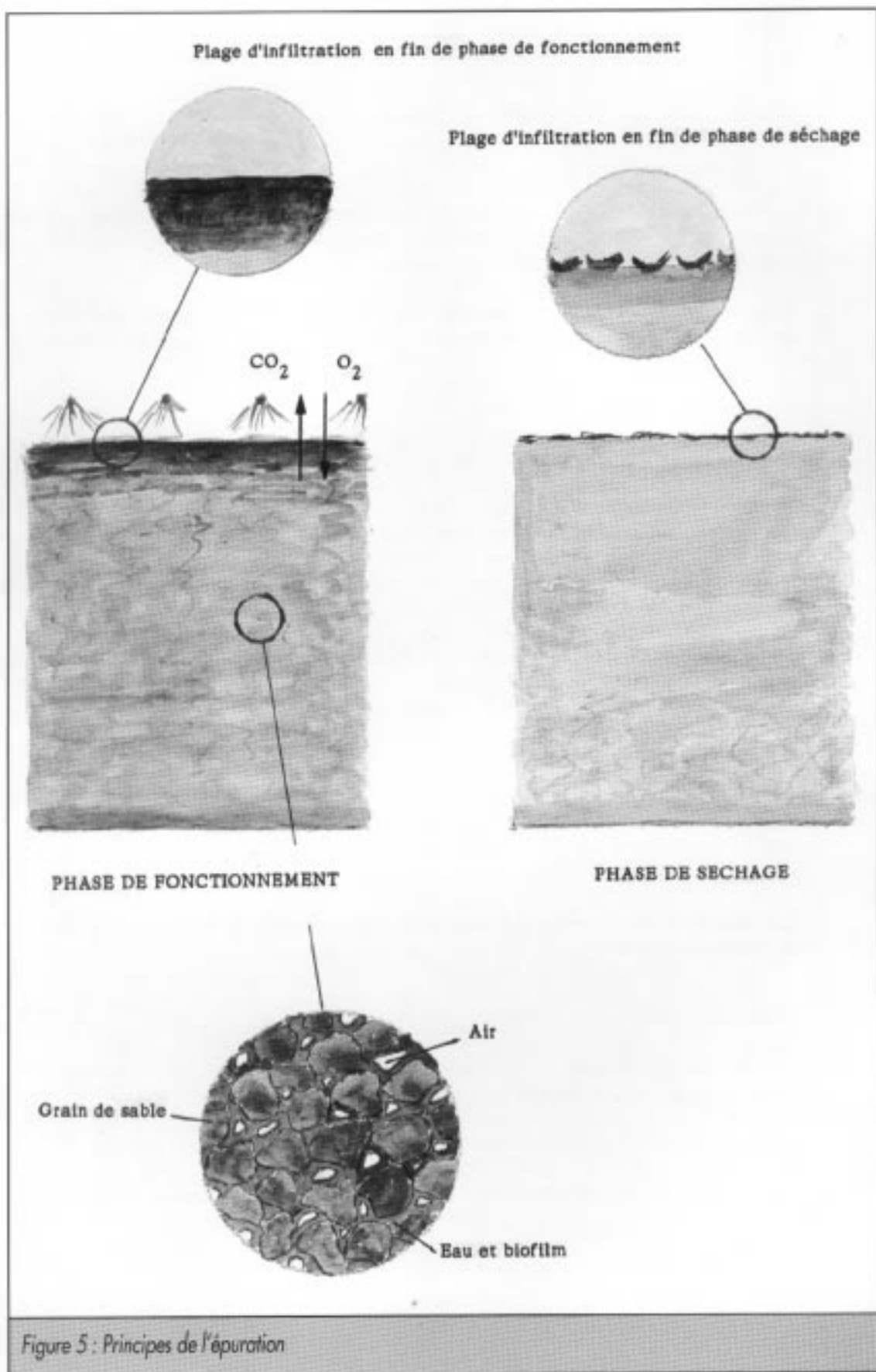


Figure 5 : Principes de l'épuration

## 1.2 BREVE HISTOIRE DE L'INFILTRATION PERCOLATION

On estime que l'infiltration percolation a vu le jour aux Etats-Unis, dans l'immédiat après-guerre (1945). Elle consiste à infiltrer les eaux usées dans des bassins creusés dans le sol **en place**. Elle y est conçue comme un **traitement secondaire** pour de petites collectivités ou comme un **traitement tertiaire** qui accompagne le rejet des effluents d'une station d'épuration dans une nappe phréatique. En 1981, l'Environmental Protection Agency recense plus de 320 installations à travers les Etats-Unis, dont près de la moitié en Californie.

L'infiltration percolation a fait, aux Etats-Unis, l'objet d'importants programmes de recherche, au laboratoire et sur des sites pilotes ou opérationnels. Les travaux effectués à Phoenix (Arizona), sur l'installation pilote de Flushing Meadows dès 1967, puis, à partir de 1975, sur 16 hectares de bassins d'infiltration d'une capacité d'infiltration de 45 000 m<sup>3</sup> par jour, sont des repères essentiels dans l'histoire de cette technique. En 1981, l'E.P.A. publie un guide de l'épuration par infiltration dans le sol.

Le Dan Region Project, en Israël, est considéré comme une des plus grandes opérations d'infiltration percolation au Monde, puisqu'il concerne actuellement un flux annuel de 75 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>, avec un projet d'extension à 135 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>. Les effluents issus d'un traitement par boues activées avec nitrification-dénitrification en option sont appliqués dans 42 hectares de bassins et infiltrés dans des sables dunaires. La hauteur de zone non saturée sous les bassins est comprise entre 30 et 40 m. La nappe ainsi rechargée est exploitée pour les besoins de l'irrigation.

La première installation française, celle de Port Leucate, sert à infiltrer, pendant la saison touristique, les effluents d'une station mi-biologique mi-physico-chimique dans un cordon dunaire. Au cours des dix années suivantes, les installations se sont multipliées : 56 étaient répertoriées en juin 1991 (figure 6).

La majorité de ces installations, à raison de 60 % d'entre elles, correspondent à des **zones sans exutoire**, où les eaux plus ou moins traitées sont rejetées dans le sous-sol par le moyen de l'infiltration percolation (figure 7). De plus en plus nombreuses, avec déjà 20 % du total, sont les installations situées en **zone dunaire littorale** ; elles correspondent au choix de la nappe dunaire comme milieu récepteur et utilisent le sable en place. Quelques stations, vouées à améliorer la qualité des eaux de rivière en période estivale, sont implantées dans des **plaines alluviales** : l'eau infiltrée rejoint la nappe phréatique qui, elle-même, soutient le débit d'étiage de la rivière.

Ainsi, les nappes phréatiques sont le milieu récepteur de la plupart des installations d'infiltration percolation situées sur le territoire national. Il existe toutefois un petit nombre d'**installations** sur fond étanche et **drainées**. Elles traitent des effluents primaires qu'elles rejettent, après filtration, dans un milieu récepteur superficiel (cours d'eau, ...).

Ces installations desservent de petites agglomérations. 80 % d'entre elles reçoivent des flux inférieurs à 4 000 éq. habitants (figure 8). Les plus grandes effectuent un traitement tertiaire à l'aval de stations d'épuration conventionnelles de 10 000 à 50 000 éq. habitants.



Figure 6 : Les installations d'infiltration percolation sur le territoire national en 1991.

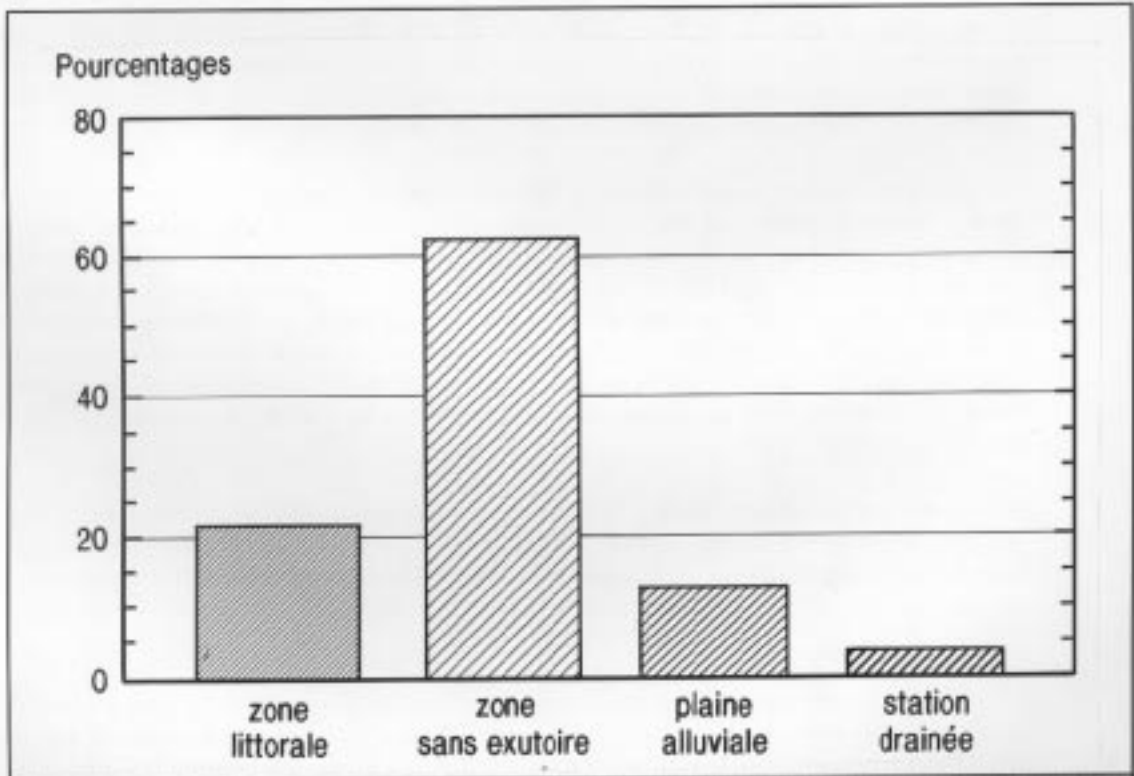


Figure 7 : Répartition des installations en fonction de leur lieu d'implantation (d'après Cherier, 1991).

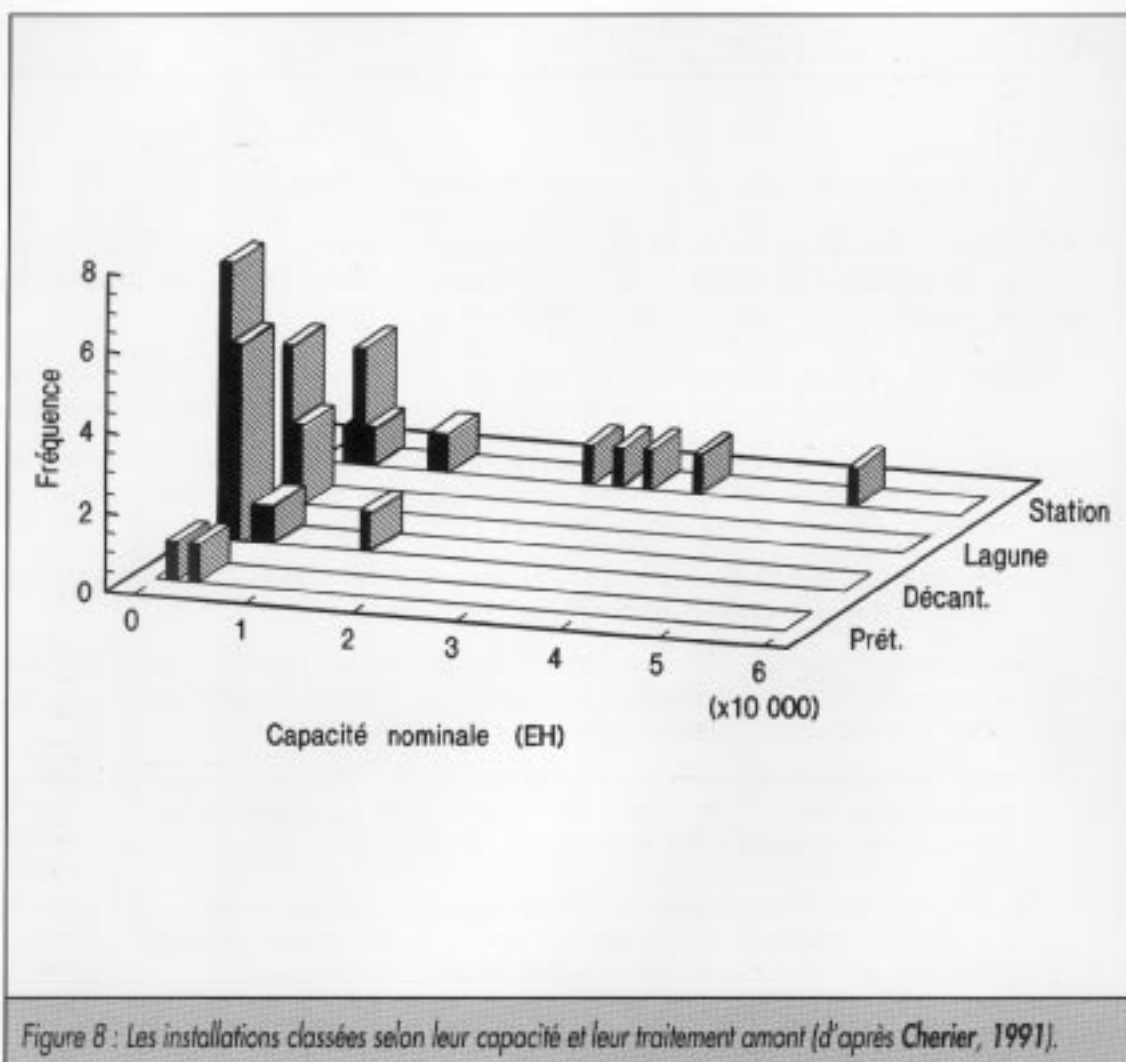


Figure 8 : Les installations classées selon leur capacité et leur traitement amont (d'après Cherier, 1991).

*Le développement de l'infiltration percolation en France est marqué par plusieurs spécificités.*

*Aux Etats-Unis, l'infiltration percolation s'effectue presque toujours dans le **sol en place**, avec recharge de la nappe phréatique. Les français ont cherché à étendre le domaine d'application du procédé, c'est à dire son marché, en le rendant plus indépendant du contexte hydro-pédo-géologique. L'utilisation de **matériaux filtrants rapportés**, les techniques d'imperméabilisation et de drainage, des fonctionnements mieux adaptés permettent d'atteindre cet objectif. Mais ce mouvement a un revers : il risque de renchérir le procédé. D'où l'intérêt porté au dimensionnement des massifs filtrants rapportés ; en effet, le sable constitue l'essentiel du coût des installations de ce type.*

*Cette réflexion sur le dimensionnement a conduit à élaborer les fondements théoriques qui devraient sortir cette technique de l'empirisme et de ses dangers. Outre une approche rationnelle du dimensionnement, cette réflexion se concrétise par une évolution significative des technologies mises en oeuvre.*



### 1.3 DOMAINES D'APPLICATION

*L'infiltration percolation a plusieurs domaines d'application.*

*Son application la plus répandue est le traitement des eaux usées des agglomérations de moins de 2 000 habitants environ. Elle constitue alors le moyen de traitement principal, après décantation.*

*Dans ce créneau, l'infiltration percolation entre en concurrence avec le lagunage, autre technique extensive et rustique. Le choix entre ces deux techniques dépend :*

- du milieu récepteur : le choix de l'infiltration percolation s'impose quand le milieu récepteur est une nappe phréatique, comme c'est souvent le cas dans les régions calcaires et les zones dunaires ;*
- des objectifs de qualité du milieu récepteur (matières organiques, concentrations en azote nitrique et ammoniacal, bactériologie) ;*
- du contexte local : disponibilités foncières, présence et coût des matériaux d'imperméabilisation pour les lagunes, des granulats pour l'infiltration, conditions hydrogéologiques, ou encore considérations paysagères.*
- des contraintes d'entretien : le lagunage fait l'objet d'importants travaux de curage tous les 10 ans, alors que l'infiltration percolation nécessite un entretien plus sommaire mais aussi plus régulier.*

*Une deuxième application très importante est le traitement tertiaire des effluents des stations d'épuration boues activées, physico-chimiques, de tailles moyennes (plusieurs dizaines de milliers d'habitants), de manière à :*

- assurer la protection sanitaire du milieu récepteur, zones de baignade, zones conchylicoles, nappes phréatiques,...*
- réutiliser les eaux usées pour l'irrigation de milieux sensibles, espaces verts, cultures diverses.*

*On retrouve, avec cette deuxième application, la concurrence du lagunage tertiaire et, bientôt sans doute, celle de procédés plus intensifs.*

***L'application de l'infiltration percolation à des effluents autres que domestiques exige des précautions et des études particulières.***

*L'admission, même occasionnelle, d'effluents agro-alimentaires dans une station qui n'a pas été dimensionnée à cet effet n'est pas possible. Elle entraînerait une dégradation de l'épuration, voire une détérioration durable des capacités épuratrices de l'installation.*

*De la même façon, l'admission d'eaux pluviales ou parasites n'est tolérable que dans des limites que l'avant-projet doit préciser. La conception des installations de traitement des effluents de réseaux unitaires appelle des études particulières.*

*Il est vraisemblable que, dans un avenir proche, l'infiltration percolation aura une place dans les procédés de traitement des eaux pluviales.*



## 1.4 OBJECTIFS D'ÉPURATION

En l'état actuel des connaissances, l'infiltration percolation permet d'atteindre les objectifs d'épuration suivants :

\* L'élimination des MES par filtration. Les teneurs en MES dans les eaux épurées n'excèdent pas quelques mg/l.

\* L'oxydation de la matière organique. La DCO résiduelle des percolats est de l'ordre de 50 mg/l.

*La qualité de l'eau épurée est donc de niveau e voire f  
(normes de la circulaire du 4 novembre 1980)*

\* L'oxydation de l'azote. L'azote organique et ammoniacal est presque complètement oxydé. La concentration en azote ammoniacal résiduel est inférieure à 10 mg/l.

*soit un niveau N.K.2.*

Dans un dispositif convenablement approvisionné en oxygène, la quasi-totalité de l'azote oxydé est restitué sous forme d'azote nitrique. Telle que l'infiltration percolation est maintenant appliquée en France, toute dénitrification importante caractérise une gestion de l'oxygène mal maîtrisée. Concomitante à la production simultanée d'azote ammoniacal et d'azote nitrique dans l'eau filtrée, la dénitrification prélude au colmatage du massif filtrant.

\* La décontamination. Toutes les installations d'infiltration percolation n'ont pas la décontamination des eaux usées pour objectif. Pourtant, l'élimination des micro-organismes pathogènes est l'une des propriétés les plus remarquables de ce procédé. Ses **performances** dans ce domaine **sont potentiellement très grandes**. Mais un haut niveau de décontamination exige une conception appropriée des dispositifs d'infiltration, en particulier une parfaite maîtrise des temps de séjour de l'eau dans le massif filtrant. L'expérience montre que, a contrario, les cheminements préférentiels - que les traçages mettent en évidence - ruinent la qualité de la décontamination.

L'usage de milieux poreux siliceux réduit considérablement les capacités de rétention du phosphore. Mais la mise en oeuvre de granulats calcaires ou de matériaux comportant des hydroxydes de fer ou d'aluminium permet de piéger dans le massif filtrant une proportion significative du phosphore contenu dans les eaux usées urbaines, sans toutefois atteindre les niveaux PT1 et PT2, exigés des rejets en milieux sensibles.

L'élimination des métaux lourds et des micropolluants organiques ne figure pas encore dans les objectifs du procédé.

## 1.5 MECANISMES DE L'EPURATION

*L'infiltration percolation utilise le sol, en place ou rapporté, comme filtre et comme réacteur biologique. Cette observation ouvre la porte à l'application des outils théoriques du génie des procédés à l'infiltration percolation. Ces instruments, joints aux lois de l'hydrodynamique des milieux poreux non saturés, permettent d'élaborer une **théorie de l'infiltration percolation**. Dans l'état actuel de la recherche et de l'expérience, cette théorie est encore rudimentaire. En dépit de ses imperfections, elle a le mérite :*

- de proposer une explication rationnelle et cohérente des processus épurateurs,
- de déboucher sur une **méthode de conception et de dimensionnement** des installations opérationnelles.

### 1.5.1 L'oxydation

*Une des clés de l'épuration par infiltration est la satisfaction des besoins en oxygène de l'eau à épurer. Faute d'atteindre cet objectif, la qualité de l'eau filtrée se dégrade, puis l'anaérobiose s'installe dans le filtre et, avec elle, un colmatage interne difficile à résorber.*

#### 1.5.1.1 Les besoins en oxygène

*Les pores du massif filtrant sont assez fins pour intercepter les MES à la surface du sol. La DCO particulaire (DCO totale - DCO dissoute) est arrêtée sur la plage d'infiltration. La pollution à oxyder dans le sol est donc constituée de la matière organique dissoute, caractérisée par la DCO dissoute, et de l'azote organique et ammoniacal, lui-même caractérisé par la concentration en azote Kjeldahl, NK.*

*D'une manière simplifiée, les besoins maxima en oxygène pour minéraliser la matière organique sont exprimés par la DCO dissoute,*

*L'azote est oxydé par voie biologique selon la relation globale suivante :*



*Les besoins en oxygène sont exprimés par la **Demande Totale en Oxygène**, ou DTO, en mg d'oxygène par litre d'influent, somme des besoins de l'oxydation de la matière organique dissoute et de l'azote organique et ammoniacal, soit :*

$$DTO = DCO \text{ dissoute} + 4,57 NK$$

*Ces besoins peuvent théoriquement être réduits si une dénitrification intervient.*

*La DTO d'un effluent de station physico-chimique est de l'ordre de 600 mg/l, alors que celle d'un effluent de station boues activées non nitrifiante est plus proche de 350 mg/l.*

### 1.5.1.2 La capacité d'oxydation

L'oxygène nécessaire à l'épuration est fourni par la phase gazeuse du massif filtrant régulièrement renouvelée par l'air atmosphérique, à travers la plage d'infiltration. Il est donc essentiel que cette plage reste dénoyée pendant la plus grande partie du temps de fonctionnement. Deux mécanismes d'entrée d'air frais atmosphérique dans le massif filtrant contribuent à renouveler l'oxygène : la convection et la diffusion moléculaire dans la phase gazeuse.

Les échanges convectifs sont essentiellement liés aux variations du stock d'eau dans le massif filtrant. Les variations concomitantes des stocks d'air et d'eau sont complémentaires, tant que la continuité de la phase gazeuse est maintenue entre le massif filtrant et l'atmosphère. L'air frais atmosphérique rentre dans le milieu poreux pendant les séquences de drainage.

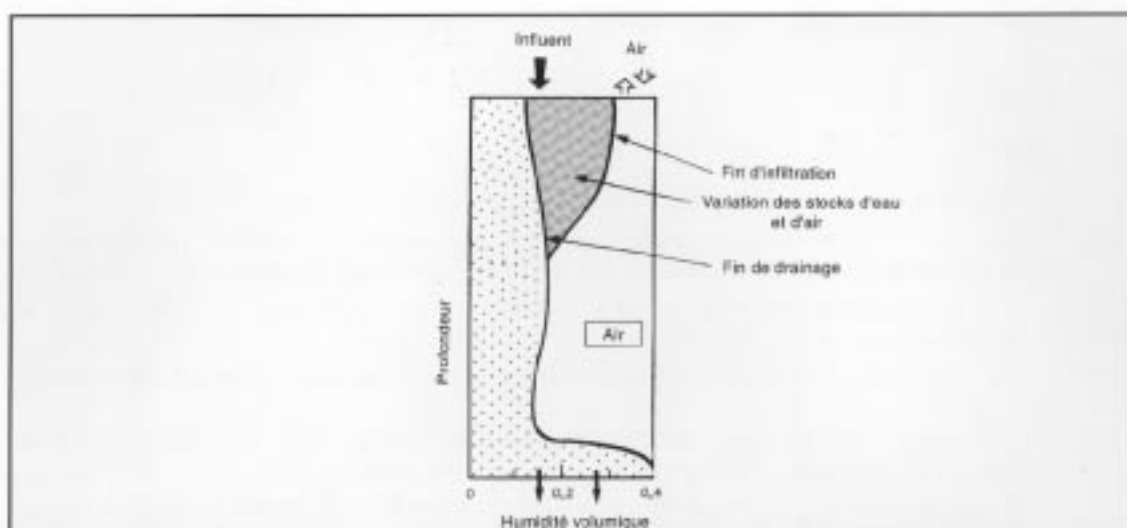


Figure 9 : Profils d'humidité en fin d'infiltration et en fin de drainage - Variations correspondantes des stocks d'eau et d'air.

L'exploitation de la convection consiste à appliquer l'influent sur un massif filtrant selon un processus périodique infiltration - drainage (figure 10).

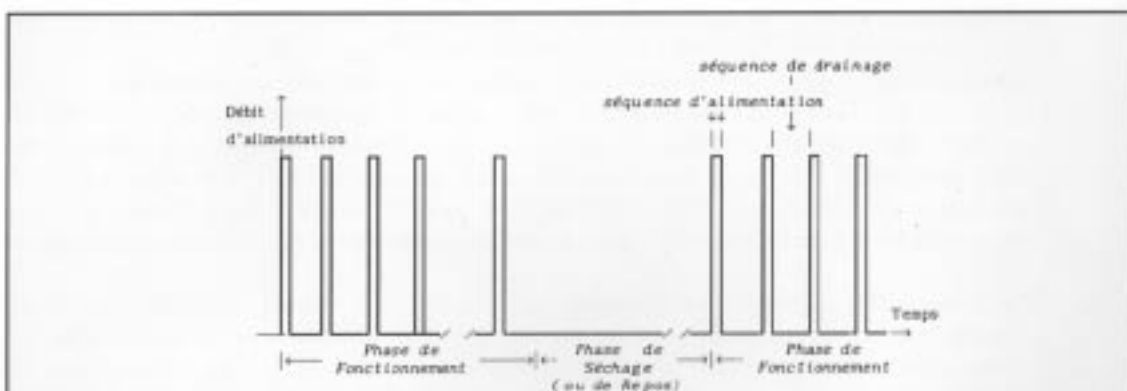


Figure 10 : Diagramme d'alimentation des massifs filtrants

Figure 10 : Diagramme d'alimentation des massifs filtrants

Les stocks d'eau et d'air dans le massif vont eux mêmes connaître des variations périodiques de signes contraires. Supposons que l'infiltration ne gêne pas les échanges entre la phase gazeuse du massif filtrant et l'air atmosphérique - il en est ainsi avec les meilleurs systèmes de répartition qui permettent une infiltration sans formation de lame d'eau sur la plage d'infiltration, ou encore quand les parois ou les limites du massif filtrant sont perméables. Dans ces conditions, pendant les séquences d'infiltration, l'air appauvri en oxygène est expulsé en même temps que le stock d'eau augmente. Durant les séquences de ressuyage, le stock d'eau diminue pendant que l'air frais atmosphérique rentre pour remplacer l'eau drainée. Une sorte de pompe à oxygène est ainsi réalisée, qui constitue l'essentiel de la capacité convective d'oxydation. Il faut ajouter deux contributions convectives secondaires : le remplacement par l'air atmosphérique de l'oxygène consommé par la nitrification et celui du gaz carbonique évacué en solution dans la phase liquide.

La capacité convective d'oxydation,  $\omega_c$ , qui exprime la quantité d'oxygène fournie par la convection, en mg par litre d'eau infiltrée, s'écrit :

$$\omega_c = C_o.(\Delta Sw + \lambda) / h_o \quad [1]$$

avec :

- $C_o$ , la teneur en oxygène de l'air atmosphérique en mg/l,
- $\Delta Sw$ , la variation maximale du stock d'eau au cours d'un cycle (une séquence d'alimentation et la séquence de drainage qui suit) exprimée en mètre d'eau,
- $h_o$ , la hauteur de la lame d'effluent, en m, appliquée pendant une séquence d'alimentation,
- $\lambda$ , un terme correctif correspondant aux contributions secondaires, en m.

L'estimation de la capacité d'oxydation convective exige celle de  $\Delta Sw$  et, donc, une bonne connaissance de l'hydrodynamique de l'infiltration.  $\Delta Sw$  est fonction du sol, de son épaisseur, du programme d'application des influents et du colmatage.  $\omega_c$  est d'autant plus grande que la durée relative des séquences d'infiltration est courte. Le colmatage superficiel ou interne devient une gêne dès qu'il accroît la durée des séquences d'infiltration (figure 11). Les modèles indiquent que  $\omega_c$  n'excède guère 300 mg/l. Les échanges convectifs suffisent presque à assurer l'oxydation d'un effluent secondaire ; ils sont en revanche très insuffisants pour le traitement d'un effluent primaire ou physico-chimique.

**Les échanges par diffusion moléculaire**, à travers la plage d'infiltration, entre la phase gazeuse du sol et l'air atmosphérique, apportent une provision complémentaire en oxygène. Contrairement à la convection, qui est liée à l'hydraulique de l'infiltration, la diffusion contribue à l'approvisionnement en oxygène dès lors que la teneur en oxygène dans la phase gazeuse du milieu poreux est inférieure à la teneur en oxygène de l'air atmosphérique. La contribution de la diffusion moléculaire à la capacité totale d'oxydation croît avec la durée de la séquence de dénoyage (séquence définie sur la figure 11-2). Elle est inversement proportionnelle à la profondeur à laquelle se trouvent les substances à oxyder.

Le temps  $T_D$ , exprimé en heures, nécessaire pour que la diffusion moléculaire complète l'approvisionnement en oxygène à la hauteur des besoins règle, en pratique, la durée des cycles infiltration-drainage et, donc, les charges hydrauliques applicables, du moins quand la DTO des influents est élevée ( $DTO > \omega_c$ ). Par exemple, pour des valeurs de  $h_o$  égales à 5 cm,  $T_D$  doit être supérieur à 5 heures pour achever l'oxydation d'effluents physico-chimiques alors qu'une durée plus proche de l'heure suffit pour des effluents de boues activées.

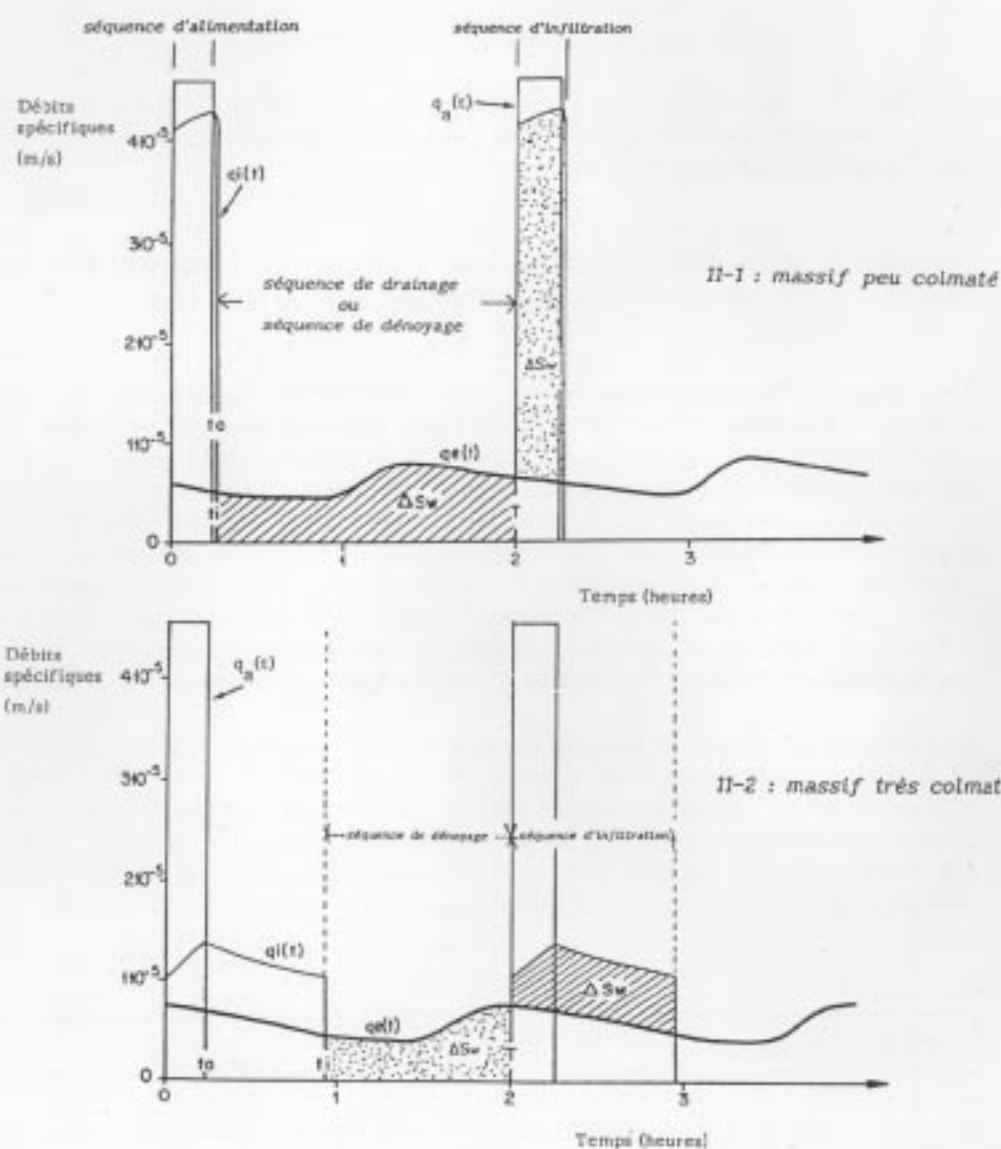


Figure 11 : Variations des débits d'infiltration et variations des stocks d'eau dans le massif filtrant pour deux niveaux de colmatage.

$q_0$  est le débit spécifique d'alimentation et  $q_i$  le débit infiltré, en  $m^3/s$  par  $m^2$  de plage d'infiltration. S'il n'y a pas formation de lame d'eau sur la plage d'infiltration, l'eau apportée s'infiltré instantanément et  $q_i = q_0$ . Au contraire, si  $q_0$  est supérieur à la perméabilité du massif ou si le colmatage superficiel est important, une nappe d'eau se forme au moment de l'alimentation et  $q_i < q_0$ ; la séquence d'infiltration se poursuit au delà de la séquence d'alimentation. La figure 11-1 se réfère à un milieu peu colmaté, la figure 11-2 à un milieu très colmaté.

$q_e$  est le débit spécifique de drainage, en  $m^3/s$  par  $m^2$ . Les variations de stock  $\Delta Sw$ , sont représentées par les aires hachurées ou pointillées.



La capacité d'oxydation diffusive,  $\omega_d$ , peut s'exprimer, en mg d'O<sub>2</sub> par litre d'eau infiltrée, comme suit :

$$\omega_d = C_o \cdot \overline{qO_2} \cdot TD / h_o$$

où  $\overline{qO_2}$  est la moyenne, dans l'intervalle de temps TD (h), du flux volumique diffusif d'oxygène, par unité de surface de plage d'infiltration, en ml/h. C<sub>o</sub> et h<sub>o</sub> ont été définis précédemment.

La **capacité d'oxydation totale**,  $\omega$ , est la somme des capacités convective,  $\omega_c$ , et diffusive,  $\omega_d$ . Le projeteur doit s'assurer que  $\omega > DTO$ .

La capacité d'oxydation décroît quand la charge hydraulique quotidiennement appliquée augmente. Pour des charges hydrauliques faibles, de l'ordre de quelques centimètres par jour, la capacité d'oxydation est très grande, de l'ordre de plusieurs grammes d'oxygène par litre d'influent ; elle est essentiellement diffusive. Ce domaine est celui de l'épandage superficiel et, théoriquement, celui de l'assainissement autonome. En infiltration percolation, la charge hydraulique est de plusieurs dizaines de centimètres par jour et  $\omega$  n'est plus que de quelques centaines de mg d'oxygène par litre. Pour des charges hydrauliques supérieures ou égales à 0,5 m/j, la capacité d'oxydation devient essentiellement convective. Elle tend, **dans les hypothèses les plus favorables**, vers des valeurs maximales de 340 mg/l.

La capacité d'oxydation dépend du mode d'application des influents. Elle croît avec le fractionnement de l'alimentation, soit avec f, le nombre des séquences d'alimentation par jour. Le volume de la **bâchée** appliquée dans une séquence d'alimentation correspond à un compromis entre la capacité d'oxydation et l'homogénéité de la répartition de l'eau usée sur le massif filtrant. Seuls les procédés de répartition par aspersion peuvent échapper à cette règle.

### 1.5.2 Le colmatage

Le colmatage des massifs filtrants est une cause importante de défaillance des installations d'infiltration percolation. Il faut distinguer deux types de colmatage : le **colmatage superficiel**, lié à l'accumulation de dépôts essentiellement organiques sur la plage d'infiltration, et le **colmatage interne** provoqué par un développement mal contrôlé du biofilm, et qui provient des charges excessives en matière organique ou d'un déficit d'oxygène. Les deux types de colmatage ont le même résultat : une réduction de la perméabilité - respectivement à la surface et dans la couche supérieure du filtre - qui entraîne une réduction simultanée des capacités d'infiltration et d'oxygénation, la dégradation de l'épuration, la mise en anaérobie du massif filtrant et un colmatage rapidement aggravé. Le colmatage constitue un risque de dysfonctionnement qui doit être convenablement apprécié au moment de la conception et du dimensionnement des massifs filtrants. Le colmatage constitue la contrainte majeure de la gestion et de l'entretien des dispositifs d'infiltration percolation.

**Pour limiter les risques de colmatage superficiel, l'infiltration percolation ne traite que des eaux ayant subi au minimum une décantation préalable.**



*Le seul moyen véritablement efficace de résorber le colmatage superficiel est le séchage de la plage d'infiltration. La prévention du colmatage superficiel passe par l'interruption périodique du fonctionnement du massif filtrant, pendant les quelques jours nécessaires à la minéralisation des matières organiques accumulées. La durée de séchage dépend des conditions climatiques. Il est facile de résorber le colmatage superficiel sous des climats ensoleillés, secs et ventés ; mais c'est beaucoup plus difficile dans des régions humides et froides. L'alternance des phases de fonctionnement et des phases de séchage (figure 10) conduit à découper la plage d'infiltration en unités élémentaires, ou en bassins, et à prévoir un plan de rotation des portions de plage d'infiltration en fonctionnement. Dans les cas, extrêmes, où l'alternance ne suffit pas, il peut être nécessaire de travailler la plage d'infiltration.*

*La gestion du colmatage interne recourt aux mêmes méthodes. Dans ce cas, l'interruption de l'alimentation vise moins à sécher l'intérieur du filtre - ce qui serait extrêmement long - qu'à interrompre le flux de substrat organique et, donc, le développement des bactéries hétérotrophes. Dans la pratique, la durée des phases de séchage est ajustée de façon à assurer une gestion convenable du colmatage considéré globalement, sans distinguer entre colmatage de surface et colmatage interne.*



*Installation de Créances (50) - Plage d'infiltration en cours de séchage après un colmatage superficiel très important. On distingue la transformation des dépôts organiques en une croûte qui se craquelle et qui sera facilement rôtissée par le personnel d'entretien.*

### 1.5.3 La décontamination

C'est, dans la pratique, l'objectif de décontamination qui fixe l'épaisseur des massifs filtrants.

Les micro-organismes à éliminer (arthropodes, oeufs d'helminthes, kystes de protozoaires, bactéries et virus) ont des propriétés et des tailles très diverses. Les influences respectives des différents processus de filtration physique (blocage, interception, sédimentation et diffusion brownienne) et de l'adsorption sur l'élimination de ces différentes catégories de micro-organismes sont évaluées qualitativement sur le tableau 1. Ce tableau montre aussi que l'efficacité globale de l'infiltration percolation varie beaucoup avec la catégorie de micro-organismes pathogènes à éliminer. On observe aussi des différences sensibles au sein d'une même catégorie. Pourtant, dans la pratique, on ne se réfère qu'à l'élimination des germes témoins de contamination fécale et, plus particulièrement, à celle des coliformes fécaux. Cette référence n'est pas complètement satisfaisante, mais elle constitue un moyen d'appréciation facilement accessible aux ingénieurs, aux gestionnaires et aux organismes de contrôle.

	ARTHROPODES	OEUF D'HELMINTHES	KYSTES DE PROTOZOIRE	BACTERIES	VIRUS
EXEMPLES	Cyclops 1 à 3 mm	Bilharzies 160 µ Ascaris 50 µ Osties 50 µ Trématodes 30 µ	Giardia 10 µ Amibes pathogènes 10-15 µ	Colibacille : 2-4 µ longueur 0.6 µ diamètre Staphylocoque 1 µ	Polio 0.027 µ Hépatite 0.027-0.042 µ
TAILLE	> 1 mm	< 160 µ > 30 µ	< 15 µ > 8 µ	< 4 µ > 0.6 µ	< 0.05 µ
FILTRATION TOTALE PAR BLOCAGE	OUI	OUI	Sur sable fin	NON	NON
INTERCEPTION	-	-	OUI	NON	NON
SEDIMENTATION	-	-	OUI	OUI	NON
DIFFUSION BROWNIENNE	-	-	-	OUI	OUI
ADSORPTION	-	-	NON	Faible	OUI
EFFET GLOBAL FILTRATION	Arrêt sur quelques cm	Arrêt sur quelques cm	Filtration totale sur sable fin	Variable suivant intensité fixation	Variable suivant intensité adsorption

Tableau 1 : Efficacité de la filtration des organismes pathogènes (d'après Schmitt, 1989).

Chaque catégorie de processus d'élimination a fait l'objet d'études théoriques et expérimentales. Mais le nombre et la complexité des mécanismes en jeu sont tels qu'une approche déterministe de la décontamination par infiltration restera longtemps encore hors de portée. Le seul moyen de prédire la capacité de décontamination d'une épuration par infiltration consiste à capitaliser l'expérience acquise. C'est ce qu'à fait Schmitt, 1989, pour les germes témoins de contamination fécale.

L'exploitation statistique des données relatives à des installations situées dans plusieurs pays (Etats Unis, France, Egypte, Maroc,...) montre que, parmi les paramètres calculables et mesurés, la décontamination dépend :

- du temps de séjour moyen de l'eau dans le massif filtrant,  $t_m$ ,
- de l'efficacité de l'oxydation (caractérisée par les valeurs de la DCO et de NK mesurées après la traversée du massif filtrant),
- du fractionnement des apports (du nombre de séquences d'alimentation par jour,  $f$ ),
- de l'homogénéité de la répartition des influents sur le massif filtrant.

Les modèles empiriques qui emploient ces variables peuvent être utilisés en **prédiction**, pour des dimensionnements, mais avec beaucoup de prudence. Si une installation est conçue et gérée de manière à garantir une bonne oxydation et une bonne organisation des apports (valeur de  $f$  élevée, homogénéité de la répartition), ces modèles permettent d'établir une correspondance entre l'efficacité de la décontamination et le temps de séjour moyen dans le massif filtrant. Ce temps de séjour moyen  $t_m$ , exprimé en jours, est le rapport entre la charge hydraulique quotidienne appliquée,  $f.h_0$ , en  $m^3/j$ , et le stock d'eau dans le massif filtrant exprimé en  $m^3/m^2$ . Ce stock est égal à  $\theta.Z$ , avec  $\theta$ , l'humidité moyenne du massif filtrant et  $Z$ , son épaisseur.

Pour les influents de DTO élevée, et au moins supérieure à 250 mg/l, la charge hydraulique quotidienne, et la superficie correspondante du massif filtrant, sont, en pratique, fixées par les nécessités de l'oxydation. Et c'est l'objectif de décontamination qui détermine l'épaisseur du massif filtrant. Pour des influents peu chargés, de  $DTO < 250$  mg/l, c'est moins l'oxydation qui limite les charges hydrauliques applicables que les temps de séjour nécessaires à la décontamination. Pour un objectif de décontamination donné, la charge hydraulique applicable est approximativement proportionnelle à l'épaisseur du massif filtrant.

L'humidité moyenne,  $\theta$ , est liée à la granulométrie du milieu poreux. Plus celui-ci est grossier, plus  $\theta$  et  $t_m$  sont faibles et moins bonne est la décontamination.

On observe aussi, dans la pratique, que la qualité de la décontamination est sensible à la régularité du fonctionnement de l'infiltration percolation (**Ruoms-07**).

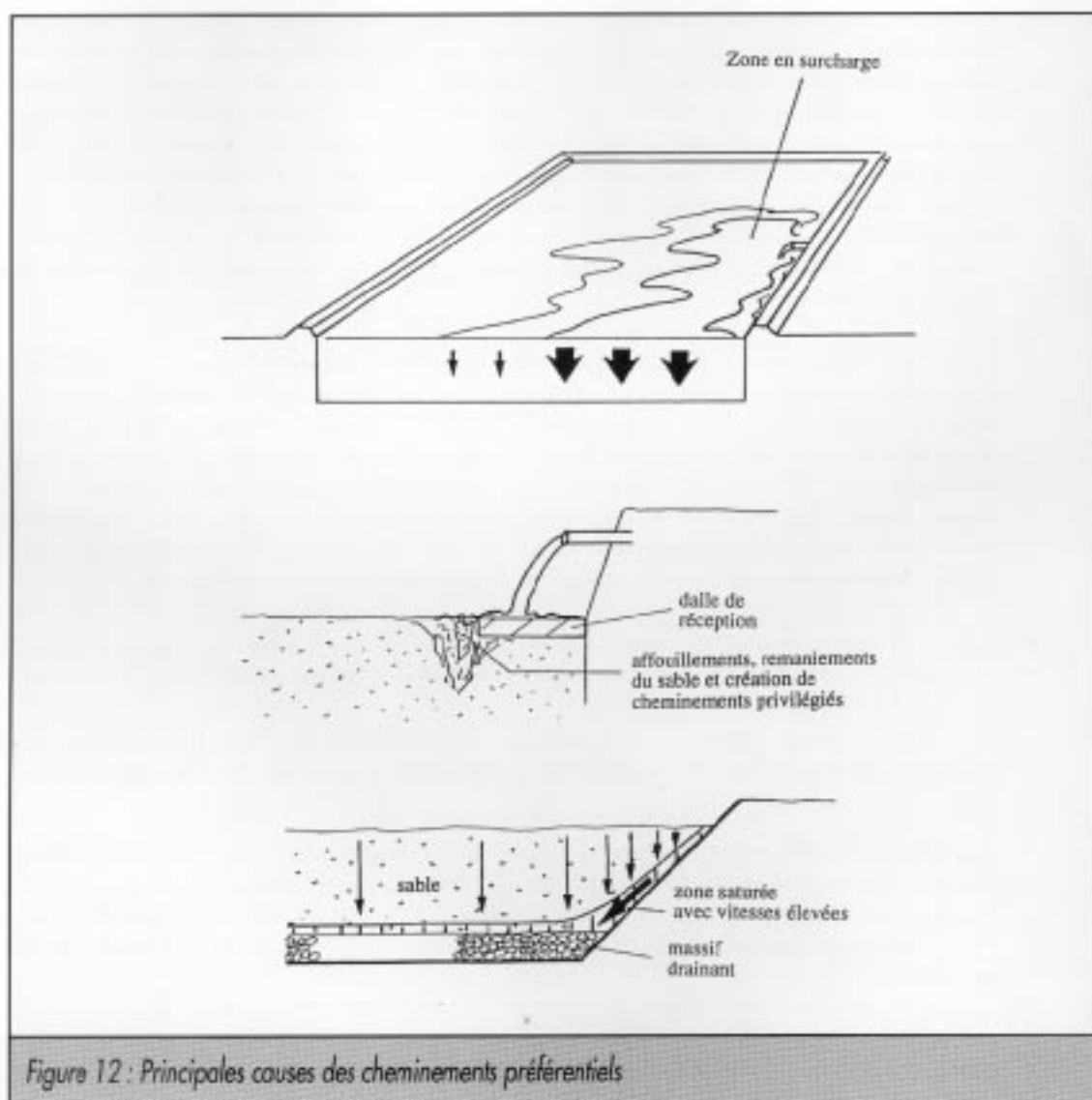
Au delà de ces considérations, qui ne constituent que l'exploitation d'une compilation statistique de résultats antérieurs, des données récentes, en nombre significatif, témoignent de performances décevantes. Ces dernières attirent l'attention sur un point essentiel de l'infiltration percolation : la **maîtrise des temps de séjour**.

On note une forte présomption de corrélation entre les décontaminations décevantes et les cheminements préférentiels mis en évidence par traçage

(St Symphorien de Lay-42, par exemple). Ceux-ci peuvent avoir plusieurs causes :

- une mauvaise répartition de l'influent sur la plage d'infiltration. Les zones surchargées donnent lieu à des vitesses de percolation plus fortes que les vitesses nominales. Une mauvaise répartition a aussi des répercussions sur la qualité de l'épuration physico-chimique,
- les perturbations liées au système d'alimentation : affouillements au pieds des surfaces de réception ou des déversoirs, impacts de jets, ...
- la géométrie des massifs filtrants : les hauteurs de percolation à travers les portions de massif situées à l'aplomb de parois inclinées sont inférieures à la hauteur nominale du dispositif (figure 12). Les temps de séjour sont diminués d'autant. La décontamination en est d'autant plus affectée que les bassins élémentaires sont de petites tailles.

Des décontaminations élevées sont possibles à condition que la géométrie des massifs filtrants et que le mode d'alimentation des unités d'infiltration permettent une parfaite maîtrise des temps de séjour de l'eau dans le filtre.



## 1.6 BIBLIOGRAPHIE

- Adamski M. & J. Lesavre, 1988.** *Les bassins d'infiltration - Recensement des sites et des techniques employées.* Rapport Agence Financière de Bassin Seine Normandie.
- Azov, Y., M. Juanico, G. Shelef, A. Kanarek & M. Priel, 1991.** *Monitoring the quality of secondary effluents reused for unrestricted irrigation after underground storage.* *Wat. Sci. Tech.* 24(9):267-275.
- Bouwer H & R.L. Chaney, 1974.** *Land treatment of wastewater.* *Advances in Agronomy* 27:133-176.
- Brissaud, F., M. Restrepo-Bardon, M. Soulié & C. Joseph, 1991.** *Infiltration percolation for reclaiming stabilization pond effluents.* *Wat. Sci. Tech.* 24(9):185-193.
- Burgeap, 1991a.** *Assainissement du Grand Agadir - Epuration des eaux usées par infiltration percolation - Station prototype de Ben Sergao.*
- Burgeap, 1991b.** *Epuration par infiltration percolation : aspects réglementaires liés au rejet dans le milieu souterrain.* Etude Inter-Agences.
- Carré, J. & J. Dufils, 1991.** *Wastewater treatment by infiltration basins : usefulness and limits - sewage plant in Créances (France).* *Wat. Sci. Tech.* 24(9):287-294.
- Cherier, G., 1991.** *Infiltration percolation des eaux résiduaires. Critères de dimensionnement et règles de gestion.* Th. Doc. Paris 6.
- EPA (United States Environmental Protection Agency), 1981.** *Process design manual for land treatment of municipal wastewater.* EPA Doc. 625/1-81-013.
- Lefevre, F., 1988.** *Epuration des eaux usées urbaines par infiltration percolation. Etude expérimentale et définition de procédé.* Th. Doc. Montpellier 2.
- Ringuelet R. & V. Riou, 1983.** *Une première en France : l'épuration des eaux usées domestiques par infiltration dans les dunes.* *Le Moniteur* du 14/01/83.
- Schmitt, A., 1989.** *Modélisation de l'épuration par infiltration.* Th. Doc. Montpellier 2.



# TECHNOLOGIE ET MISE EN ŒUVRE

## 2.1 SCHEMAS TYPES D'INSTALLATIONS

### 2.1.1 L'infiltration percolation, traitement principal (agglomérations < 2000 habitants)

Une station, dans laquelle l'infiltration percolation constitue le moyen principal de traitement des eaux usées, comporte les organes suivants :

- un déversoir d'orage,
- un prétraitement,
- une décantation,
- un stockage,
- un système de répartition entre les bassins,
- un dispositif d'alimentation des bassins ou des unités d'infiltration,
- le massif filtrant,
- la restitution à la nappe ou le drainage et le rejet.

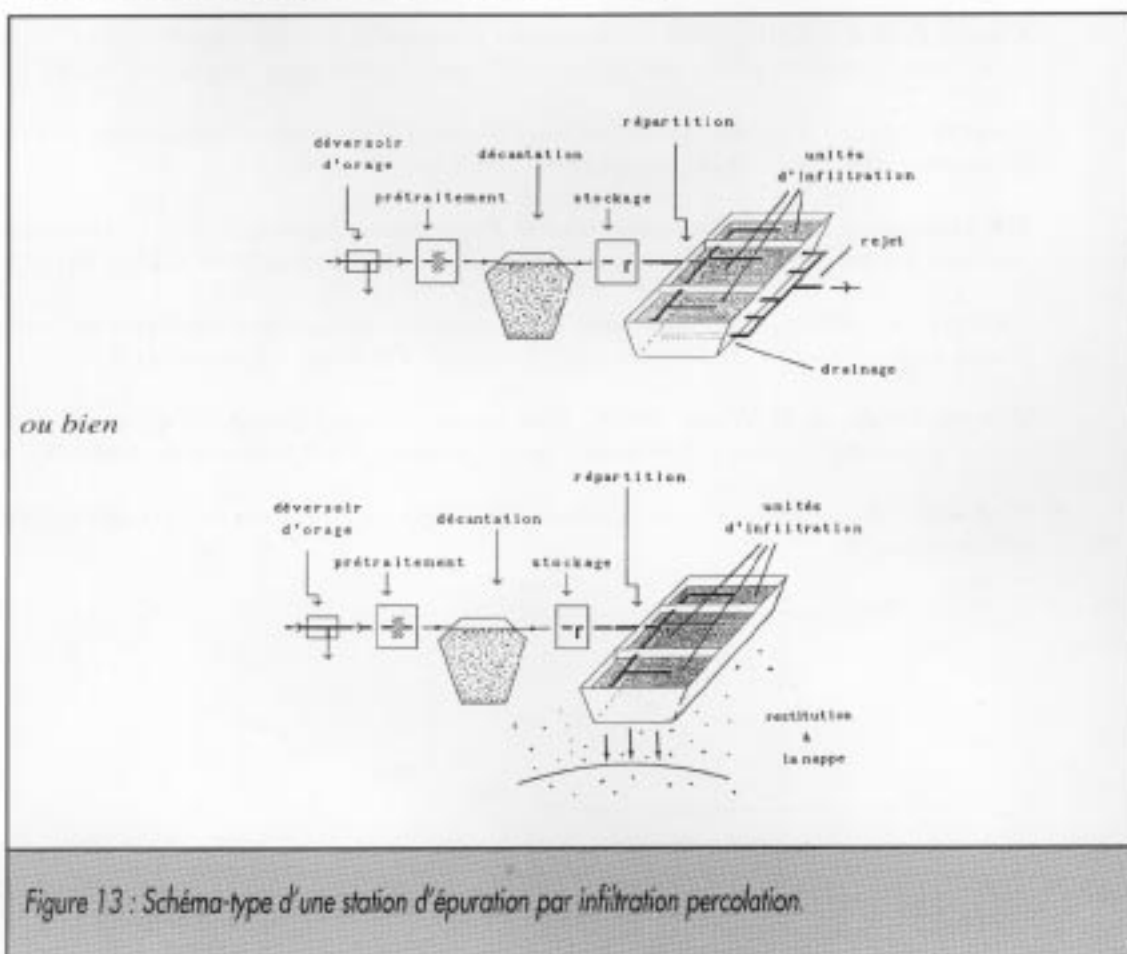


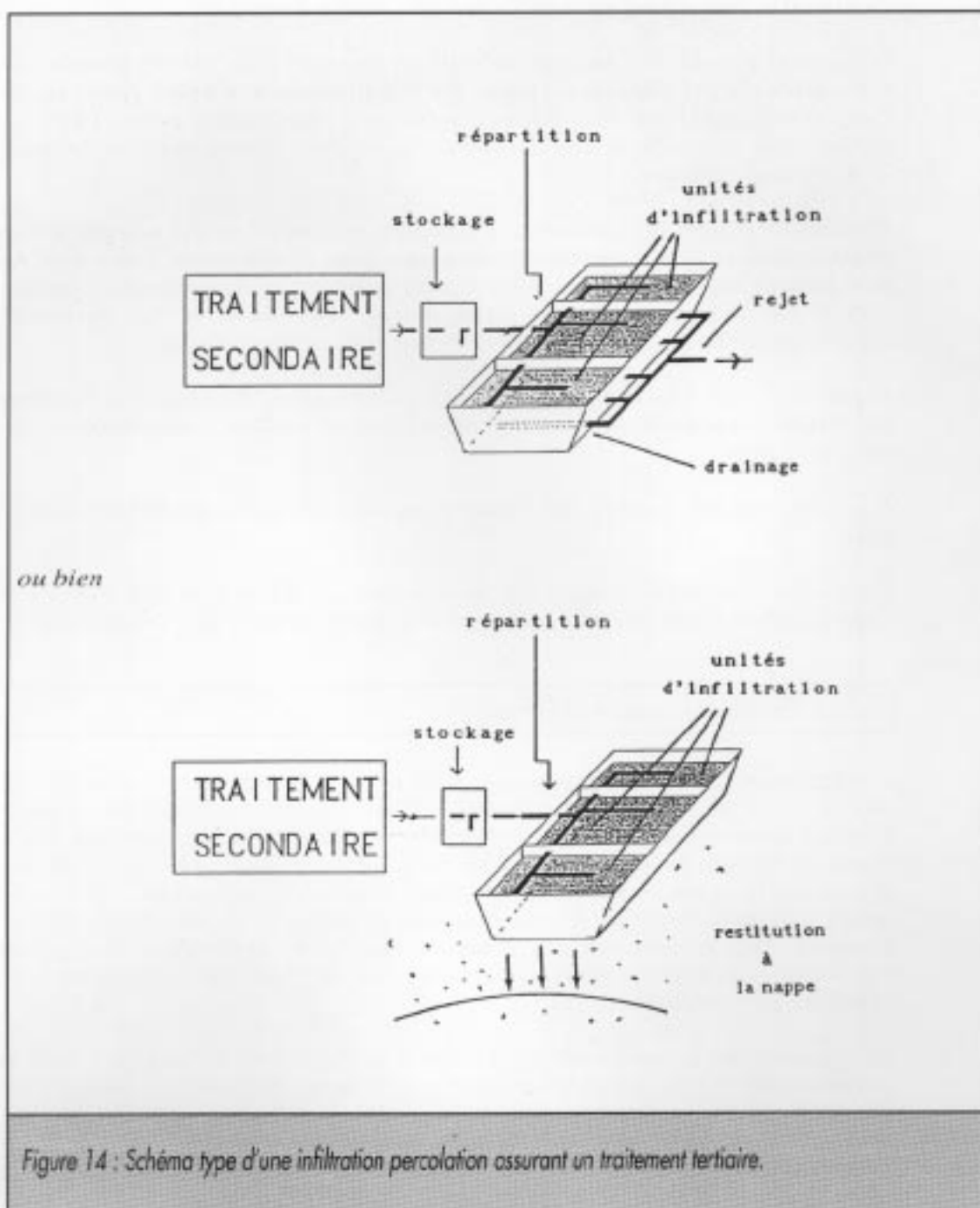
Figure 13 : Schéma-type d'une station d'épuration par infiltration percolation.



### 2.1.2 L'infiltration percolation, traitement tertiaire

A la suite du traitement secondaire, une installation d'infiltration percolation assurant un traitement tertiaire est constituée comme suit :

- un stockage,
- un système de répartition,
- un dispositif d'alimentation des bassins ou des unités d'infiltration,
- le massif filtrant,
- la restitution à la nappe ou le drainage et le rejet.



## 2.2 ETUDES PREALABLES

Chaque fois que le milieu de rejet est le milieu souterrain, ce qui est le cas de la majorité des installations existantes, ou que le massif filtrant est le sol en place, les études préalables revêtent une importance toute particulière.

Compte tenu de leur coût, elles ne doivent être engagées qu'après avoir choisi le site de l'implantation du dispositif d'infiltration percolation. Le choix de ce site est fait dans le cadre du schéma d'assainissement, en s'appuyant sur les données géologiques et hydrogéologiques existantes et, éventuellement, sur des reconnaissances sommaires effectuées à la pelle mécanique.

Les études préalables doivent vérifier, en premier lieu, que le terrain sur lequel l'installation est prévue est **apte à l'infiltration des eaux épurées**. En effet, l'expérience a montré que, dans certains cas, l'infiltration pouvait être fortement limitée pour des raisons non décelables avant les reconnaissances du site (couche d'aliôs, dalle calcaire,...).

Il convient ensuite d'examiner si l'aquifère récepteur est en mesure d'évacuer le débit infiltré et si la remontée de la nappe sous l'infiltration laisse une épaisseur non saturée suffisante, 2 à 3 mètres, pour garantir les objectifs du traitement. Si tel n'était pas le cas, le recours au drainage (Aubenas) ou l'extension de l'aire d'infiltration (Lacanau) peuvent permettre néanmoins d'aboutir.

Le dernier objet important des études préalables est l'évaluation de l'**impact de la pollution résiduelle des eaux traitées sur le milieu souterrain** ou le milieu récepteur final.

L'organigramme ci-après représente l'organisation courante des études préalables (figure 15).

Le coût d'une étude préalable peut varier de 15 000 à 300 000 F, selon la complexité du contexte pédo-hydro-géologique et la taille de l'installation.

### 2.2.1 Contrôle de la capacité d'infiltration

Les sondages à la pelle mécanique sont un excellent moyen d'identifier la nature des terrains sur les 3 ou 4 premiers mètres. Ils sont peu onéreux et doivent être réalisés systématiquement. Ils permettent de déterminer la structure des couches superficielles, le degré et la nature de leur hétérogénéité, la présence d'intercalations imperméables (aliôs, dalles calcaires,...), et, dans les zones calcaire, l'état de fracturation de la roche et le degré de colmatage des fissures. Le cas échéant, des échantillons seront prélevés afin d'effectuer, en laboratoire, des granulométries et des tests sur l'aptitude des matériaux à leur réemploi en remblais.

Ces sondages permettent d'effectuer, à différentes hauteurs, des tests de perméabilité in situ, selon la méthode d'infiltration en tranchée (pratiquée pour les études d'assainissement autonome, figure 16) ou celle du double anneau.

La perméabilité des matériaux sableux peut être approchée à partir de leur granulométrie (Hazen, Mualem).

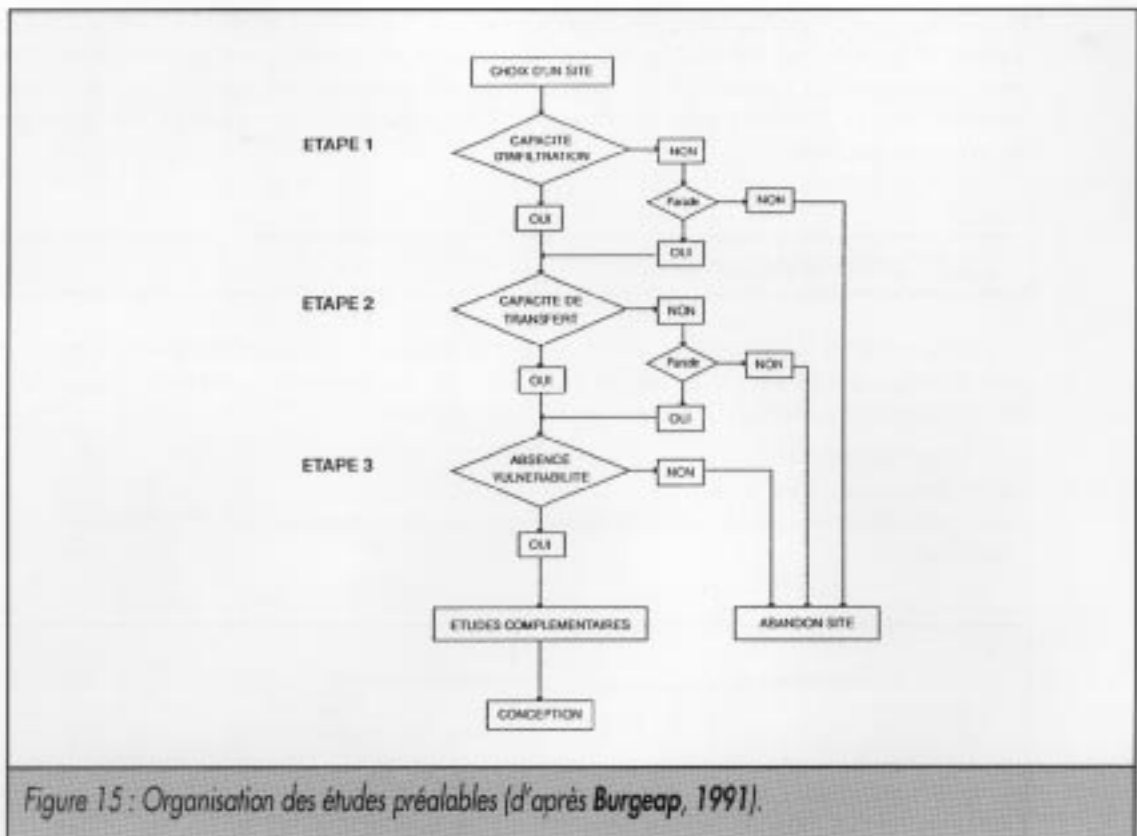


Figure 15 : Organisation des études préalables (d'après Burgeap, 1991).

Quand les sondages à la pelle sont impraticables (terrains bouillants), on a recours aux *sondages mécaniques*. Dans les zones dunaires et alluviales, ces sondages sont effectués à la soupape dans un tubage métallique provisoire. L'observation détaillée des matériaux extraits par passes de 0,5 m à 1 m permet d'identifier les variations éventuelles de faciès, la présence d'intercalations d'argile ou de tourbe. ...Si nécessaire, des diagraphies sont effectuées.

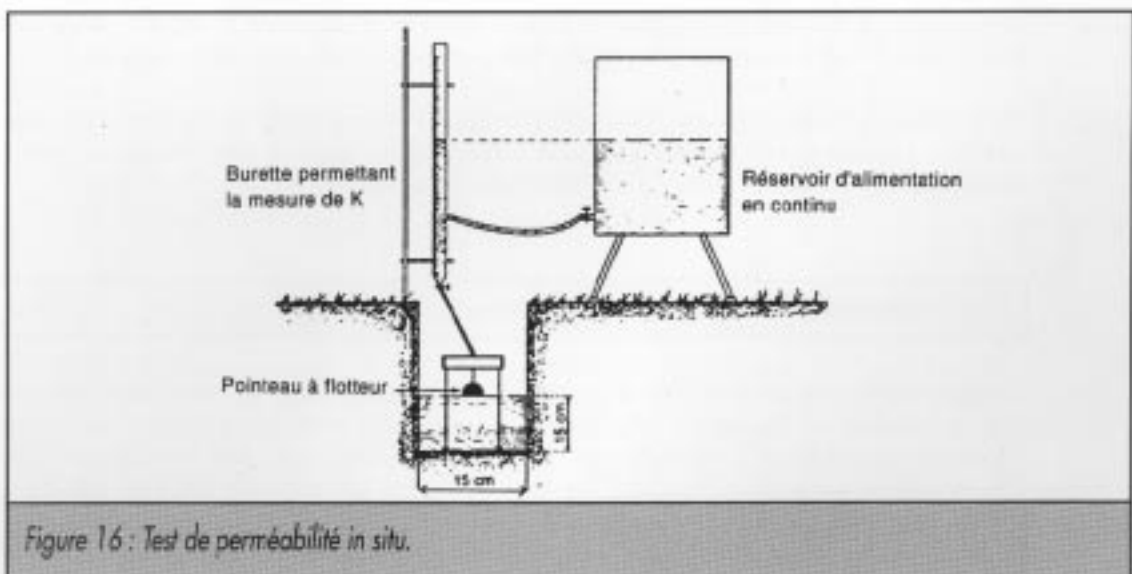


Figure 16 : Test de perméabilité in situ.

Dans les zones calcaires, la réalisation de sondages mécaniques est nécessaire quand la nappe est à faible profondeur, quand on soupçonne la présence de niveaux peu perméables (passées de marnes et de marno-calcaires), ou un colmatage important des fissures par de l'argile. Les forages sont réalisés au marteau-fond-de-trou ou au rotary.

### 2.2.2 Contrôle de la capacité de transfert

L'évaluation de la capacité de la nappe à transférer les débits qui lui sont apportés par l'infiltration et celle de la hauteur de la zone non saturée sous les plages d'infiltration (figure 17) nécessite la détermination :

- de la piézométrie,
- de l'épaisseur de l'aquifère,
- des paramètres hydrodynamiques (transmissivité et coefficient d'emmagasinement).

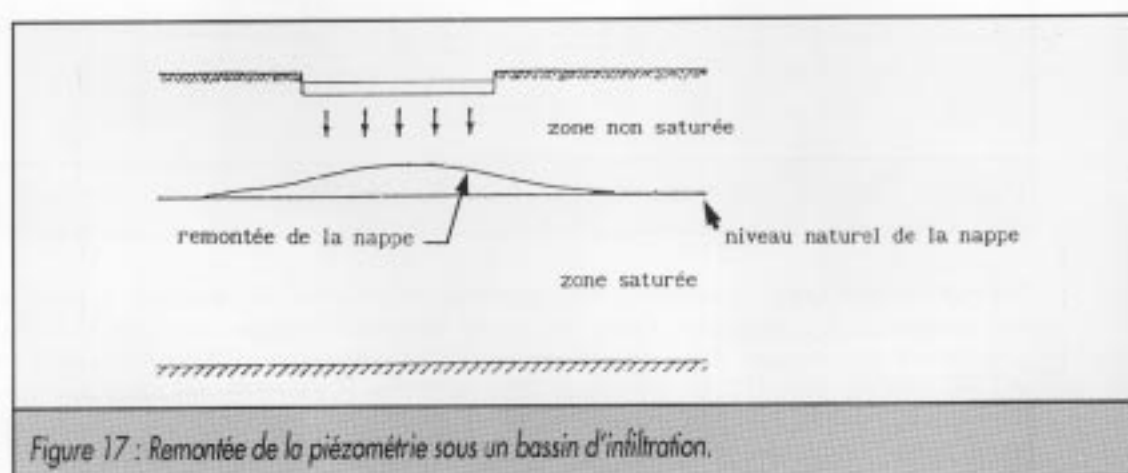


Figure 17 : Remontée de la piézométrie sous un bassin d'infiltration.

La piézométrie résulte de la mesure du niveau de l'eau dans un réseau de piézomètres. Les paramètres hydrodynamiques sont déterminés par des essais par pompage. Enfin, l'épaisseur de la nappe est donnée soit par des sondages mécaniques suffisamment profonds, soit par des méthodes géophysiques.

Des solutions analytiques (Glover, Hantush) permettent, pour des cas simples, de calculer la remontée de la surface libre. Le recours à des modèles numériques, maintenant très accessibles, peut être nécessaire.

### 2.2.3 Contrôle de l'impact sur la nappe phréatique

L'importance qu'il convient d'attacher au contrôle de l'impact du rejet souterrain sur la qualité de la nappe phréatique dépend des usages existants ou potentiels de l'eau de la nappe. Ceux-ci doivent être inventoriés, avec leurs exigences de qualité d'eau respectives.

L'impact du rejet est évalué en fonction de la nature de l'usage et des autres

*alimentations de la nappe. Les exemples extrêmes pourraient être les suivants :*

- *d'une part, une nappe déjà très contaminée en nitrates par le lessivage des sols agricoles et utilisée seulement pour l'irrigation,*
- *d'autre part, une nappe d'eau de bonne qualité exploitée ou susceptible de l'être pour l'alimentation en eau potable.*

*Dans le premier cas, une étude d'impact très sommaire suffit. Dans le deuxième, il faut d'abord montrer qu'il n'y a pas de meilleure solution que le rejet à la nappe - ou bien que l'aménagement proposé améliore substantiellement l'état antérieur -, puis démontrer que l'altération de la qualité chimique et bactériologique des eaux de l'aquifère par les rejets n'interférera pas avec l'eau prélevée pour l'adduction d'eau potable. La méthode généralement employée consiste à vérifier, à l'aide d'un modèle numérique, que l'aire d'influence du rejet ne recoupe pas la zone d'alimentation du captage. Un modèle restituant les cartes des lignes de courant peut suffire. On peut préférer un modèle hydro-dispersif qui simule le panache correspondant aux rejets, en assimilant les eaux usées à un traceur parfait.*

*Les modèles utilisent transmissivités et coefficients d'emménagement (§ 2.2.2) et une bonne connaissance de la piézométrie de la nappe. Le modèle hydro-dispersif nécessite une estimation des coefficients de dispersion. La meilleure solution consiste alors, quand c'est possible (c'est le cas quand la nappe fait déjà office de milieu récepteur), à caler ces coefficients sur l'observation de la propagation des chlorures contenus dans les rejets.*

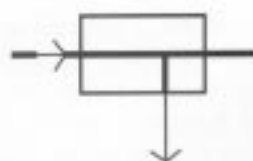
*Le modèle permettra de choisir l'emplacement des piézomètres de surveillance.*

*Le contenu des études préalables est exposé de manière plus détaillée dans le document suivant, élaboré par BURGEAP, dans le cadre des études Inter-Agences :*

***Synthèse concernant les études préalables à l'implantation des dispositifs d'épuration par infiltration percolation avec évacuation dans le milieu souterrain (juin 1991).***

## 2.3 LES ELEMENTS DE LA FILIERE

### 2.3.1 Le déversoir d'orage



*Le déversoir d'orage sert à prévenir les dysfonctionnements (colmatages) et les dégâts (submersions, ravinements) que pourraient créer les eaux pluviales, dans le cas des réseaux unitaires, et les débits parasites des réseaux séparatifs en mauvais état ou mal réalisés.*

*La création d'un déversoir d'orage suppose que l'on ait envisagé et convenablement réglé les problèmes posés par ce rejet sur l'environnement.*

*Le déversoir d'orage n'est pas nécessaire quand le réseau est séparatif et les débits parasites faibles (< 20 % du débit d'eau usée). Il n'est pas installé non plus quand le schéma d'assainissement comporte le traitement de toute l'eau collectée par un réseau unitaire.*

### 2.3.2 Le prétraitement



*Un dégrillage grossier suffit, avec une distance entre barreaux de l'ordre de 5 cm. La plupart des stations en service n'en disposent pas.*



Dégrillage à Bailloué Sire Berthoult (62)



### 2.3.3 La décantation



La décantation est destinée à réduire la teneur en MES des eaux usées de 50 à 70 % et à retenir une partie des graisses ; il s'agit de prévenir le colmatage des plages d'infiltration et de réduire la charge polluante admise dans les massifs filtrants. Le choix d'un prétraitement prend en compte le devenir des refus et les contraintes d'entretien. Deux procédés principaux sont utilisés : le décanteur-digester et la lagune de décantation. Le tamisage n'est pas un système approprié.

Le **décanteur-digester** est plus courant en France (**Montpeyroux-34, Souillac-46**). Il a un volume d'au moins  $0,165 \text{ m}^3$  par habitant. Il doit faire l'objet d'un entretien régulier (enlèvement des flottants, tous les 15 jours et vidange des boues entre 2 et 3 fois par an puis séchage sur lits éventuellement). La fosse septique collective s'apparente au même principe.



Lits de séchage des boues du décanteur-digester de Montpeyroux (34)

Les **lagunes de décantation anaérobies**, pourtant très répandues à l'étranger, commencent tout juste à être utilisées en France (**St Symphorien de Lay-42, Fontette-10**). Profondes de plus de 1,5 m, (2,5 à 3,5 m en moyenne), leur volume est d'au moins  $0,5 \text{ m}^3$  par habitant. Elles sont étanches et équipées de cloisons siphonides. Elles comportent une sur-profondeur en tête. Les boues qui s'y accumulent sont vidangées tous les 6 mois à tous les ans. Les procédés de vidange ne font pas l'objet d'une doctrine bien établie. Selon les moyens mis en oeuvre, les boues sont extraites sans ou après assèchement. Si l'installation d'épuration a un fonctionnement pérenne et si les boues sont extraites après assèchement des bassins, il faut construire deux lagunes en parallèle.

Dans tous les cas, les possibilités d'utiliser les boues en agriculture doivent être activement recherchées.

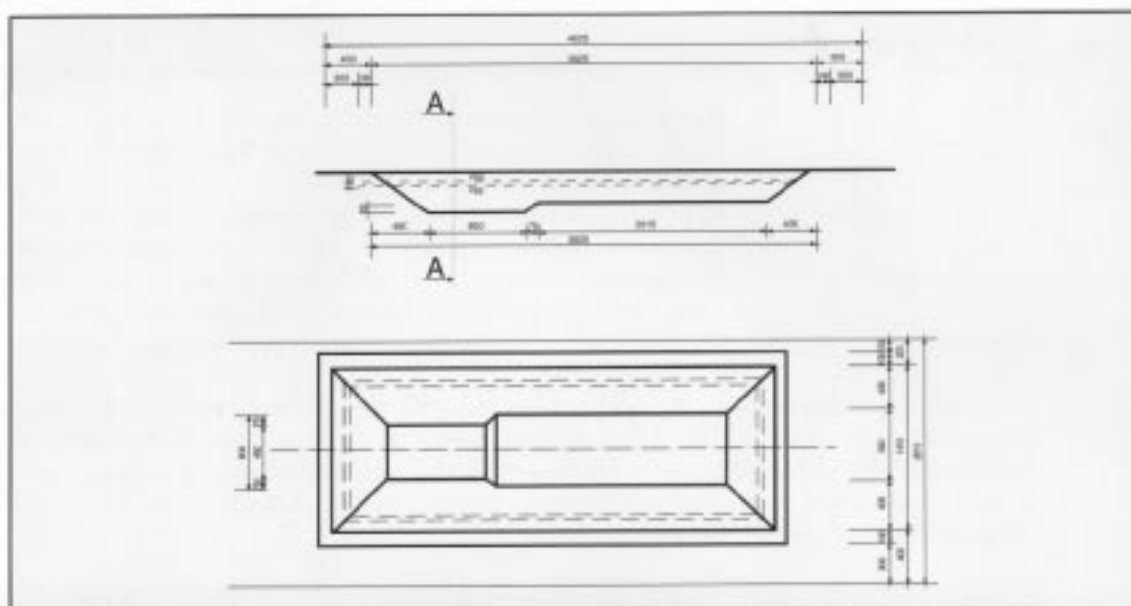


Figure 18 : Vue de dessus et coupe de la lagune de Biqueley [54].

On observe aussi couramment, en France, des dispositifs d'infiltration percolation installés à l'aval de lagunages dimensionnés à  $5 \text{ m}^2$  par habitant, en un ou plusieurs bassins (*Chamouille-02* et *Limogne en Quercy-46*, par exemple).

Le stockage est indispensable à l'alimentation par bâchées.

#### 2.3.4 Le stockage



À l'aval d'un décanteur-digester ou d'un traitement secondaire, il est constitué d'une bêche dont le volume est légèrement supérieur à celui de la bêche élémentaire, soit le volume équivalent à celui d'une lame d'eau de l'ordre de  $10 \text{ cm}$  appliquée sur une surface égale à celle de la plage d'infiltration de l'unité alimentée. La vidange gravitaire du stockage est commandée par une cloche siphonide

(*Montpeyroux-34*) ou un siphon (*St Symphorien de Lay-42*) ou bien encore une vanne motorisée commandée par des détecteurs de niveau (*Arcey-25*). Ces derniers commandent aussi les vidanges par pompage.

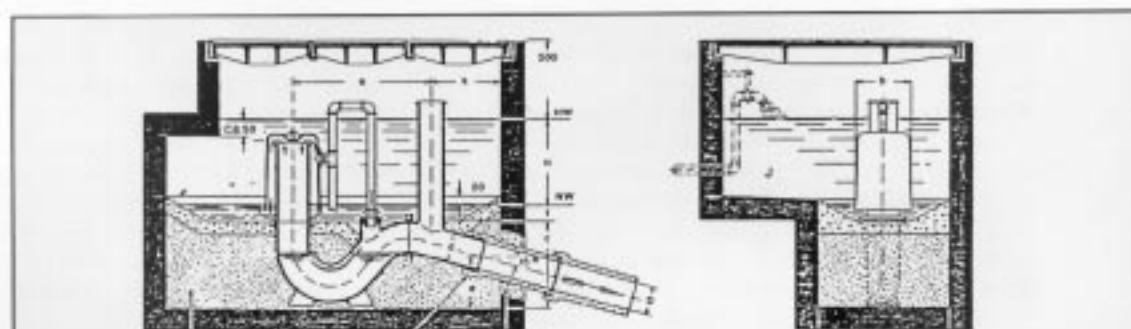
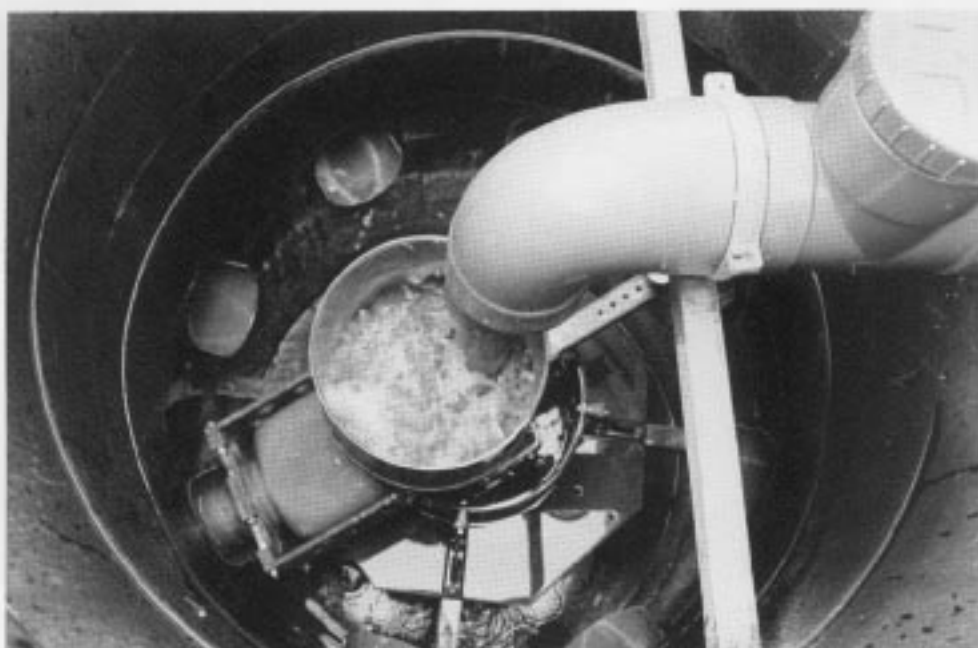


Figure 19 : Schéma d'une cloche siphonide (doc. Franceaux).

L'alimentation des rampes mobiles d'aspersion exige aussi un stockage. Son dimensionnement prend en compte le débit de pointe en sortie de station et le débit de la pompe d'alimentation de la rampe. La pompe est commandée par des poires de niveau.

La lagune de décantation fait aussi office de stockage. Sa vidange peut être gravitaire, avec cloche (Savignies-60), siphon (St Symphorien de Lay-42), chasse pendulaire, par vanne motorisée ou pompage asservis à des détecteurs de niveau ou un système combiné horloge - détecteurs de niveau. L'usage d'une horloge est obligatoire quand le marnage correspondant à une bâchée est petit. La prise d'eau dans la lagune doit être aménagée de manière à éviter la remise en suspension des MES.



Partialisateur de débit installé à Chenehutte les Tuffeaux (49).

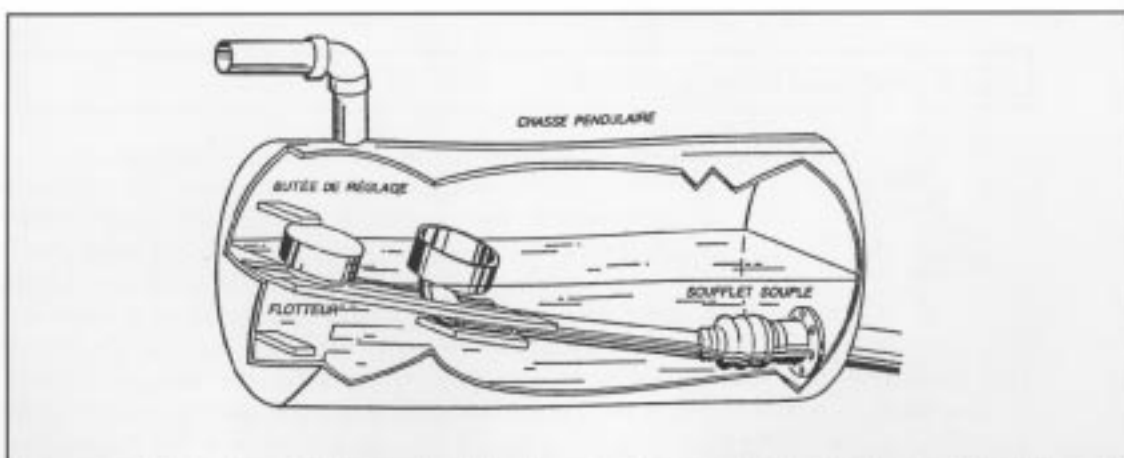
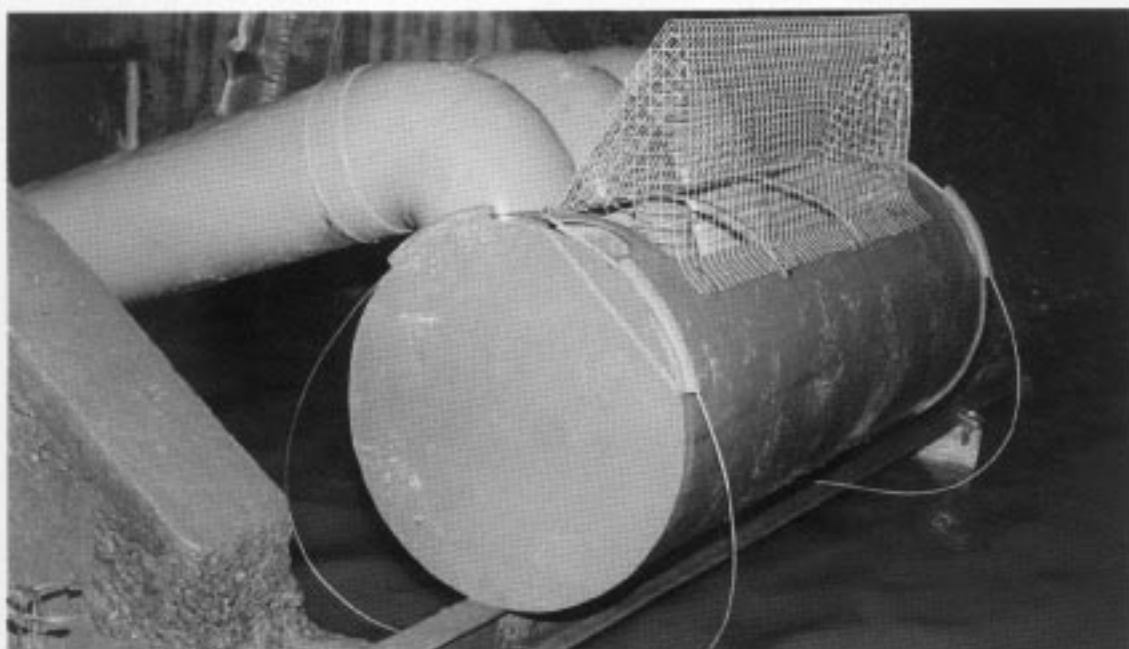


Figure 20 : Schéma de chasse pendulaire (doc. Wavin).

### 2.3.5 La répartition entre les bassins ou les unités d'infiltration



Dans les installations à fonctionnement purement gravitaire et sans énergie électrique sur le site, le **dispositif de répartition entre les bassins** est constitué d'un jeu de vannes manoeuvrées à la main par un préposé ou d'un partiteur de débit mécanique. Quand une alimentation électrique est disponible, on peut aussi choisir des vannes motorisées commandées par un automate programmable.



Alimentation par siphon auto-amorçant (brevet : S.I.N.T.).

Dans le cas d'une alimentation par rampe mobile d'aspersion, des repères susceptibles d'être lus par la rampe délimitent les unités d'infiltration. Selon les consignes données par un automate programmable, les unités rencontrées sont ou ne sont pas alimentées.

### 2.3.6 Les unités (ou bassins) d'infiltration



Les unités d'infiltration constituent le découpage superficiel du massif filtrant. Elles sont souvent appelées **bassins d'infiltration**, parce que les procédés d'alimentation les plus fréquemment adoptés supposent une période de submersion plus ou moins longue de la plage d'infiltration. L'appellation est donc fondée, même si un **bassin** doit rester dénoyé pendant la plus grande partie de la phase de fonctionnement. Dans les versions les plus récentes de cette technique, l'alimentation par aspersion est réglée de manière à ce que la plage d'infiltration ne soit pas submergée. Dans ce cas, la notion de bassin est beaucoup moins appropriée. Il n'en demeure pas moins, pour la pérennité du procédé, que le massif filtrant n'est jamais en phase de fonctionnement sur la totalité de sa surface et qu'il y a toujours une partie du massif en séchage. D'où la nécessité d'une partition du



*massif d'infiltration en unités élémentaires, partition virtuelle quand la plage d'infiltration n'est pas submergée, partition physique dans le cas contraire.*



La station d'infiltration d'Aubenas (07) est découpée en 15 unités élémentaires.

#### SYSTEMES DE PARTITION

##### Partition physique

*Dans le cas, souvent le plus économique, où l'installation comporte un massif filtrant unique, les unités d'infiltration sont délimitées par de simples cloisons, hautes de quelques dizaines de centimètres, de 20 à 30, au dessus de la plage d'infiltration. Il n'est pas nécessaire de cloisonner le massif filtrant dans son épaisseur.*



Cloisonnement de la station de Saubures les Vannes (54).



*Il arrive aussi que, pour des raisons topographiques (pente importante), ou hydrogéologiques (remontée de la nappe), ou encore à cause de la structure du parcellaire dévolu à l'installation d'épuration, il faille réaliser plusieurs bassins totalement distincts les uns des autres, avec séparation complète des massifs filtrants.*



Creusement des bassins de Garcelles Secqueville (14).

#### *Partition virtuelle*

*Dans le cas d'une rampe d'aspersion mobile, la partition est constituée de repères susceptibles d'être reconnus par la rampe.*

*La partition peut résulter de la structure ramifiée d'un réseau d'aspenseurs fixes ; l'accès à chaque rameau est gardé par une électrovanne commandée par un automate.*



Station de Porto Vecchio (2A) : alimentation par réseaux d'aspenseurs.

### Nombre d'unités

Le nombre d'unités est fonction :

- de la surface totale de massif filtrant,
- de la surface maximale de l'unité d'infiltration compatible avec une répartition uniforme de l'effluent sur cette même unité.

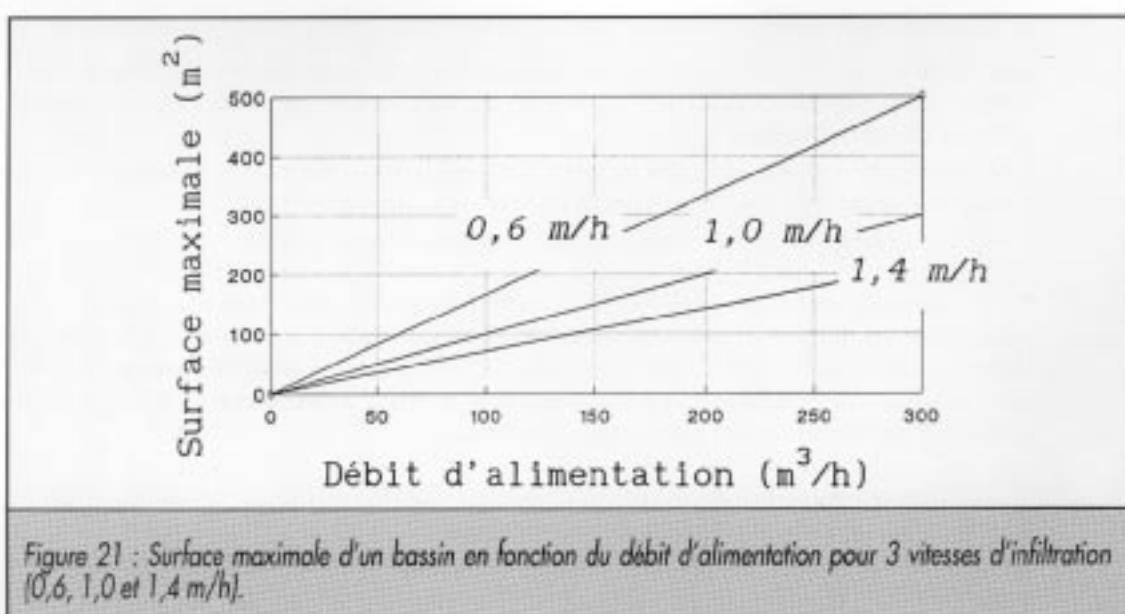
### Surface totale du massif filtrant

Les éléments de détermination de cette surface sont donnés § 2.3.8.

### Surface maximale d'une unité d'infiltration

Cette surface n'a de sens que pour les systèmes d'alimentation qui exigent la submersion momentanée de la plage d'infiltration. Elle est telle que, pendant la plus grande partie de la durée d'une alimentation, la totalité de la plage d'infiltration de l'unité soit submergée. Cette surface est fonction du dispositif de répartition dans les bassins (caractérisé, par exemple, par la densité des points d'alimentation), du débit d'alimentation et des vitesses d'infiltration.

Les vitesses d'infiltration sont de l'ordre du mètre par heure. Le colmatage peut les réduire, mais cela n'est guère souhaitable, car l'allongement de la séquence d'infiltration compromet la capacité d'oxydation. Pour une bonne répartition, le débit d'alimentation doit être supérieur ou égal au débit infiltré. La figure 21 donne des correspondances entre le débit d'alimentation, la vitesse d'infiltration et la surface de bassin. A cause des dimensions des siphons commercialisés (le plus gros débit est de  $288 \text{ m}^3/\text{h}$ ), des coûts des unités de pompage et des vitesses d'infiltration dans les sables habituellement utilisés, la surface d'une unité d'infiltration ne devrait pas excéder  $300 \text{ m}^2$ .

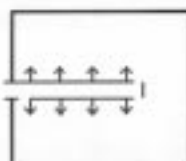


La surface totale et la surface maximale unitaire fixent le nombre minimum de bassins d'infiltration quand l'alimentation suppose une submersion temporaire de la plage d'infiltration. Au contraire, quand l'alimentation est faite par aspersion, le nombre minimal d'unités ne dépend que des durées relatives des phases de

fonctionnement et de séchage ; les durées de séchage tiennent aussi compte des risques de colmatage **accidentel**.

Pour les petites stations (quelques centaines d'équivalents habitants), la notion de surface unitaire maximale n'est pas opératoire ; la division en unités élémentaires correspond seulement à la nécessité de ménager les phases de séchage nécessaires à la gestion du colmatage. Une station desservant une petite agglomération, dans laquelle l'infiltration percolation est le moyen de traitement principal, comportera **au moins deux bassins ou unités d'infiltration**. La prise en compte des événements exceptionnels peut conduire à augmenter ce chiffre d'une unité. Il apparaît donc prudent de fixer à 3 le nombre minimum des unités d'infiltration.

### 2.3.7 L'alimentation des unités d'infiltration



Le dispositif d'alimentation des unités d'infiltration est une des parties les plus sensibles des installations d'infiltration percolation. Il doit assurer une **distribution uniforme** de l'influent et l'homogénéité des charges hydrauliques unitaires, de manière à maîtriser les vitesses de percolation, les temps de séjour et, donc, la décontamination. C'est aussi la possibilité de concevoir des règles de dimensionnement.

On distingue deux types d'alimentation très différents : l'**alimentation par submersion temporaire** et l'**alimentation par aspersion**.

#### La submersion temporaire

L'alimentation obéit à plusieurs exigences :

- la lame d'eau délivrée dans une séquence d'alimentation n'excède pas 10 à 15 cm, pour des raisons liées à l'objectif de décontamination et pour satisfaire la demande en oxygène,
- le temps de submersion de la plage d'infiltration doit être relativement court, de manière à ne pas amputer la capacité d'oxydation,
- enfin, la répartition sur l'unité d'infiltration doit être uniforme.

Ces objectifs sont atteints en délivrant la bûchée sous un fort débit, pendant un intervalle de temps court : si le débit d'alimentation de l'unité,  $Q_a$ , est grand par rapport au débit infiltré,  $Q_i$ , l'ensemble de la **plage d'infiltration** est rapidement mis en eau, à condition que la plage soit bien **horizontale**. Le nivellement des plages d'infiltration fait partie de l'entretien.

Encore doit-on prendre du soin à concevoir le dispositif de répartition de la bûchée sur l'unité, de telle sorte que la mise en eau de la plage soit la plus rapide possible, qu'il n'y ait pas d'affouillement du massif filtrant et création de cheminements préférentiels et qu'il ne soit pas fait obstacle à l'entretien de la plage d'infiltration par des engins mécanisés. Plusieurs systèmes ont été mis en oeuvre, avec des succès variés.

Le plus rudimentaire est l'alimentation en un point unique. Celle-ci exige des débits très importants, avec des risques d'affouillement à la limite de la semelle de réception (**Montpeyroux-34, Aubenas-07, Biscarosse-40,...**).



*Alimentation du dispositif de Mantpeyroux (34). Le jet est brisé sur des enrochements.*



*Alimentation des unités d'infiltration d'Aubenas (07) commandée par des électrovannes pneumatiques et réception sur dalle béton et gros galets.*

*Une autre solution consiste à multiplier les points d'alimentation, au sein d'un bassin (Grau du Roi-30) ou à utiliser une goulotte (Savignies-60, St Symphorien-42), dont le calage par rapport à l'horizontale est réglé sur place.*





Réseau de goulottes de répartition à Savignies (60).

*D'autres procédés ont été mis en oeuvre, notamment des répartitions par tuyaux en charge (Andouillé-53). Les inconvénients correspondants sont l'encombrement de la plage d'infiltration, le colmatage des orifices, le vieillissement des tuyaux et la vulnérabilité au gel.*



Réseau superficiel de tuyaux de répartition à Andouillé (53).

*Ces systèmes fonctionnent souvent de façon gravitaire, du moins pour les petites installations. Pour les plus grandes, ou bien quand la topographie est défavorable, le recours au pompage est indispensable.*



### L'aspersion

*L'aspersion exige pompage et installation électrique, mais elle donne beaucoup de liberté au concepteur. Elle permet de ne pas submerger la plage d'infiltration ; il suffit, pour cela, d'apporter un débit spécifique inférieur à la vitesse d'infiltration. Elle permet de délivrer des lames d'influent réduites à quelques centimètres par séquence d'alimentation. Elle est moins exigeante quant au nivellement de la plage d'infiltration. Elle met en oeuvre des matériels éprouvés en agriculture, qu'il convient cependant d'adapter aux eaux usées. Dans l'état actuel des réalisations, l'alimentation peut être effectuée par un réseau fixe de sprinklers (**Porto Vecchio-2A**), ou par une rampe mobile d'aspersion (**Lacanau-33**), ou par un tourniquet hydraulique (**Doux-79**).*



Rampe pivot d'alimentation du pilote de Lacanau (33).

*Les matériels doivent être adaptés aux eaux usées et tenir compte des exigences des autorités sanitaires vis à vis de l'émission des aérosols. Des asperseurs ne produisant pas d'aérosols peuvent équiper des rampes mobiles (**Lacanau**).*

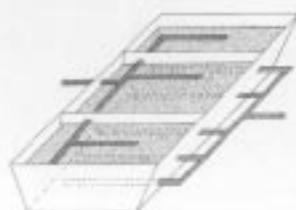
*Il paraît utile, sinon indispensable, de protéger les ajutages par des filtres, au moins quand l'infiltration traite des effluents primaires. La nature des filtres appropriés fait encore l'objet d'investigations.*

*Les lames d'eau délivrées au cours d'une séquence d'alimentation sont facilement ajustables. Il suffit de modifier les durées d'alimentation (réseau d'asperseurs) ou la vitesse de déplacement de la rampe mobile. Il est également possible de changer les buses.*



Tourniquet hydraulique de Doux (79).

### 2.3.8 Les massifs filtrants



#### Milieu filtrant

#### Sable

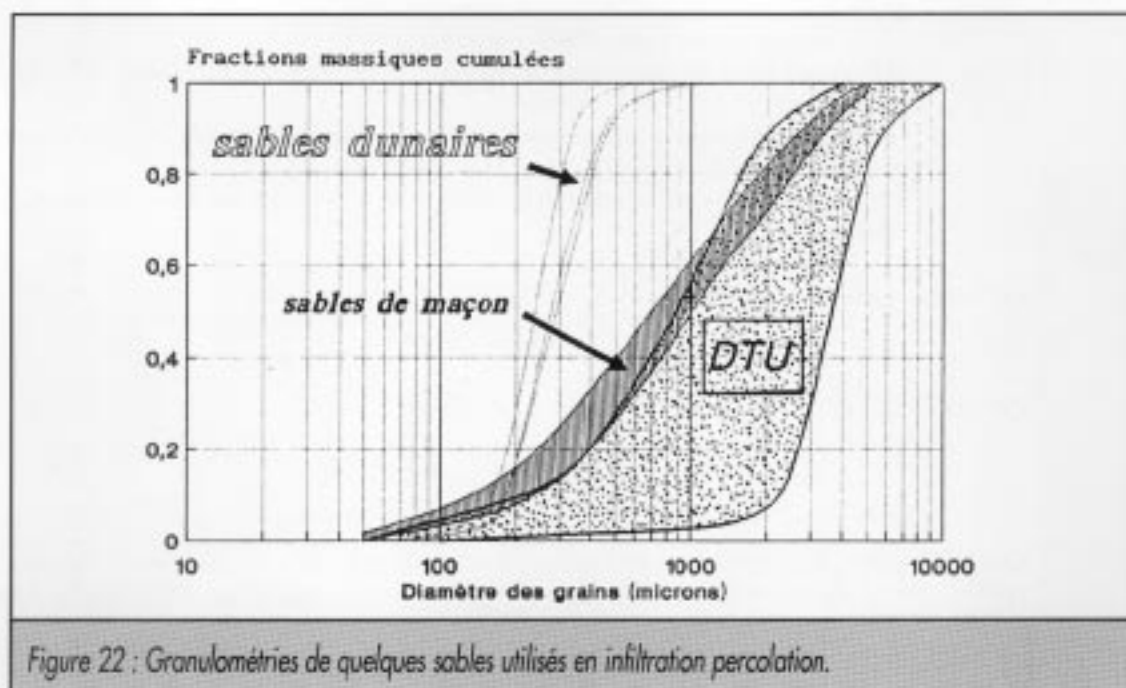
Le milieu filtrant est généralement constitué par du sable, qu'il s'agisse de sable dunaire en place ou de sable rapporté. Outre sa granulométrie, le sable permet de réaliser un massif filtrant **homogène**, qualité essentielle à une bonne gestion et à l'obtention de bons niveaux de décontamination.

Les matériaux alluvionnaires en place sont utilisés plus exceptionnellement. Ils ont des granulométries plus hétéroclites (sables graveleux, sables limoneux, ...). Ils sont surtout beaucoup plus hétérogènes. D'où des risques importants de cheminements préférentiels et de colmatage. Plusieurs dizaines de mètres d'épaisseurs de zone non saturée peuvent être nécessaires pour atteindre la décontamination requise, quand l'installation d'infiltration percolation est installée sur ces matériaux.

La caractéristique essentielle du sable est sa **granulométrie**. Il est difficile de parler de granulométrie idéale. Néanmoins, de très bons résultats ont été obtenus aussi bien avec du sable dunaire ( $d_{50} \approx 200 \mu$  ;  $U = d_{60}/d_{10} \approx 2$ ) qu'avec des sables de maçon ( $d_{50} \approx 700 \mu$  et  $U \approx 6$  à  $7$ ). Quelques règles méritent d'être précisées :

- le sable doit être lavé, de façon à éliminer les fines,
- les milieux mal classés ( $U > 10$ ) sont à éviter ; le transport des grains au sein de massifs constitués de sables mal classés induit des ségrégations qui se traduisent par des cheminements préférentiels,

- les sables plus fins que le sable dunaire ne sont pas utilisés ; ils paraissent trop vulnérables au colmatage (le sable dunaire donne de bons résultats parce qu'il est très bien classé),
- même si la colonisation par le biofilm modifie leurs propriétés hydrodynamiques, les sables très grossiers conduisent à des vitesses de percolation incompatibles avec une bonne décontamination. La limite supérieure du  $d_{50}$  paraît pouvoir être raisonnablement fixée à 2 mm.



Les sables peuvent aussi bien être roulés que concassés (dans ce dernier cas, il convient d'éviter les granulométries les plus grossières).

Il est d'usage de recommander des sables essentiellement siliceux. Mais on peut penser que, sauf cas particuliers, l'emploi de sables à forte composante calcaire est admissible.

#### Alluvions en place

Hormis le cas particulier des milieux dunaires, il arrive que le milieu filtrant puisse être constitué par le sol en place. Il s'agit alors, le plus souvent, d'alluvions que leur granulométrie permet de classer de sablo-graveleuses à sablo-limoneuses. Un projet d'infiltration percolation dans ces milieux passe par une étude détaillée de la perméabilité du sol en place et de l'hétérogénéité de cette formation.

Une manière de limiter les risques inhérents à ces milieux consiste à remplacer le sol en place par un sable rapporté sur une épaisseur de l'ordre du mètre (**Ruoms, Aubenas**). Le sable permet de maîtriser les processus d'oxydation et de répartition. Son épaisseur est fonction de la nature du sol en place et des objectifs de l'épuration. La mise en place d'une couche de graviers entre le sable et le sol en place entraîne une discontinuité capillaire dont l'effet doit être soigneusement pris en compte.

### Dimensionnement

Le dimensionnement des massifs de sable comporte la détermination de leur surface et de leur épaisseur.

#### Détermination de la surface

Soient :

$Q$ , le débit journalier de la station, en  $m^3/j$ ,

$\Omega$ , la surface totale du filtre, en  $m^2$ ,

$H^*$ , la charge hydraulique moyenne, exprimée en  $m^3/j$  par  $m^2$ , (autrement dit, en  $m/j$ ),

$H$ , la charge hydraulique appliquée sur la portion du massif en phase de fonctionnement, en  $m/j$ ; avec  $H = f.h_0$  (cf § 1.5.3),

$TF$  et  $TS$ , respectivement les durées des phases de fonctionnement et de séchage.

La surface du massif filtrant est :

$$\Omega = Q/H^*.$$

Par ailleurs,  $H^*$  et  $H$  sont reliés par la relation :

$$H^* = H.TF / (TF + TS)$$

$Q$  et  $H^*$  sont susceptibles de varier dans l'année, le premier avec les variations saisonnières de population, le deuxième avec les conditions climatiques.  $\Omega$  est pris égal à la plus forte moyenne hebdomadaire du rapport  $Q/H^*$ .

Deux paramètres essentiels doivent être déterminés : la charge hydraulique appliquée quotidiennement sur la fraction du massif en phase de fonctionnement,  $H$ , et les durées relatives des phases de fonctionnement et de séchage.

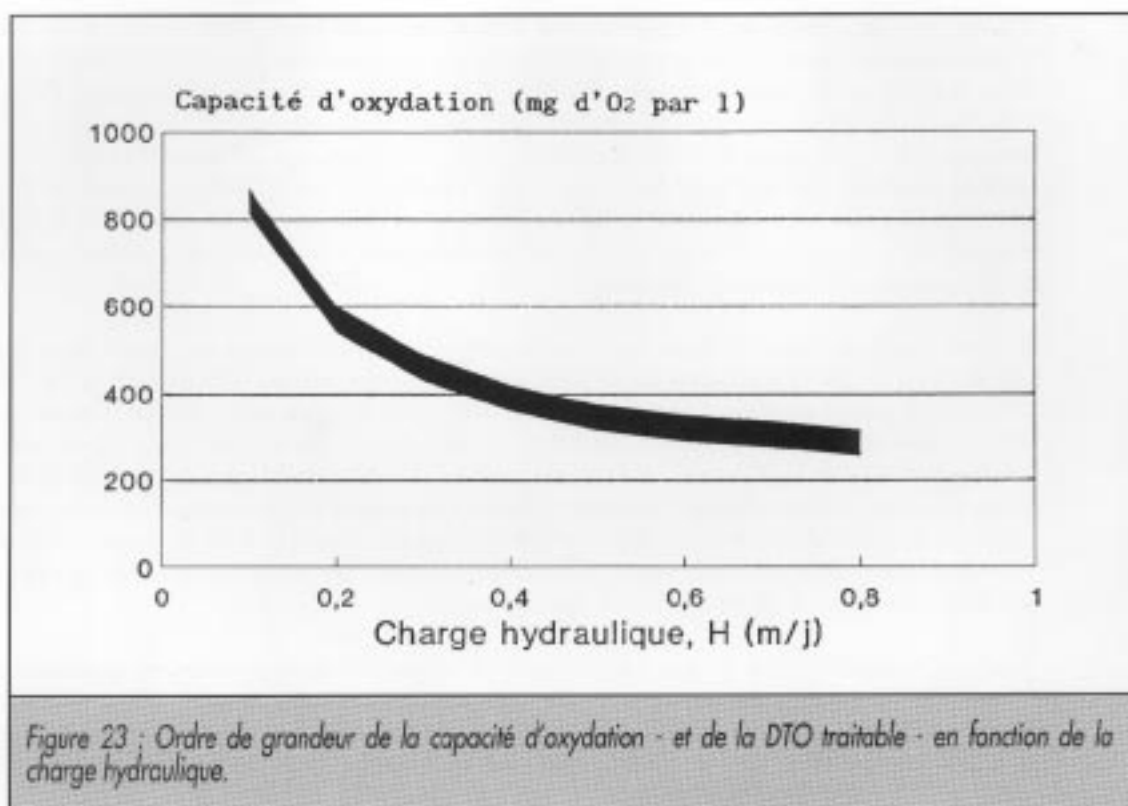
#### **Charge hydraulique, $H$ :**

Les installations qui traitent des influents de faible DTO ( $DTO < 250$  mg/l), assurent généralement un traitement tertiaire avec un objectif de décontamination, qui détermine le temps de séjour moyen des eaux usées dans le filtre,  $t_m$ . Pour une épaisseur  $Z$  de massif filtrant, la charge hydraulique quotidienne,  $H$ , est calculée comme suit (d'après § 1.5.3) :

$$H = \theta Z / t_m$$

Pour des influents plus chargés ( $DTO > 250$  mg/l), la charge hydraulique acceptable,  $H$ , est telle que la capacité d'oxydation,  $\omega$ , soit égale à la DTO de l'influent. La charge  $H$  est fonction de la nature de l'influent, de son mode d'application, notamment du fractionnement  $f$ , des propriétés hydrodynamiques et de l'épaisseur du sable et du colmatage éventuel. Des modèles numériques ou analytiques permettent de calculer  $H$ .

La figure 23 indique la façon dont  $H$  varie avec la DTO de l'influent. Elle donne une tendance et des ordres de grandeur de  $H$ . Elle ne prétend pas être normative.



#### **Durée de séchage :**

L'alternance entre les phases de fonctionnement et les phases de séchage devrait contenir le colmatage dans des limites telles que la durée de la séquence d'infiltration, pendant laquelle la plage d'infiltration est submergée, n'exède pas, par exemple, 1/6 de la durée de la séquence de dénoyage (figure 11).

La durée de séchage dépend de la nature de l'influent et des conditions climatiques. C'est donc une variable propre à chaque projet. On peut donner deux exemples représentatifs de situations très différentes :

- il apparaît qu'une alternance régulière de phases d'égales durées de séchage et de fonctionnement permet, même en hiver, de traiter 30 cm d'effluents décantés par jour de fonctionnement à **St Symphorien de Lay-42**,
- il semble que, pour une installation ne fonctionnant que l'été dans le Sud Ouest de la France, le traitement de plus de 60 cm par jour d'effluents issus d'une station de boues activées faible charge n'exige pas forcément de phase de séchage (**Lacanau-33**).

L'éventualité de surcharges en MES ou en DCO, liées à des évènements exceptionnels (essentiellement des dysfonctionnements dans la chaîne de traitement à l'amont de l'infiltration) doit être examinée cas par cas.

#### **Détermination de l'épaisseur**

Quand la décontamination ne figure pas au nombre des objectifs assignés à l'infiltration percolation, une épaisseur de massif filtrant de 1 mètre paraît suffisante.



Dans le cas, le plus fréquent, où l'infiltration percolation a pour fonction l'élimination des germes pathogènes, l'épaisseur du massif filtrant dépend du niveau de décontamination affiché. Cette dépendance est exprimée dans la corrélation entre les abattements des coliformes fécaux et les temps de séjour moyens de l'eau dans le massif filtrant. Ces corrélations (Schmitt, 1989, et Cherier, 1991) peuvent fournir une base moyenne empirique de dimensionnement. La figure 24 donne, pour des charges hydrauliques,  $H$ , comprises entre 0,2 et 0,6 m/j et une humidité volumique,  $J$  égale à 0,2, les abattements des coliformes fécaux en fonction de l'épaisseur du massif filtrant.

Il faut souligner que l'écart type de la corrélation utilisée pour construire l'abaque de la figure 24 est supérieur à une unité logarithmique. Cela tient à ce que bien d'autres paramètres interviennent dans la décontamination (qualité de la répartition, cheminements préférentiels, fractionnement des apports, degré d'oxydation des effluents, nature du sable...). Chaque lecteur trouvera donc des installations ayant des performances moins bonnes ou, au contraire, bien meilleures que celles prédites par la figure 24. Chaque projeteur doit donc moduler son dimensionnement en fonction des caractéristiques de son projet et de la capacité du maître d'oeuvre à en contrôler l'exécution.

Dans l'hypothèse où le sol est un milieu alluvionnaire en place, la relation entre l'épaisseur de massif filtrant et la décontamination est plus délicate à établir. Elle exige une appréciation de l'hétérogénéité du sol. Il est prudent de multiplier les épaisseurs du diagramme de Schmitt par un facteur au moins égal à 2.

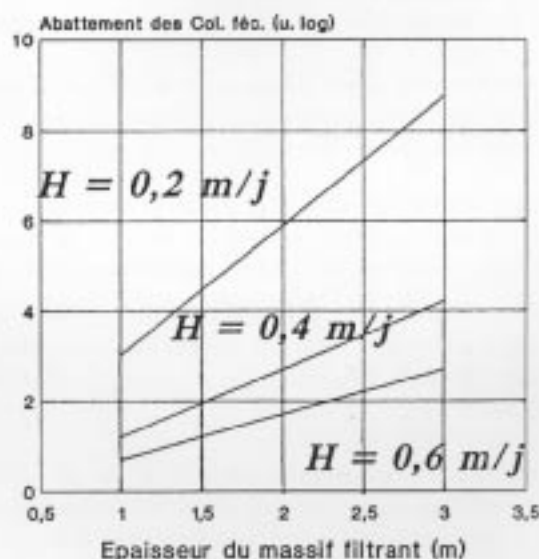


Figure 24 : Abattement des coliformes fécaux en fonction de la charge hydraulique et de l'épaisseur du massif filtrant.

### Structure générale

*Le massif filtrant est le sol en place*

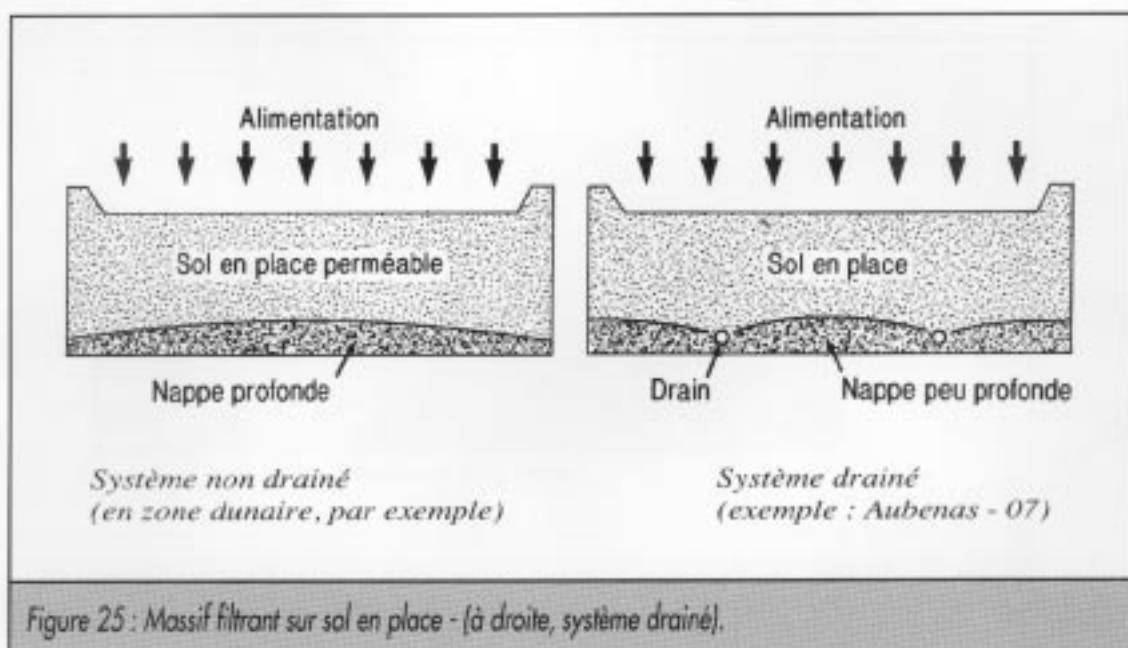


Figure 25 : Massif filtrant sur sol en place - (à droite, système drainé).

*Dans le cas où la nappe est trop proche de la surface pour laisser une zone non saturée suffisamment épaisse sous le radier des unités d'infiltration, un système de drainage permet de rabattre la nappe phréatique (Aubenas), (fig 25).*

*Une partie du sol en place est remplacée par du sable.*

*Il y a avantage à utiliser le matériau extrait comme remblai.*

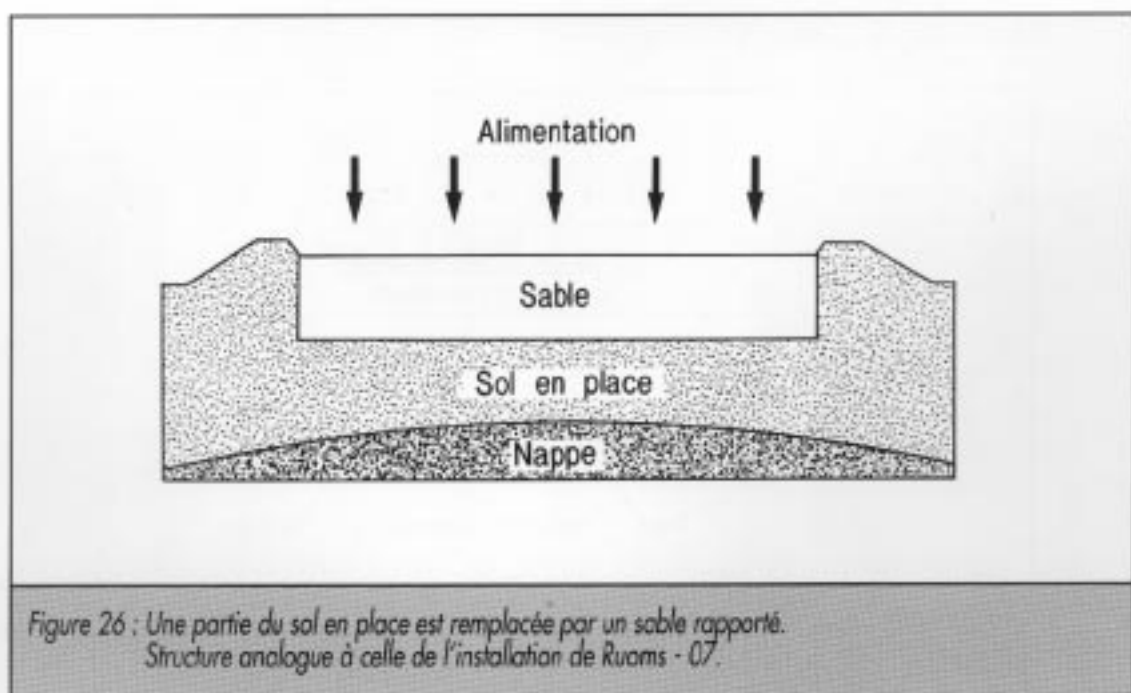


Figure 26 : Une partie du sol en place est remplacée par un sable rapporté.  
Structure analogue à celle de l'installation de Rvoms - 07.

*Le massif filtrant est du sable rapporté, la nappe est le milieu récepteur.*

*Un lit de graviers peut être intercalé entre le sol en place et les sables, de façon à éviter les pièges de l'hétérogénéité de la formation en place.*

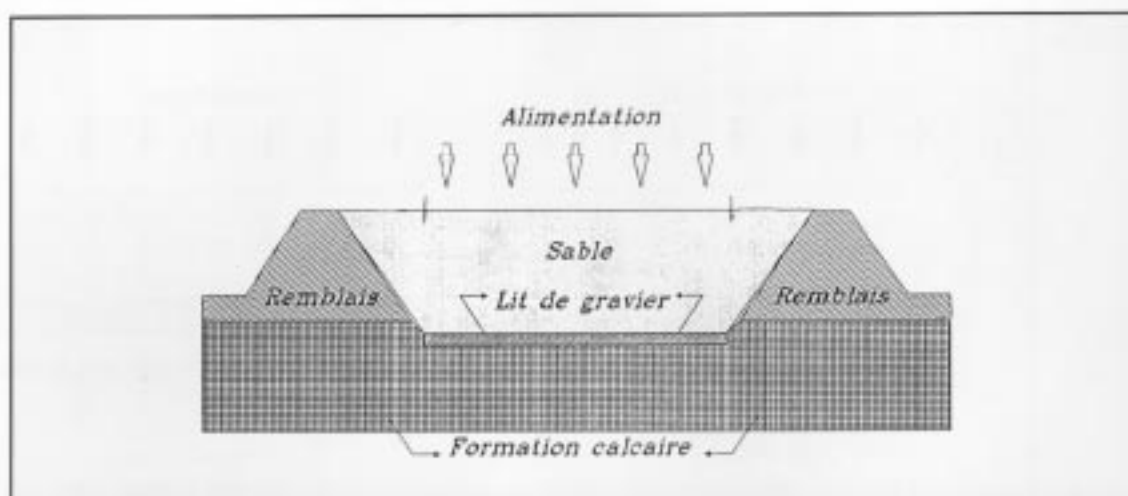


Figure 27 : Filtration à travers un massif sableux puis restitution en milieu calcaire.

*Le massif filtrant est du sable, l'eau épurée est évacuée par drainage.*

*Une couche de graviers (20/40), de 35 à 40 cm d'épaisseur, draine le massif de sable. Les drains (type tuyaux de répartition des assainissements individuels, avec traits de scie tous les 30 cm), de l'ordre de 125 mm de diamètre, espacés tous les 4 à 5 m évacuent les eaux épurées vers un puits de relevage ou vers un exutoire superficiel. Si le sol en place est perméable et si toute l'eau traitée doit être récupérée, la partie de la fouille contenant le massif de graviers doit être étanchée par une membrane imperméable. Il n'y a pas lieu d'étancher la fouille à la hauteur du massif de sable.*

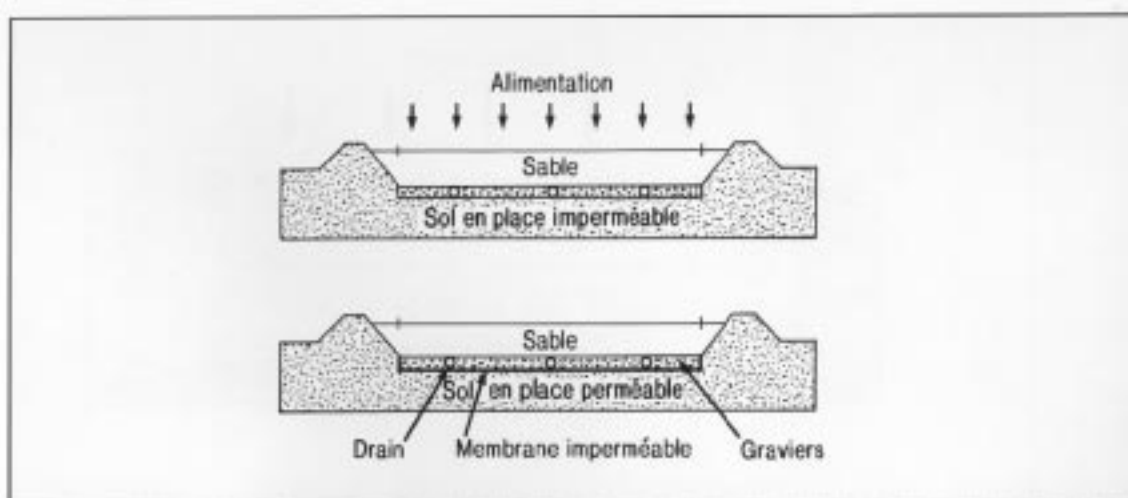


Figure 28 : Systèmes drainés sur sol en place imperméable (haut) ou avec un massif drainant étanché par une membrane imperméable.

### Détails de construction

*Les parois des fouilles doivent être verticales chaque fois que c'est possible. Il s'agit de faire en sorte que, sur toute l'épaisseur du massif filtrant mis à contribution, le cheminement vertical de l'eau soit bien égal à l'épaisseur du massif filtrant, de manière que ses temps de séjour soient uniformément égaux à ceux prévus par le projet. Quand le sol en place ne permet pas des fouilles verticales, ou quand le massif de sable est contenu dans un remblai (figures 27 et 28), la partie du massif filtrant dont la profondeur n'atteint pas la valeur nominale ne doit pas être arrosée (figure 12). L'aire d'infiltration autorisée sera éventuellement délimitée matériellement.*

*Trop souvent, les semelles de réception des influents ne constituent pas une protection suffisante contre les affouillements du massif filtrant ; il est nécessaire de disposer des obstacles capables de briser efficacement l'énergie du flux incident : enrochements, ...*



Saulxures les Vannes [54] : Mise en place du massif drainant.

*La hauteur des revanches (berges des bassins au dessus de la plage d'infiltration) est fonction de la manière dont sont gérés les débits parasites, les eaux pluviales, et les risques de colmatage. La submersion de la plage d'infiltration sous des lames d'eau supérieures à une dizaine de centimètres ne correspond pas à un fonctionnement normal. Des revanches hautes de 30 cm devraient être très suffisantes. Des surverses doivent, de toutes manières être installées, pour faire face aux urgences et évacuer les débits en excès, soit vers un milieu récepteur, soit vers d'autres bassins moins chargés.*

Les **talus** formant les berges des bassins sont **protégés**, par des plaques de béton, du béton projeté, ou une végétation appropriée.

Les plages d'infiltration doivent être entretenues. Il convient donc de ménager des **plans inclinés** pour permettre aux engins d'accéder aux plages d'infiltration.



Montpeyroux (34) : On distingue, au premier plan et en arrière plan, les plans inclinés d'accès des engins d'entretien dans les bassins.

La **végétalisation** des plages d'infiltration est envisageable, particulièrement dans les installations à fonctionnement saisonnier. Elle a des avantages esthétiques incontestables. Elle impose, naturellement, un entretien approprié. Il n'y a pas de preuve, à notre connaissance, qu'elle nuise à la qualité de l'épuration.



Aubenas (07) : Entretien de plages d'infiltration végétalisées.



## 2.3.9 Rejet de l'eau filtrée

### 2.3.9.1 Dispositifs non drainés

*Les rejets des systèmes non drainés ne sont accessibles que quand ils ont rejoint la nappe. Le débit du rejet n'est pas mesurable. Il faut installer un système de mesure à l'entrée de la station.*

*Deux piézomètres sont installés en bordure immédiate des unités d'infiltration, de part et d'autre du dispositif d'infiltration. Ils sont crépinés de manière à intercepter le toit de la nappe. L'un d'entre eux, au moins, permet de caractériser la qualité des effluents traités par l'infiltration.*

*Un réseau de piézomètres permet de surveiller l'influence du rejet sur la piézométrie et la qualité de l'eau de la nappe.*

### 2.3.9.2 Dispositifs drainés

*Le rejet des dispositifs drainés est équipé, comme les stations d'épuration conventionnelles, d'un seuil de mesure des débits.*

*La base du massif drainant doit être suffisamment haute par rapport au milieu récepteur pour que le massif drainant ne se trouve pas périodiquement noyé, en période de hautes eaux.*

## 2.4 SURVEILLANCE ET ENTRETIEN

### 2.4.1 Surveillance des unités d'infiltration

*Le fonctionnement des massifs filtrants, mérite une information particulière des personnels gestionnaires.*

*Le principal risque à éviter pour le fonctionnement d'une station d'infiltration percolation est le **colmatage de ses massifs filtrants**. Ce risque est rarement imputable à des fautes de conception ; il est beaucoup plus souvent lié à des incidents : déversements dans le réseau de charges polluantes non prévues ou non autorisées, sous-évaluation des débits parasites, mauvais fonctionnement des systèmes d'épuration amont (départ de boues d'un décanteur secondaire, etc..).*

*Au delà d'un certain degré de colmatage, le fonctionnement de l'unité d'infiltration doit être arrêté pour laisser place à la phase de séchage. Un critère de colmatage critique, défini pour chaque méthode de surveillance du colmatage, déclenche le passage de la phase de fonctionnement à la phase de séchage, si le colmatage critique est atteint avant la fin de la durée normale de la phase de fonctionnement.*

*La façon la plus simple d'apprécier le colmatage consiste, au moins pour tous les systèmes alimentés séquentiellement (par bâchées), à noter l'évolution du temps de disparition de la lame d'eau, autrement dit du temps qui sépare la fin d'une alimentation du moment où l'eau disparaît de la surface du massif filtrant. Plus ce temps est grand, plus le colmatage est prononcé. Un temps critique constitue alors le critère de colmatage critique.*

*L'enregistrement, par capteur de pression, appareil à ultrasons - ou tout autre dispositif de mesure de faibles hauteurs d'eau -, de la hauteur d'eau au dessus de la plage d'infiltration peut être utilisé pour une télésurveillance ou la mise en place d'une gestion automatisée. La qualité de l'information est fonction du nivellement de la plage d'infiltration. Le critère de colmatage pourra être la vitesse d'infiltration.*

*Dans les systèmes d'alimentation par rampe d'aspersion mobile, on observera la tendance au flaquage.*

*Une autre façon de contrôler le colmatage consiste à suivre l'évolution de l'humidité des couches superficielles des massifs filtrants. Pour un même fonctionnement hydraulique, cette évolution est directement reliée à l'expansion du biofilm ou à l'accumulation organique dans le sol. La méthode de mesure la plus commode et la moins onéreuse consiste à mesurer la résistivité électrique du sol, grâce à des électrodes laissées en place dans chaque unité d'infiltration.*

*Dans le cas d'installations drainées, et si une seule unité d'infiltration est en fonction en même temps, l'effet du colmatage est facilement observé sur les évolutions des débits drainés. Le suivi des débits de drainage peut constituer un moyen de contrôle du colmatage des petites installations.*

Il peut être utile de prévoir les équipements nécessaires pour surveiller la piézométrie des massifs drainants, notamment quand ceux-ci servent à faire face aux hasards de l'infiltration dans un substratum perméable (figure 29).

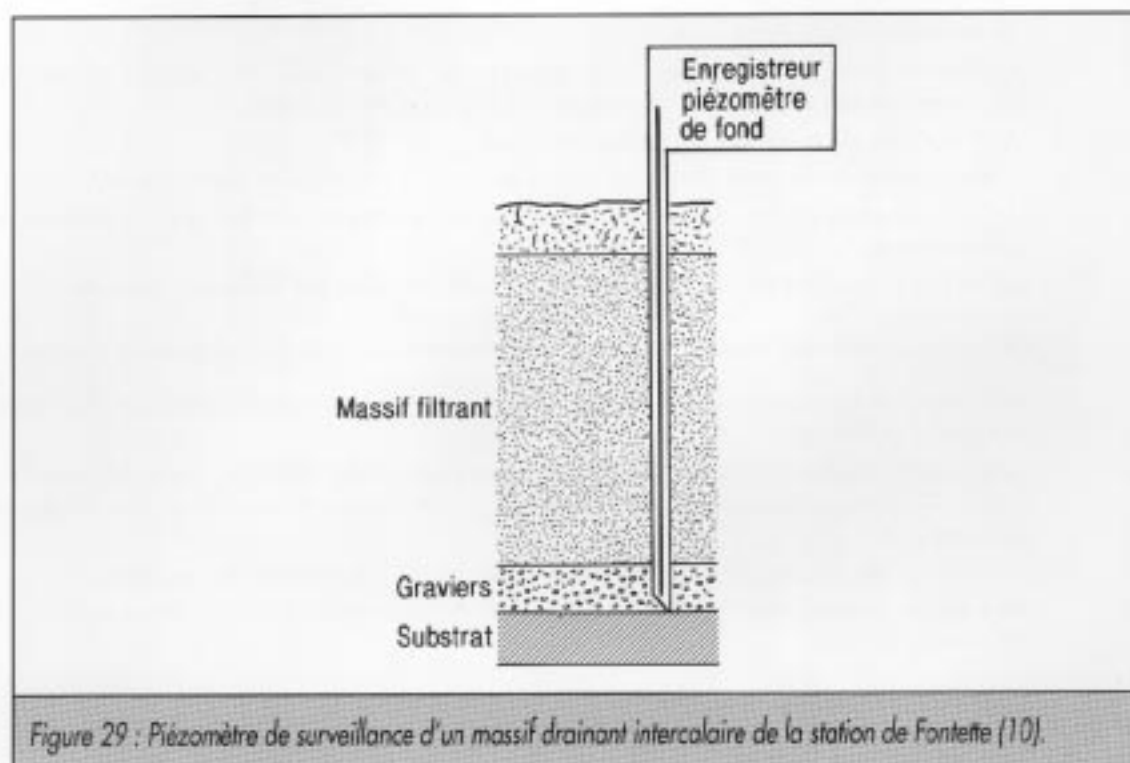


Figure 29 : Piézomètre de surveillance d'un massif drainant intercalaire de la station de Fontette (10).

## 2.4.2 Visites de contrôle

Les stations d'infiltration percolation n'échappent pas aux règles générales d'entretien et de surveillance applicables aux stations d'épuration. Même si le procédé est rustique, ou précisément à cause de sa rusticité, des visites régulières sont indispensables.

L'installation de systèmes sophistiqués de télésurveillance et l'automatisation des opérations d'entretien les plus astreignantes (par exemple, le dégrillage), peuvent permettre des visites moins fréquentes et leur déclenchement aux moments opportuns. Dans ce cas, l'entretien des capteurs d'informations devient prioritaire.

On distingue les visites de routine, les visites de contrôle mensuelles et les visites de contrôle annuelles.

### 2.4.2.1 Visites de routine

Dans toutes les installations où la répartition de l'influent entre les unités d'infiltration est manuelle, la fréquence des visites de routine est imposée par l'alternance entre les phases de fonctionnement et les phases de séchage. Ce sont des visites d'assistance au fonctionnement. Une fréquence de principe est établie au démarrage de l'installation. Elle est adaptée au fur et à mesure de l'expérience acquise. Elle peut varier avec les conditions climatiques. On recommande d'effectuer **au moins une visite par semaine**.

*En cas de fortes pluies (débits parasites importants) ou en cas de gel prononcé, l'intervention d'un préposé est, le plus souvent, indispensable.*

*Outre une manoeuvre de vannes, la visite de routine comprend :*

- le nettoyage du dégrillage,
- l'observation du degré de colmatage de la surface des unités d'infiltration, éventuellement la hauteur d'eau sur la plage d'infiltration,
- le temps de disparition de la lame d'eau,
- l'humidité des massifs filtrants (si un dispositif de mesure est installé),
- le fonctionnement des asperseurs ou bubblers, pour les systèmes qui en comportent,
- dans les installations non gravitaires, l'observation du débit des pompes.

*Le préposé tient un **cahier de bord** de la station dans lequel il note, à chaque visite :*

- les dates et heures de mise en fonctionnement et de mise en séchage des différentes unités d'infiltration,
- les observations relatives à l'état de la plage d'infiltration (inondée après l'arrêt de l'alimentation, colmatée, plutôt colmatée, en cours de séchage, sèche, propre, ...),
- les temps de disparition de la lame d'eau et/ou l'humidité des massifs,
- les observations particulières (débits exceptionnels, fonctionnement du déversoir d'orage, gel, ...)

*Sur ce même cahier de bord, seront aussi reportées :*

- les opérations d'entretien, de routine ou exceptionnelles,
- les observations faites au cours des visites de contrôle mensuelles et annuelles.

*La visite de routine dure entre 15 minutes et une heure. Dans la mesure du possible, l'employé tâchera de les faire coïncider avec une séquence d'alimentation.*

#### 2.4.2.2 Visites mensuelles

- ouverture des regards, contrôle du bon écoulement des eaux, de l'aspect des effluents,
- contrôle du chapeau (décanteur digesteur), du niveau des boues (lagune anaérobie ou décanteur digesteur),
- contrôle des régulations de niveau, des hauteurs d'eau maximales dans la bêche,
- contrôle des vannes ou dispositifs de répartition,
- observation des affouillements et des défauts de nivellement des plages d'infiltration,
- contrôle des crépines,
- observation de l'exutoire de la station (systèmes drainés) et de la qualité des rejets,
- contrôle des regards de prélèvements et des dispositifs de mesure,
- contrôle des lits de séchage des boues.

*Cette visite dure entre 30 minutes et une heure trente.*

### 2.4.2.3 Visites annuelles

- contrôle des pompes, des éléments électro-mécanique, des armoires de commande,
- contrôle des dispositifs d'alimentation (siphons, goulottes, etc..),
- contrôle de la piézométrie du massif drainant,
- contrôle des berges, des remblais.

La durée est de l'ordre d'une heure. La visite annuelle des installations à fonctionnement saisonnier a lieu un mois avant l'ouverture de la campagne ; ce délai doit permettre de remettre en état les organes défectueux.

## 2.4.3 Entretien

### 2.4.3.1 L'entretien courant

L'entretien courant est, pour l'essentiel, celui des plages d'infiltration. Cette opération peut durer une demi-journée tous les 1 à 2 mois environ, pour une installation de quelques milliers d'équivalents habitants.

L'entretien des unités d'infiltration pose deux questions :

- quelle est la destination des résidus du colmatage superficiel à l'issue des phases de séchage ?
- comment traite-t-on la végétation qui s'installe sur les plages d'infiltration ?



Entretien manuel d'une plage d'infiltration : les copeaux sont mis en andains puis enlevés par le préposé (Fontette - 10).



### Les résidus du colmatage

*Si le climat est suffisamment favorable, au terme des phases de séchage, les accumulations organiques sont réduites à des copeaux très facilement détachables du sable, qui peuvent être râtissés et évacués en décharge. Ces résidus ne sont pas forcément évacués à la fin de chaque phase de séchage, mais selon une périodicité à ajuster empiriquement. La fréquence de cette opération varie naturellement beaucoup avec la nature des influents : fréquente avec un effluent simplement décanté, elle sera beaucoup plus espacée avec un effluent secondaire. L'essentiel du travail est effectué à la main.*

*Dans un climat humide, il peut être nécessaire d'évacuer le dépôt organique sans attendre le séchage complet.*

*Une autre manière consiste à herser la plage d'infiltration pendant le séchage. On accélère ainsi la destruction des dépôts organiques et leur aération, sans trop mélanger dépôts organiques et sable.*

*L'usage d'un rotavator est un mode d'entretien qui concerne aussi bien les résidus de colmatage que les végétaux. Il mélange, sur place, les résidus de colmatage avec le sable, créant un sol superficiel. Cette pratique est peut-être acceptable quand les dépôts superficiels sont très bien dégradés, mais elle comporte le risque d'une accélération du colmatage des systèmes d'infiltration.*

*Un dispositif d'infiltration percolation convenablement conçu ne nécessite pas le renouvellement du matériau filtrant. Il faut un dysfonctionnement très grave et prolongé (par exemple, le maintien en anaérobiose pendant plusieurs mois) pour en arriver à cette extrémité.*

*L'entretien de la plage d'infiltration inclut le maintien de son nivellement, indispensable à une répartition correcte. Les défauts de nivellement sont facilement repérés à chaque mise en eau d'une unité d'infiltration.*

### La végétalisation

*La végétalisation des plages d'infiltration est fréquente, qu'elle soit spontanée - comme c'est très souvent le cas quand les plages d'infiltration restent longtemps hors d'eau - ou qu'elle soit délibérée.*

*Elle paraît être la bonne solution pour les stations effectuant, en été, un traitement tertiaire des effluents de stations boues activées (**Aubenas, Ruoms**, par exemple).*

*Les plages d'infiltration doivent être alors régulièrement fauchées. En cas de nécessité, un hersage léger peut compléter l'entretien.*

*Dans l'entretien courant, il faut aussi mentionner l'enlèvement des flottants des décanteurs-digesteurs.*

#### 2.4.3.2 Autres opérations d'entretien

*D'autres opérations d'entretien doivent être faites, selon des rythmes spécifiques, et en fonction des observations effectuées durant les visites de contrôle. Il faut citer :*

- la vidange des boues des décanteurs-digesteurs (2 à 3 fois par an) ou des lagunes de décantation (1 à 2 fois par an),
- les travaux de maintenance autour des lagunes (faucardages des berges, ...).

- la vidange des bâches, en cas d'accumulation de boues,
- le nettoyage des asperseurs et des filtres (tous les mois),
- la maintenance des dispositifs électro-mécaniques (1 à 2 fois par an).



Station de Ruoms (07) : plage d'infiltration spontanément végétalisée.

## 2.4.4 Evaluation des performances

### 2.4.4.1 Contrôles institutionnels

Les administrations compétentes, Agence de l'Eau, SATESE, contrôlent les performances des systèmes d'infiltration percolation, comme elles le font pour les performances des stations d'épuration classiques.

Les contrôles d'épuration effectués sur les stations drainées ne posent pas de problème particulier. Elles comportent un regard ou un aménagement qui permet de prélever les effluents et de mesurer les débits rejetés.

Dans les stations non drainées, le contrôle le plus représentatif est celui de la qualité de l'eau de la nappe à l'aplomb du dispositif d'infiltration. Deux piézomètres sont installés à cet effet, à proximité immédiate du dispositif d'infiltration (ils ne sont pas placés directement dans les bassins d'infiltration de manière à éviter des cheminements préférentiels le long du tubage).

### 2.4.4.2 Contrôles complémentaires

Hormis les mesures périodiques effectuées par les autorités compétentes, un auto-contrôle assez simple de la qualité de l'épuration peut être effectué par l'exploitant des stations drainées. Il consiste à suivre la teneur en oxygène dissous ou le potentiel d'oxydo-réduction de l'eau de drainage. Ces données renseignent sur l'équilibre entre la demande d'oxygène et la capacité d'oxydation du système, sur le degré d'oxydation des matières organiques et de l'azote et, aussi, sur les risques de colmatage.

De tels contrôles sont envisageables sur des stations non drainées, dans la nappe réceptrice. Mais ils peuvent être aussi effectués dans des échantillonneurs installés dans le massif filtrant lui-même. Pour être fiables, ces dispositifs demandent une installation très soignée, la mise en place de puits de visite ou de systèmes de pompage.

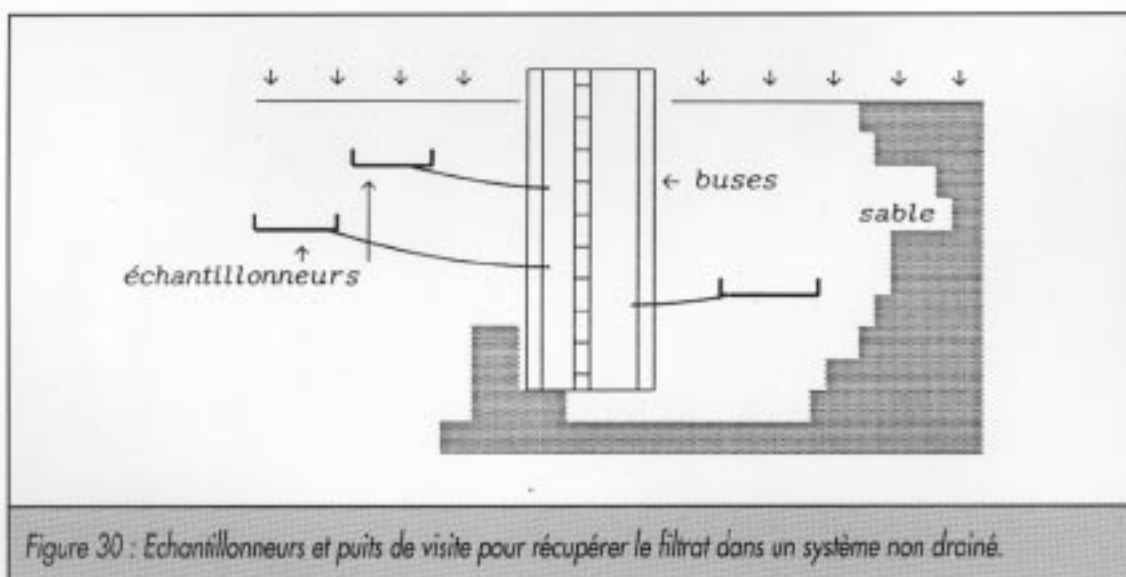


Figure 30 : Echantillonneurs et puits de visite pour récupérer le filtrat dans un système non drainé.

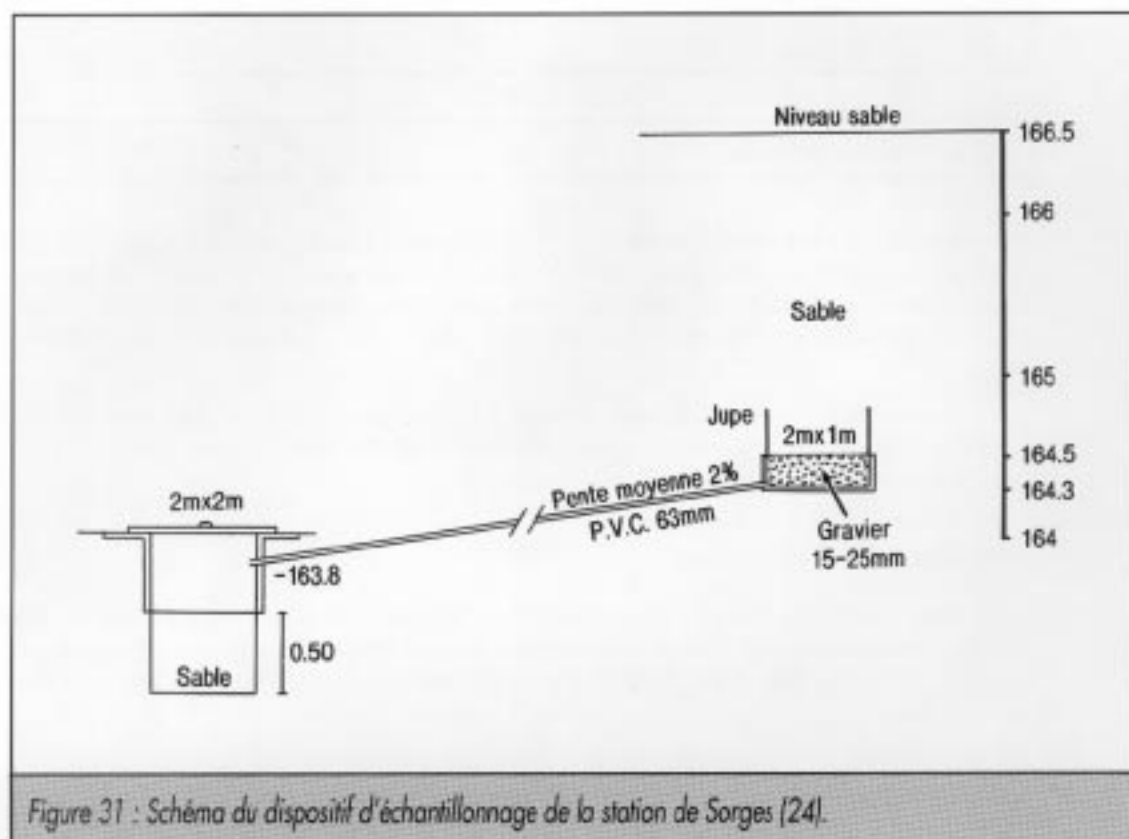


Figure 31 : Schéma du dispositif d'échantillonnage de la station de Sorges (24).

## 2.4.5 Contrôles de la nappe

### 2.4.5.1 Piézométrie de la nappe phréatique

Les infiltrations en nappe phréatique doivent donner lieu à un contrôle de la piézométrie de la nappe, au moins quand celle-ci est peu profonde. Ce contrôle doit être effectué par le service gestionnaire. Les contrôles les plus importants sont ceux effectués sur les piézomètres implantés au plus près des unités d'infiltration.

### 2.4.5.2 Qualité de la nappe

Un réseau de piézomètres, généralement prévu dans l'autorisation de rejet, permet de contrôler l'impact des infiltrations sur la qualité de l'eau de la nappe (pour ce qui concerne les autorisations de rejet, leur consistance, les procédures d'instruction, les conditions d'exemption, .. on se reportera au document Burgeap, 1991 cité au § 1.6). Ce réseau sert à évaluer la qualité de l'épuration accomplie par l'ensemble du système (percolation à travers la zone non saturée et parcours dans la nappe) mais, surtout, à contrôler l'extension de la zone concernée par le rejet. De ce point de vue, la mesure des DCO, des concentrations en azote et en coliformes est indispensable. Celle des concentrations en chlorure, généralement excellent marqueur des effluents, est aussi précieuse.

La fréquence de ces contrôles peut figurer dans l'autorisation de rejet. Une fois par an est un minimum.

## 2.5 COÛTS

### 2.5.1 Coûts de réalisation

L'ordre de grandeur des frais d'investissement relatifs aux dispositifs d'infiltration percolation est déduit des coûts de 18 installations et projets dispersés sur le territoire national. Ces coûts ne sont pas homogènes. En effet, les situations de chaque installation ne sont pas directement comparables. Ils varient notamment avec :

- les caractéristiques hydro-pédo-géologiques du site d'implantation et, en particulier, la présence ou non du matériau filtrant sur place,
- la prise en compte du prix des terrains,
- les bases de dimensionnement,
- les objectifs du dispositif.

Ces éléments expliquent l'essentiel de la variabilité des coûts unitaires (coûts par équivalent habitant). L'influence de l'objectif épuratoire assigné au dispositif est grande, elle conduit donc à distinguer les deux grandes applications de l'infiltration percolation :

- l'infiltration percolation comme traitement principal,
- l'infiltration percolation comme traitement tertiaire.

#### 2.5.1.1 Traitement principal des agglomérations de moins de 5 000 habitants

Le graphe des coûts unitaires hors taxes actualisés, ramenés à l'année 1992, montre un effet d'échelle spectaculaire (figure 32). Le coût unitaire passe de plus de 2 000 F pour les petites installations de 500 éq. habitants à moins de 500 F pour 4 000 éq. habitants.

Pour une même taille d'installation, la variabilité des coûts est importante. Elle est d'autant plus grande que l'installation est de petite taille.

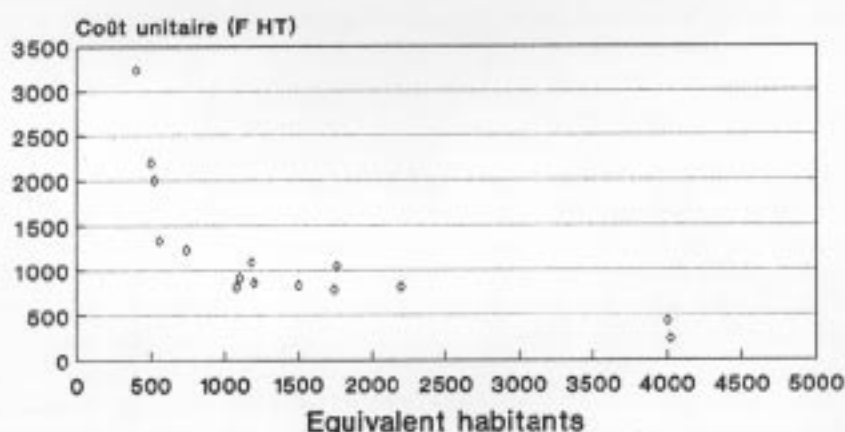


Figure 32 : Coût d'investissement des installations effectuant un traitement principal, en fonction de leur taille.



### 2.5.1.2 Traitement tertiaire

AGGLOMERATION	EQUIV. HABITANTS	COÛT ACTUALISE (KF HT) (1992)	COÛT ACTUALISE UNITAIRE (F HT / éq. hab.)
Argelès (86)	6 700	1 521	227
Ruoms (97)	9 000	973	108
Aubenas (07)	24 000	3 161	132
Port-Leucate (11)	30 000		51

Tableau 2 : Coût d'investissement des stations effectuant un traitement tertiaire.

Les coûts de ces équipements ne sont pas totalement comparables, dans la mesure où, dans chacun de ces cas, les massifs filtrants ont des constitutions différentes. Le faible coût unitaire de Port-Leucate est dû à l'utilisation du sable en place et à un dimensionnement minimum (avec une charge hydraulique moyenne de 1 m). Le coût le plus élevé, celui du projet d'Argelès correspond à un massif filtrant entièrement rapporté.

### 2.5.2 Coûts d'exploitation

La disparité des coûts d'exploitation peut être importante, à cause de la variété des types d'installation, du climat, de la nature de l'entretien, de l'énergie à fournir ou encore du caractère saisonnier du fonctionnement de la station.

Quelques éléments disponibles permettent de situer l'ordre de grandeur de ces coûts, exprimés en valeur 1992 (tableau 3).

STATION	EQUIV. HABITANTS	COÛT UNITAIRE D'ENTRETIEN (F HT / éq. hab. / an)
Monchy le Preux Fontaine	500 750 - 4020 *	64 66 - 12 *

\* le premier chiffre ne prend en compte que la population permanente, le second inclut la population saisonnière et les effluents véricoles.

Tableau 3 : Exemples de coûts de fonctionnement.

# BILAN DU FONCTIONNEMENT D'INSTALLATIONS EXISTANTES

## 3.1 SYNTHÈSE DES ÉTUDES DE CAS

Neuf installations, réparties sur le territoire national, ont fait l'objet de suivis suffisamment documentés pour qu'il soit possible de dresser une photographie de la pratique de l'infiltration percolation en France à l'orée des années 90.

Dans cet ensemble, 7 stations assurent le traitement principal des eaux usées de populations comprises entre 250 et 1 700 habitants. Les 2 autres, situées le long de l'Ardèche, effectuent un traitement tertiaire des effluents de stations à boues activées de 9 000 et 24 000 habitants. Certaines installations admettent, non sans problèmes, des effluents pluviaux et des effluents agro-alimentaires, notamment des effluents vinicoles.

### 3.1.1 Traitements préalables à l'infiltration

#### 3.1.1.1 L'infiltration percolation, traitement principal

La décantation est assurée à Souillac Paille Basse (46) et à Sorges (24) par des décanteurs-digesteurs. Ces dispositifs, apparemment sous-dimensionnés, produisent des effluents très chargés, avec des DTO supérieures à 800 mg/l et des teneurs en MES de 117 et 164 mg/l. Ces charges sont excessives pour les dimensionnements courants de l'infiltration percolation.

	Capacité (ég. hab.)	Traitement amont	Bâchées (O/N)	Nombre de Bassins	Surface tot. (m <sup>2</sup> )	Épaisseur de sable (m)	Charge hyd. H <sub>0</sub> (m/j)	Bâchée H <sub>0</sub> (m)	T <sub>S</sub> T <sub>F</sub>	T <sub>F</sub>
Sorges (24)	330-550	déc. dig.	0	4	165	2,0	0,18	0,075	var.	
Souillac (46)	900	déc. dig.	0	2 puis 5	400 <sup>130</sup> 120	0,8	0,77-0,5	0,26-0,08		1-30 j
St Symph. en L. (42)	500	lag. aéc.	0	2	225	1,7	0,33	0,10	1	3,5-7 j
Arcey (25)	400	décanteur	0	4	300	1,8	0,17	0,11	1	1-2 mois
Fontene (10)	250-650	lag. aéc.	0	2	470	1,15	0,07	0,24	1	3 j
Linozac en Q. (46)	450	2 lagunes	O-N	2	340	0,6	0,2	variable	1	7 j
Chamaille (02)	300-1 700	1 lagune	N	2	2500	1,0				
Aubenas (07)	24 000	boues act.	0	15	485	2,5 à 3,5*	0,6	= 0,6	0	
Baons (07)	9 000	boues act.	N	4	450	2,5 à 3,0*	0,6	0,6	0	

\* dont 1,5 à 2,5 de sol en place non remanié.  
T<sub>F</sub>, T<sub>S</sub> : Divisée de fonctionnement, durée de séchage.

Tableau 4 : Principales caractéristiques des stations.

La station d'Arcey (25) est équipée d'un décanteur d'une capacité de 0,3 m<sup>3</sup> par habitant effectivement desservi, qui produit des effluents de 350 mg/l de DTO moyenne. Le dimensionnement de cet ouvrage le rapproche des lagunes de décantation.

La station de St Symphorien de Lay (42) est, quant à elle, dotée de deux vraies lagunes de décantation fonctionnant en alternance. La capacité de décantation en service est de l'ordre de 0,5 m<sup>3</sup> par habitant. La DTO moyenne des effluents correspondants, 433 mg/l, est supérieure à celle des effluents du décanteur d'Arcey, en raison de la forte concentration en NK des eaux de St Symphorien. La lagune de décantation de Fontette (10) est encore plus largement dimensionnée, avec une capacité de décantation comprise entre 1 m<sup>3</sup> par habitant en période de vendange et 2,7 m<sup>3</sup> par habitant en temps normal (chiffres calculés sur la base d'une profondeur estimée à 1 m). Ses effluents ont une DTO variable entre 193 et 405 mg/l, selon l'importance des apports pluviaux et vinicoles.

L'infiltration à Chamouille (02) est précédée d'une lagune unique dimensionnée sur la base de 5 m<sup>2</sup> par équivalent habitant. Le dimensionnement du dispositif de traitement préalable de Limogne (46), constitué de deux lagunes en série, est à peu près le même, soit 4,8 m<sup>2</sup>/ éq. hab.. La DTO des effluents de la lagune de Chamouille, station dont une grande part des eaux usées provient d'une base de loisirs, est très faible (90 mg/l) ; celle des effluents des lagunes de Limogne, dont la population est plus stable et qui reçoivent des effluents de conserveries, est qualifiée de faible (197 mg/l).

### 3.1.1.2 L'infiltration percolation, traitement tertiaire

Les stations de boues activées de Ruoms et d'Aubenas produisent des effluents secondaires qui, en dehors des périodes exceptionnelles, sont d'excellente qualité. La DTO des effluents de Ruoms est de l'ordre de 80 mg/l ; la DCO de ceux d'Aubenas va de 65 mg/l en août à 40 mg/l en septembre.

## 3.1.2 Les bassins d'infiltration

La surface unitaire des bassins d'infiltration est comprise entre 130 et 485 m<sup>2</sup>, à l'exception de la station de Chamouille équipée de deux bassins de 2 500 m<sup>2</sup>. Malgré le recours à peu près généralisé à des alimentations par bâchées, ces surfaces ne permettent pas une répartition satisfaisante des effluents sur les plages d'infiltration quand les débits d'alimentation ne sont pas suffisamment élevés.

Pour toutes les **installations de traitement principal**, les massifs filtrants sont constitués de sables rapportés, avec des granulométries proches de celles recommandées pour ce genre d'ouvrage. Les épaisseurs de sable varient de 0,6 m à Limogne à 2 mètres à Sorges.

Les systèmes filtrants de St Symphorien et de Chamouille sont drainés et les eaux épurées rejetées dans le ruisseau voisin. Les eaux épurées des 5 autres installations effectuant un traitement principal sont rejetées dans les nappes karstiques sous-jacentes.

Les massifs filtrants des **installations de traitement tertiaire** sont des stratifications de sables rapportés, de sables en place remaniés et de sables en place non remaniés. Les épaisseurs totales sont de l'ordre de 3 mètres. Le milieu récepteur est la nappe des alluvions puis l'Ardèche. La proximité d'un substratum marneux a contraint à installer des drains sous les bassins d'Aubenas.

### 3.1.3 Modes de fonctionnement

#### 3.1.3.1 *L'alimentation des bassins d'infiltration*

*La majorité des installations disposent d'une alimentation par bâchées. Ce premier pas vers une gestion rationnelle s'accompagne de succès inégaux en ce qui concerne la répartition des effluents sur les plages d'infiltration et, par voie de conséquence, la qualité de l'épuration.*

*Pour les installations assurant un traitement principal, la hauteur d'eau nominale de la bâchée varie de 0,07 à 0,24 m, sans corrélation évidente ni avec les charges hydrauliques quotidiennes ni avec les épaisseurs des massifs filtrants. Par exemple, faute d'un système d'alimentation automatique, les bâchées délivrées sur les bassins de Fontette sont parmi les plus fortes, alors que la charge quotidienne moyenne traitée est la plus faible et que l'épaisseur du sable est relativement faible. Dans les installations dont les débits d'alimentation sont insuffisants, seule une fraction de la plage d'infiltration est mise en service ; celle-ci reçoit une bâchée effective qui peut être le triple de la bâchée nominale. La station d'Arcey, parmi d'autres, illustre cette réalité.*

*La lame d'eau délivrée par une bâchée équivaut sensiblement, à Ruoms et à Aubenas, à la charge hydraulique quotidienne. La bâchée - si on peut l'appeler ainsi -, dure, à Ruoms, 8 ou 16 h, voire plusieurs jours en fin de semaine ; le débit d'alimentation est celui de la station d'épuration et la mise en eau totale d'un bassin non colmaté est difficile. A Aubenas, le fractionnement de la plage d'infiltration en 15 unités permet, quand celles-ci sont alimentées à tour de rôle, au fil de l'eau de la station, de donner à la notion de bâchée un contenu plus conforme à l'état de l'art.*

#### 3.1.3.2 *Les charges hydrauliques*

*Les charges hydrauliques nominales appliquées quotidiennement, (soit  $H$ , tel que défini au § 2.3.8) dans les installations de traitement principal varient de 0,07 à 0,77 mètre par jour, sans rapport rationnel avec la DTO à traiter. La charge hydraulique la plus forte est celle appliquée à Souillac, soit 0,77 à 0,5 m/j, dont les eaux décantées ont une DTO de l'ordre de 860 mg/l ; la charge hydraulique la plus faible est celle appliquée à Fontette, 0,07 m/j, dont la DTO est, au moins pendant les périodes de temps sec, parmi les plus faibles, avec 193 mg/l. La charge appliquée à St Symphorien, soit 0,33 m/j, représente une valeur moyenne ; elle constitue un exemple de dimensionnement véritablement ajusté à la pollution à traiter (la DTO moyenne est égale à 433 mg/l).*

*Les charges hydrauliques, relativement fortes, des stations de traitement tertiaire sont justifiées par la DTO faible des effluents des stations de boues activées et par l'épaisseur du massif filtrant.*

*Les charges hydrauliques considérées ici sont des charges nominales, calculées comme le rapport du débit effectif de la station à la surface totale des bassins en fonctionnement. A cause des défauts de répartition évoqués ci-dessus, les charges hydrauliques effectivement appliquées sur les plages d'infiltration en fonctionnement sont souvent bien supérieures. Par ailleurs, certaines charges hydrauliques nominales paraissent faibles parce que, comme cela arrive souvent pour des installations récentes, le débit effectif est très en dessous du débit de projet (faibles taux de raccordement, urbanisation en développement,...).*



### 3.1.3.3 Phases de fonctionnement et de séchage

Quand une alternance entre les phases de fonctionnement et de séchage est observée, leurs durées respectives sont égales. Ces durées varient, selon les installations, de quelques jours à quelques mois, reflétant des conceptions sensiblement différentes du procédé. Les phases de fonctionnement et de séchage durent 3 jours à Fontette, ou 3,5 jours à Saint Symphorien de Laye ; mais elles vont jusqu'à 1 à 2 mois à Arcey avec des débordements par suite de colmatage.

L'exploitation saisonnière de l'infiltration percolation à Aubenas et à Ruoms et la faible charge polluante des effluents de boues activées n'exigent pas de véritables phases de séchage.

## 3.1.4 Epuration physico-chimique

### 3.1.4.1 Stations de traitement principal

Les effluents les plus difficiles à traiter par infiltration percolation sont ceux de Souillac et de Sorges, avec de très fortes DTO (860 et 814 mg/l). L'installation de Souillac cumule les handicaps, avec des charges hydrauliques quotidiennes élevées, 0,77 à 0,5 m<sup>3</sup>/j, et une épaisseur de massif filtrant faible : 0,8 m. Dans ces conditions, la DTO reste élevée à la sortie du massif filtrant. Les charges hydrauliques traitées à Sorges sont plus classiques pour ce type d'effluent, de l'ordre de 0,2 m<sup>3</sup>/j, et le massif filtrant est beaucoup plus épais : 2 m. Mais la répartition n'y est homogène que si le colmatage entraîne la submersion de toute la plage d'infiltration : cette submersion arrive rapidement, au bout de 3 jours d'alimentation, tant la teneur en MES des eaux décantées est élevée. Malgré ce fonctionnement un peu archaïque et très risqué, l'oxydation est importante, mais loin d'être complète.

	Caractéristiques de l'influent				Caractéristiques de filtrat		Abaissement des coliformes fécaux (log.)
	MES (mg/l)	DCO (mg/l)	NTK (mg/l)	DTO (mg/l)	DCO (mg/l)	NTK (mg/l)	
Sorges (24)	164	824	70	814	109	16	0,5
Souillac (46)	117	580	112	860	201-282	53-75	<1
S. Symph. en L. (42)	81	334	51	433	<120	<10	1,4
Arcey (25)	84	273	40	347	68	9	1
Fontette (10)	47-56	169-560	20-15	193-405	33-77	7-14	2
Limogne en Q. (46)	35	153	23	197	77	12	0
Charrouille (02)	22	74	10	90	4	3	2
Aubenas (07)		65-38			10-15		2,5
Ruoms (07)	35	50	3-15		15-20	1-2	4,6

Tableau 5 : Performances des stations d'infiltration percolation.



Les installations de St Symphorien et d'Arcey traitent des effluents de DTO plus conformes, 433 et 347 en moyenne, respectivement. Les épaisseurs de sable sont semblables, de l'ordre de 1,7 m, mais les charges hydrauliques théoriques sont dans un rapport de 3/1. Mais, compte tenu de l'efficacité des systèmes de répartition respectifs, les charges hydrauliques effectives sont beaucoup plus proches. Les deux installations produisent des eaux filtrées de qualités voisines, avec des niveaux e et eNK2.

Les effluents des lagunes de Limogne et de Fontette (avec des exceptions pour la période des vendanges) ont une plus faible demande en oxygène. Les résultats obtenus à Limogne apparaissent décevants ; ils le doivent essentiellement à un mode d'alimentation inadapté et à la faible épaisseur du massif filtrant. Grâce à des charges hydrauliques plus faibles et à une épaisseur de sable plus importante, les résultats obtenus à Fontette sont sensiblement meilleurs, avec des niveaux f et NK2 hors période de vendange.

Avec une DTO de l'ordre de 90 mg/l et une charge hydraulique de 0,2 m/j, l'oxydation des effluents de la lagune de Chamouille est pratiquement totale. Le terme d'affinage correspond bien au rôle de l'infiltration dans ce cas là.

#### 3.1.4.2 Stations effectuant un traitement tertiaire

Les DTO des effluents de boues activées de Ruoms et d'Aubenas sont suffisamment faibles, au plus de l'ordre de 100 mg/l, pour que leur oxydation s'effectue sans difficulté, même pour des charges hydrauliques très fortes ... pourvu que le mode séquentiel d'alimentation assure une répartition correcte de l'influent.

### 3.1.5 La décontamination

#### 3.1.5.1 Stations effectuant un traitement principal

La décontamination n'est pas l'objectif prioritaire de ces installations ; en conséquence, les résultats apparaissent globalement modestes.

Les meilleurs abattements des coliformes fécaux sont ceux de Chamouille et de Fontette, avec 2 unités logarithmiques, malgré des épaisseurs de massifs filtrants égales ou à peine supérieures à 1 mètre. Ils correspondent à des charges hydrauliques modérées et à des effluents, le plus souvent, très bien oxydés.

Dans l'ordre des performances, vient ensuite St Symphorien (1,4 unités logarithmiques). Le massif de sable est plus épais (1,7 m), mais la charge hydraulique est aussi plus forte (0,33 m/j). Le suivi a permis de mettre en évidence des courts-circuits hydrauliques.

Les résultats qu'on pourrait attendre de la station d'Arcey ne sont pas atteints. L'abattement des coliformes y est d'une unité logarithmique seulement ... en raison, sans doute, de la mauvaise répartition. Il en résulte, en effet, que les lames d'eau délivrées par chaque bâchée sur les surfaces effectivement en service sont de l'ordre de 27 cm alors qu'elles ne sont que de 10 cm à St Symphorien. Les temps de séjour de l'eau dans les massifs filtrants sont donc sensiblement plus grands à St Symphorien qu'à Arcey et, la décontamination meilleure.

Les installations de St Symphorien et d'Arcey traitent des effluents de DTO plus conformes, 433 et 347 en moyenne, respectivement. Les épaisseurs de sable sont semblables, de l'ordre de 1,7 m, mais les charges hydrauliques théoriques sont dans un rapport de 3/1. Mais, compte tenu de l'efficacité des systèmes de répartition respectifs, les charges hydrauliques effectives sont beaucoup plus proches. Les deux installations produisent des eaux filtrées de qualités voisines, avec des niveaux e et eNK2.

Les effluents des lagunes de Limogne et de Fontette (avec des exceptions pour la période des vendanges) ont une plus faible demande en oxygène. Les résultats obtenus à Limogne apparaissent décevants ; ils le doivent essentiellement à un mode d'alimentation inadapté et à la faible épaisseur du massif filtrant. Grâce à des charges hydrauliques plus faibles et à une épaisseur de sable plus importante, les résultats obtenus à Fontette sont sensiblement meilleurs, avec des niveaux f et NK2 hors période de vendange.

Avec une DTO de l'ordre de 90 mg/l et une charge hydraulique de 0,2 m/j, l'oxydation des effluents de la lagune de Chamouille est pratiquement totale. Le terme d'affinage correspond bien au rôle de l'infiltration dans ce cas là.

#### 3.1.4.2 Stations effectuant un traitement tertiaire

Les DTO des effluents de boues activées de Ruoms et d'Aubenas sont suffisamment faibles, au plus de l'ordre de 100 mg/l, pour que leur oxydation s'effectue sans difficulté, même pour des charges hydrauliques très fortes ... pourvu que le mode séquentiel d'alimentation assure une répartition correcte de l'influent.

### 3.1.5 La décontamination

#### 3.1.5.1 Stations effectuant un traitement principal

La décontamination n'est pas l'objectif prioritaire de ces installations ; en conséquence, les résultats apparaissent globalement modestes.

Les meilleurs abattements des coliformes fécaux sont ceux de Chamouille et de Fontette, avec 2 unités logarithmiques, malgré des épaisseurs de massifs filtrants égales ou à peine supérieures à 1 mètre. Ils correspondent à des charges hydrauliques modérées et à des effluents, le plus souvent, très bien oxydés.

Dans l'ordre des performances, vient ensuite St Symphorien (1,4 unités logarithmiques). Le massif de sable est plus épais (1,7 m), mais la charge hydraulique est aussi plus forte (0,33 m/j). Le suivi a permis de mettre en évidence des courts-circuits hydrauliques.

Les résultats qu'on pourrait attendre de la station d'Arcey ne sont pas atteints. L'abattement des coliformes y est d'une unité logarithmique seulement ... en raison, sans doute, de la mauvaise répartition. Il en résulte, en effet, que les lames d'eau délivrées par chaque bâchée sur les surfaces effectivement en service sont de l'ordre de 27 cm alors qu'elles ne sont que de 10 cm à St Symphorien. Les temps de séjour de l'eau dans les massifs filtrants sont donc sensiblement plus grands à St Symphorien qu'à Arcey et, la décontamination meilleure.

## 3.2 FICHES DE CAS

### 3.2.1 SORGES (24)

**Objectif de l'épuration :** protection d'un aquifère karstique.

**Population desservie :** station dimensionnée pour 550 éq. hab., dont 220 saisonniers.

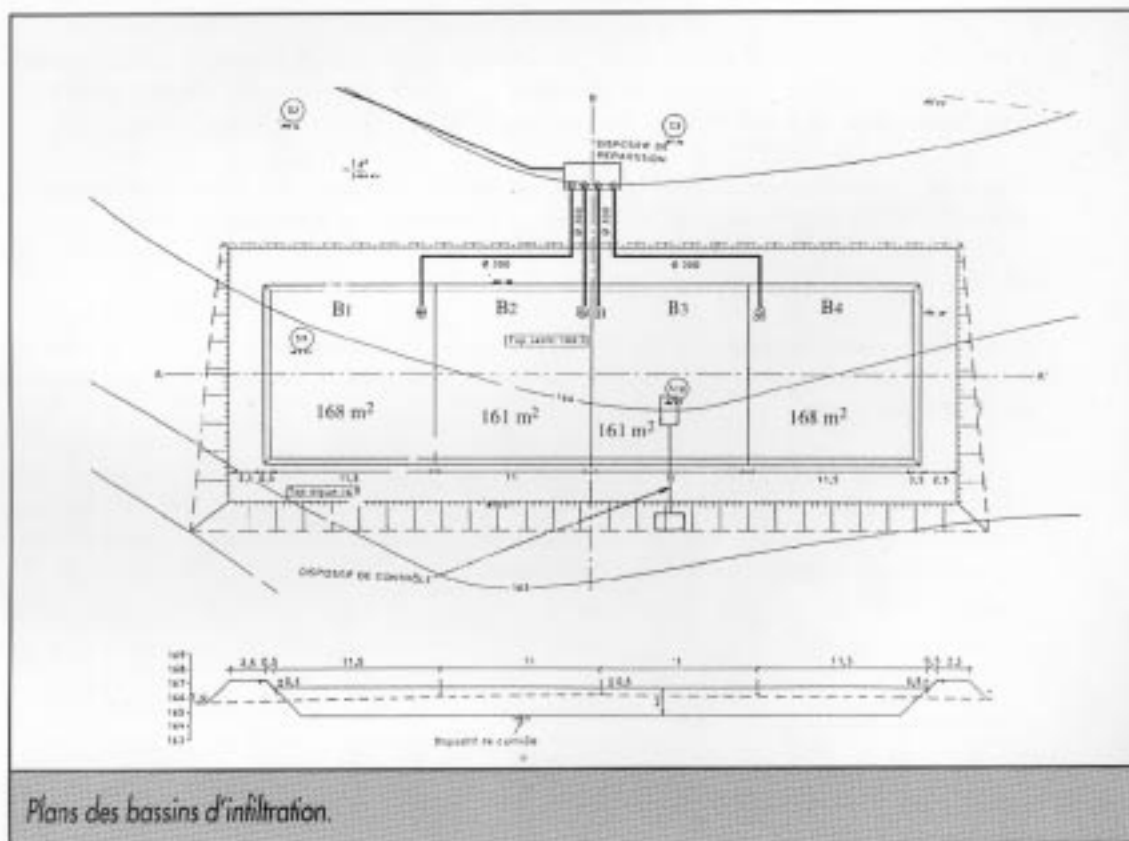
**Effluents industriels :** non.

**Réseau :** séparatif.

**Débits :**

- débits effectifs par temps sec hors saison touristique :  $20 \text{ m}^3/\text{j}$ ,
- débits moyens journaliers :  $34 \text{ à } 39 \text{ m}^3/\text{j}$ ,
- débits parasites, jusqu'à  $200 \text{ m}^3/\text{j}$ ,
- débits en saison touristique :  $50 \text{ m}^3/\text{j}$ .

**Décantation :** décanteur-digester de  $19 \text{ m}^3$  (récupération d'un ouvrage existant).



**Alimentation** : par bâchées de 12 m<sup>3</sup>.

- La station dispose d'une bache de 9 m<sup>3</sup> (extensible à 20 m<sup>3</sup>).
- L'alimentation est effectuée par pompage, au débit de 65 m<sup>3</sup>/h.
- La distribution entre les bassins est manuelle (4 vannes murales).

**Bassins** : 4 bassins de 165 m<sup>2</sup> de surface unitaire.

**Massif filtrant** :

- sable rapporté (d<sub>10</sub> = 0,35 mm ; d<sub>50</sub> = 0,7 mm ; U = 2,6) ; épaisseur : 2 m.
- système non drainé.

**Rejet** : nappe phréatique.

**Fonctionnement** : il varie au cours d'un suivi à caractère expérimental.  
Pour la période du 9/03 au 19/04/90 :

- charge hydraulique quotidienne : 18 cm/j,
- alimentation par bâchées de 7 à 8 cm,
- pas de phase de séchage.

#### **Performances de l'infiltration percolation**

	EFFLUENTS DECANTES	EFFLUENTS DE PERCOLATION
MES (mg/l)	164	22
DCO (mg/l)	824	109
DBO (mg/l)	415	40
NTK (mg/l)	70	16
N-NO <sub>3</sub> (mg/l)	0	19
DTO (mg/l)	814	138
Coli. féc. / 100 ml	8 10 <sup>6</sup>	3 10 <sup>6</sup>

#### **Commentaires :**

*Cette expérience montre que, malgré une pollution très concentrée - liée à un décanteur inadapté - une oxydation honorable est possible, à la condition d'ajuster convenablement la charge hydraulique appliquée sur les bassins. Les résultats seraient bien meilleurs si la répartition de l'influent sur les bassins était mieux assurée.*

*La décontamination est très faible, en dépit de conditions a priori assez favorables : faibles charges hydrauliques, bon fractionnement de ces charges, épaisseur de sable importante, granulométrie satisfaisante. Ces contre-performances laissent supposer l'existence de cheminements préférentiels et de surcharges hydrauliques locales. Elles sont aussi vraisemblablement en partie imputables à l'anoxie chronique du massif filtrant.*

### 3.2.2 SOUILLAC PAILLE BASSE (46)

**Objectif de l'épuration :** protection de l'aquifère karstique.

**Population desservie :** 900 personnes (1 200 à terme) essentiellement saisonnière.

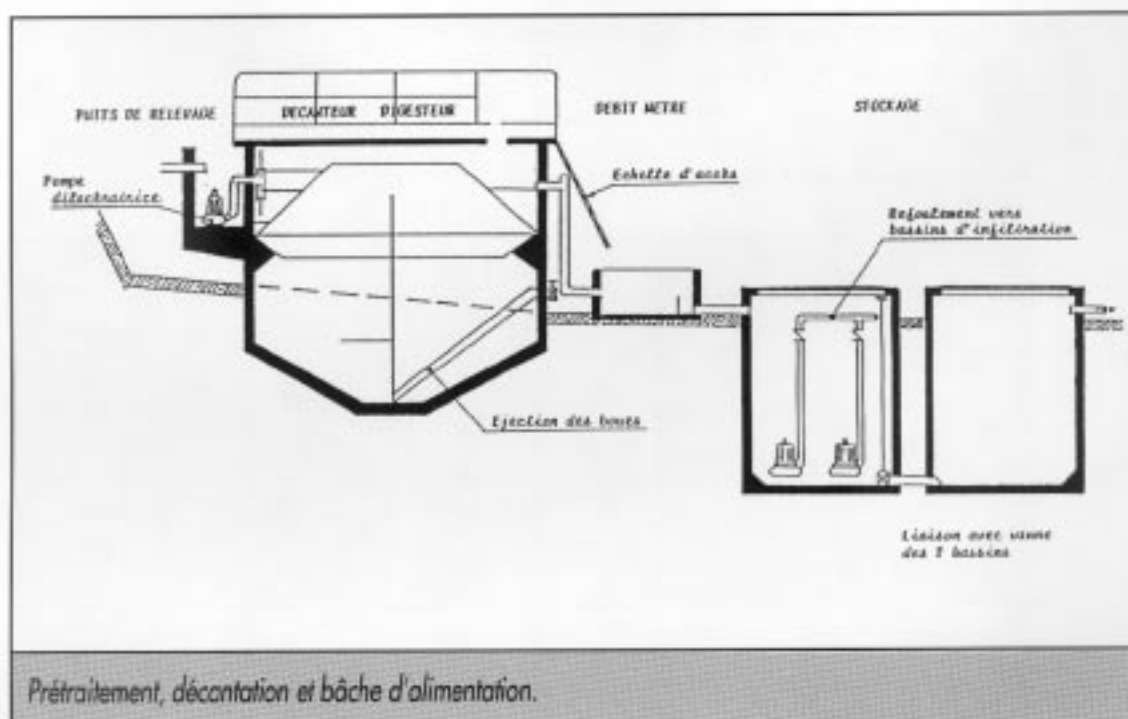
**Réseau :** séparatif.

**Effluents industriels :** non.

**Débit journalier :** 100 m<sup>3</sup>/j en période de pointe.

**Prétraitement :** pompe dilacératrice.

**Décantation :** décanteur-digester (cap.: 1 200 éq. hab.).



**Alimentation :** par bûchées de 17 ou 34 m<sup>3</sup>, selon la capacité de bêche en service.

- Alimentation par pompage à 40 m<sup>3</sup>/h. Les pompes sont commandées par des flotteurs.
- La distribution entre les bassins est commandée manuellement.
- La répartition sur les bassins a été successivement la suivante :
  - configuration initiale : 3 points d'alimentation par bassin, avec équi-répartition par surverse,
  - configuration définitive : 2 points d'alimentation par sous-bassin.

**Bassins :**

- configuration initiale : 2 bassins de 400 m<sup>2</sup> chacun.
- configuration définitive : compartimentage des bassins en sous unités de 130 ou 200 m<sup>2</sup>.



### Massif filtrant :

- sable rapporté ( $d_{10} = 0,21 \text{ mm}$  ;  $U = 2,4$ ), épaisseur : 0,80 m,
- couche drainante : 20 à 40 cm de graviers.

**Rejet :** infiltré sur place vers la nappe phréatique.

### Fonctionnement :

- Alimentation par bûchées de 0,13 ou 0,26, et de 0,085 ou 0,17 m (dans la deuxième configuration),
- La durée des périodes de fonctionnement est extrêmement variable, de 1 jour à près d'un mois. En général un seul bassin est en service.
- Lamé d'eau quotidienne sur le bassin en fonctionnement :  $H = 77$  à 50 cm/j.

### Performances de l'infiltration percolation

	EFFLUENTS DECANTES	EFFLUENTS DE PERCOLATION
MES (mg/l)	117	20 à 36
DCO (mg/l)	580	201 à 282
DBO (mg/l)	263	54 à 120
NTX (mg/l)	112	53 à 75
N-NO <sub>3</sub> (mg/l)	> 1	70* à 1
DTO (mg/l)	≈ 860	
Coli. féc. / 100 ml	$2 \cdot 10^7$ à $10^8$	$6 \cdot 10^6$ à $3 \cdot 10^7$

\* moyenne influencée par quelques valeurs exceptionnellement fortes.

### Commentaires

La réduction de la taille des bassins a permis d'améliorer la qualité de la répartition sur chaque unité d'infiltration.

La charge polluante des effluents décantés est telle que leur oxydation n'est possible qu'à la condition d'appliquer des charges hydrauliques quotidiennes au plus égales à 15 cm/j. Comme les charges appliquées sont au moins de 3 à 5 fois plus fortes, l'oxydation n'est que partielle. La solution consisterait à changer de sous-bassin à chaque nouvelle bûchée ; mais il faudrait pour cela des équipements plus sophistiqués (vannes motorisées télécommandées).

Les charges hydrauliques importantes ou très importantes pour une faible épaisseur de massif filtrant ne permettent pas d'atteindre un niveau de décontamination élevé.

### 3.2.3 SAINT SYMPHORIEN DE LAY (42)

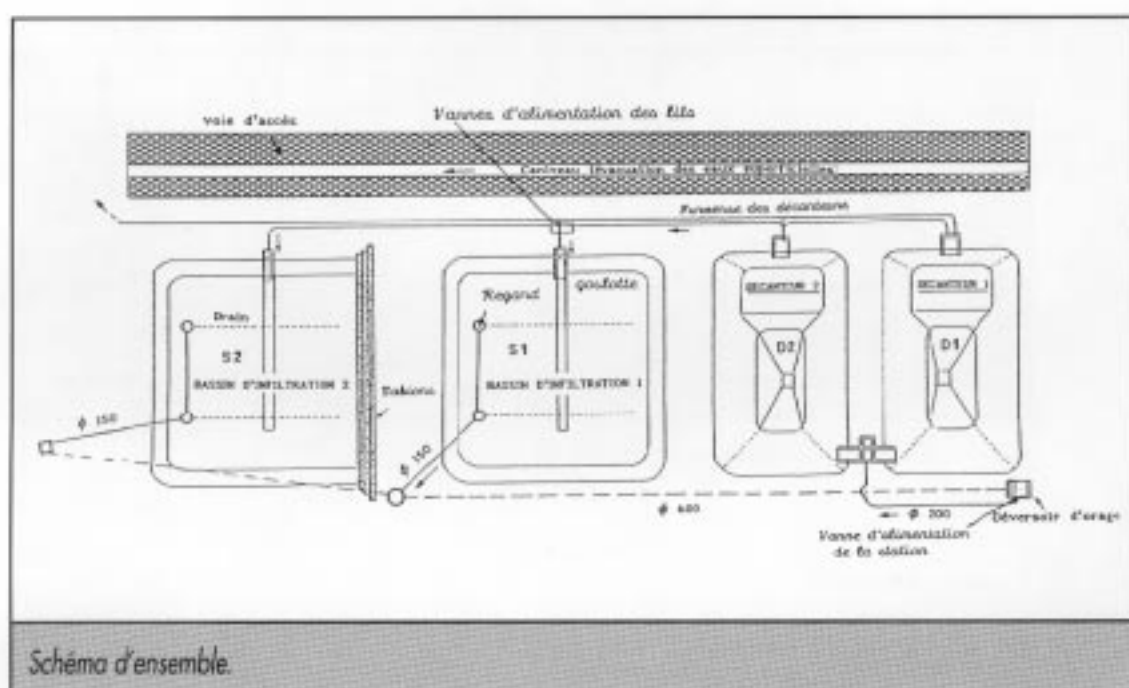
**Ojectif de l'épuration :** protection de la rivière réceptrice, le Gand.

**Population desservie :** 500 équivalents habitants.  
population permanente.

**Effluents industriels :** non.

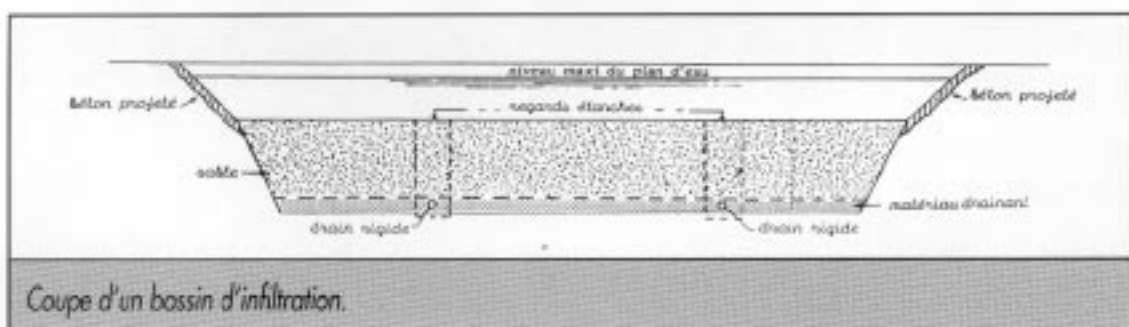
**Réseau :** unitaire.  
déversoir d'orage à l'amont de la station.

**Débits journaliers :** 70 à 80 m<sup>3</sup> par temps sec ; jusqu'à 140 m<sup>3</sup> par temps de pluie.



**Prétraitement :** pas de dégrillage, cloison siphonée en tête de lagune.

**Décantation :** 2 lagunes de décantation en parallèle (capacités : 200 et 250 m<sup>3</sup>).



**Alimentation** : par bûchées de 20 m<sup>3</sup> (soit une lame d'eau de 10 cm). La lagune sert de stockage.

- L'alimentation est gravitaire, commandée par un siphon auto-amorçant placé dans la lagune de décantation.
- La distribution entre les bassins est manuelle (vanne coulissante à vis).
- La répartition sur les bassins est assurée par des goulottes à débordement.

**Bassins** : 2 bassins de 225 m<sup>2</sup> chacun.

**Massif filtrant** :

- sable rapporté (d<sub>50</sub> : 0,6 à 0,8 mm ; U ≈ 7) ; épaisseur : 1,7 m.
- système drainé.

**Rejet** : au cours d'eau.

**Fonctionnement** :

- Alimentation par bûchées représentant une lame d'eau de 10 cm.
- Lame d'eau quotidienne sur le bassin en fonctionnement : 33 cm/jour.
- Durée des phases de fonctionnement, TF = 7 ou 3,5 jours.
- Durée des phases de séchage, TS = TF.

#### Performances de l'infiltration percolation

	EFFLUENTS DECANTES	EFFLUENTS DE PERCOLATION
MES (mg/l)	81	} niveau e
DCO (mg/l)	334	
DBO (mg/l)	120	
NTK (mg/l)	51	
DTO (mg/l)	433	
Coli. féc. / 100 ml	abattement de 1,4 unités log.	

**Commentaires** :

Le rythme d'alternance séchage-fonctionnement,  $T_f/T_s = 1$ , et la durée des phases respectives, 3,5 à 7 jours, permettent une infiltration et une épuration satisfaisantes, y compris en période hivernale.

Toutefois, le caractère unitaire du réseau et un écrêtement insuffisant des débits en période de pluie induisent des perturbations temporaires. Il faut, soit améliorer le calage du déversoir d'orage, soit concevoir spécialement l'installation pour accepter et traiter les débits de temps de pluie.

La superficie des massifs filtrants est appropriée. L'oxydation des effluents est très satisfaisante, avec, à la sortie de la station, un niveau e assuré ; le niveau NK2 est atteint la plupart du temps.

Par contre l'abattement des coliformes fécaux n'est que de 1,4 unités logarithmiques. Ces modestes performances sont très certainement moins imputables à une épaisseur insuffisante du sable qu'à des cheminements préférentiels mis en évidence par traçage. La cause de ces courts-circuits n'est pas identifiée.

### 3.2.4 ARCEY (25)

**Objectif de l'épuration :** protection d'un aquifère karstique.

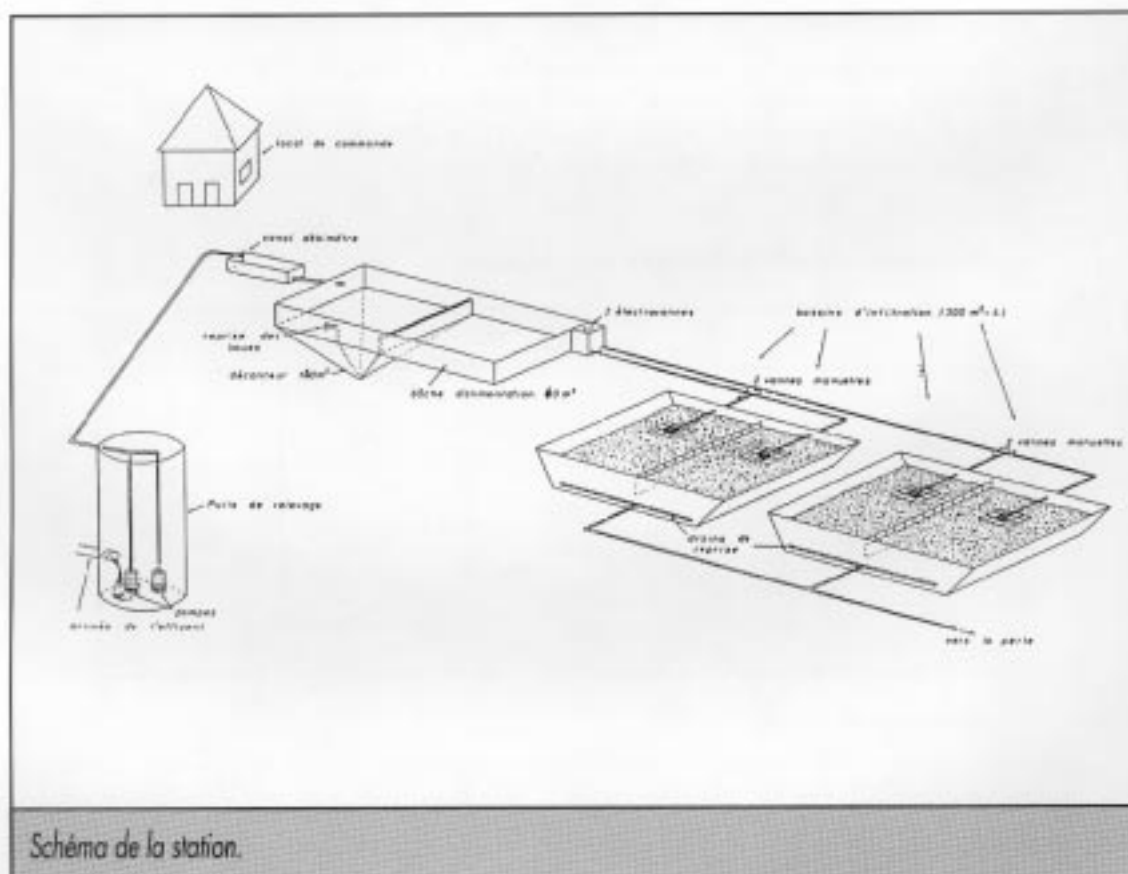
**Population desservie :**

- Projet effectué pour 1 200 habitants.

**Effluent industriel :** non.

**Réseau unitaire qui collecte des effluents issus de fosses septiques.**

**Débits journaliers :** 100 m<sup>3</sup> par jour par temps sec ; jusqu'à 400 m<sup>3</sup> par jour par temps de pluie.



**Décantation :** décanteur de 120 m<sup>3</sup>.

**Alimentation :** par bûchées de 34 m<sup>3</sup>. La bûche de 40 m<sup>3</sup> est accolée au décanteur.

- L'alimentation est gravitaire ; des électrovannes commandent l'alimentation alternée des bassins en fonctionnement.

- Les alternances fonctionnement - séchage sont commandées par des vannes manuelles.

- Un point d'alimentation par bassin.

**Bassins :** 4 bassins de 300 m<sup>2</sup> chacun.

### **Massif filtrant :**

- Sable rapporté ( $d_{50} = 1 \text{ mm}$  ;  $U = 4$ ) ; épaisseur : 1,8 m.
- Un bassin étanchéifié et drainé pour le suivi. Les 3 autres disposent d'un drain pour évacuer ce qui ne serait pas directement infiltré dans la nappe.

**Rejet :** dans la nappe karstique.

### **Fonctionnement :**

- Deux bassins sont simultanément en phase de fonctionnement, les deux autres sont en phase de séchage ( $T_F = T_S$ ).
- Les durées des phases de fonctionnement et des phases de séchage sont de l'ordre du mois : 1 ou 2 mois.
- La lame d'eau nominale correspondant à une bâchée est de 11 cm. A peine la moitié de la plage d'infiltration est mise en eau, en début de phase de fonctionnement. La lame d'eau appliquée sur la plage effectivement en service est supérieure à 20 cm.

### **Performances de l'infiltration percolation**

	EFFLUENTS DECANTES	EFFLUENTS DE PERCOLATION
MES (mg/l)	84	23*
DCO (mg/l)	273	68
DBO (mg/l)	148	22
N <sub>TX</sub> (mg/l)	40	9
N <sub>NO<sub>3</sub></sub> (mg/l)	0,2	32
DIO (mg/l)	347	
Escherichia coli	une unité logarithmique d'abattement	

\* Ces MES sont essentiellement constituées de particules minérales et ne mettent pas en cause la qualité de l'épuration.

### **Commentaires :**

La répartition, assez médiocre, de l'eau usée sur les bassins peut être améliorée par l'accroissement du débit d'alimentation et le nivellement des plages d'infiltration.

La charge hydraulique quotidienne et la charge polluante sont relativement faibles ; ce qui permet une oxydation très complète, sauf pendant les périodes de gel prolongé ou de submersion longue des bassins d'infiltration.

Les durées des phases de fonctionnement et de séchage mériteraient d'être réduites.

La rigueur du climat de cette région ne constitue pas un obstacle au fonctionnement de la station. 3 semaines de gel, avec des températures en permanence comprises entre - 2 et - 10 ° n'ont pas empêché l'infiltration.

Le niveau décevant de la décontamination est vraisemblablement lié à la répartition des effluents, qui induit des surcharges locales et des temps de transfert des effluents courts, comme semble le montrer l'enregistrement des débits à l'exutoire.



### 3.2.5 FONLETTE (10)

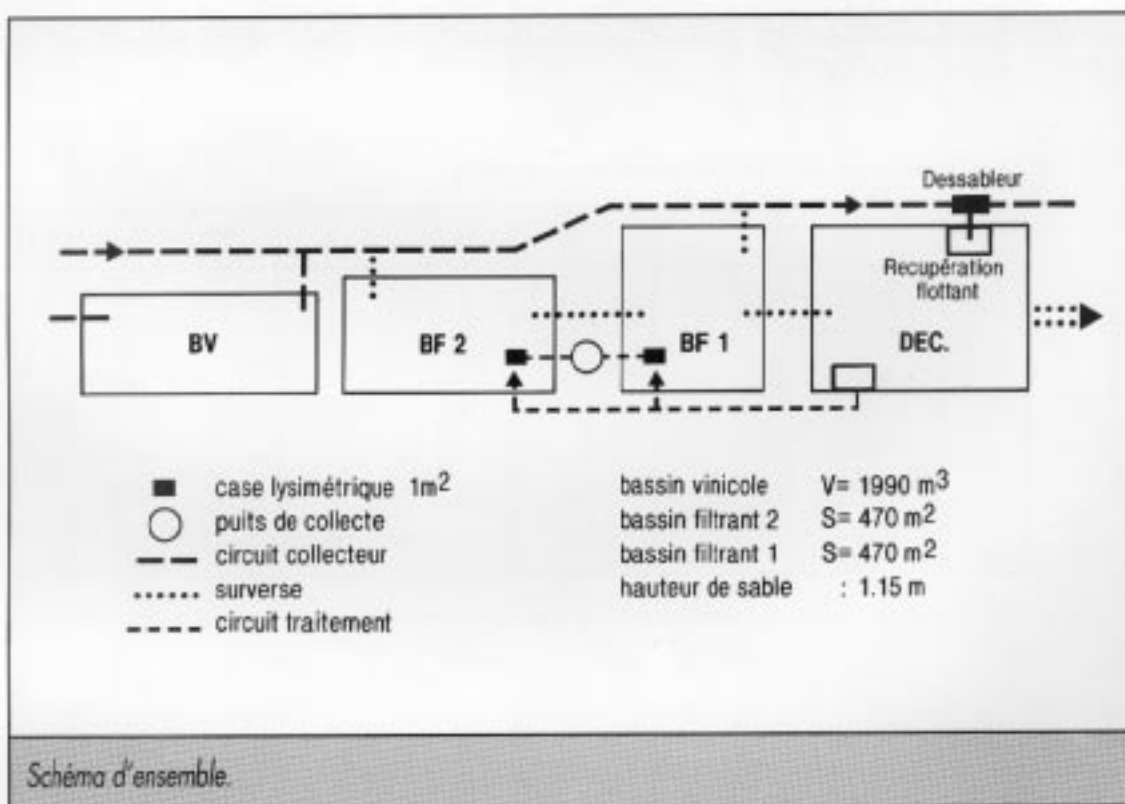
**Objectif de l'épuration** : protection d'une nappe karstique.

**Population desservie** : population permanente : 250 habitants.  
population saisonnière (vendanges) : 400 personnes.

**Effluents industriels** : effluents vinicoles (300 hectares de vignoble).

**Réseau** : unitaire.

**Débits** : débits de pointe de 4 m<sup>3</sup>/h en période sèche à 250 m<sup>3</sup>/h en période de pluies.



Une particularité de cette station est l'existence d'un **bassin vinicole** de 2 000 m<sup>3</sup> qui réceptionne et stocke les effluents de 3 caves particulières, de la cave coopérative et des eaux de drainage. Ces effluents sont restitués par bâchées dans le décanteur hors période de vendanges, de telle manière que la charge sur la ligne de traitement principal n'excède pas 2 000 éq. hab.

La ligne de traitement principal reçoit la totalité des débits du réseau unitaire : eaux usées, eaux pluviales et effluents de 3 caves particulières.

**Prétraitement** : Dessableur rustique et récupérateur de flottants.

**Décantation** :

- Lagune de décantation (surface : 684 m<sup>2</sup>).
- Surverses vers bassins d'infiltration et prairies (fonctionnent par temps de fortes pluies).

**Alimentation** : par bâchées de 113 m<sup>3</sup>. La lagune sert de stockage.

- L'alimentation est gravitaire, commandée par une manoeuvre de vanne.
- La distribution entre les bassins est manuelle.
- Un seul point d'alimentation par bassin avec dissipateur d'énergie.

**Bassins** : 2 bassins de 470 m<sup>2</sup> chacun.

**Massif filtrant** :

- *Sable rapporté* ( $d_{60} = 0,3 \text{ mm}$  ;  $U = 2$ ) ; épaisseur : 1,15 m.
- *Couche drainante* : 20 cm de graviers pour faciliter l'évacuation souterraine.

**Rejet** : vers la nappe phréatique.

**Fonctionnement** :

- Alimentation par bâchées de 24 cm.
- Changement de bassin après chaque bâchée.
- TF + TS est en moyenne de 3,5 jours.

**Performances de l'infiltration**

	EFFLUENTS DÉCANTES		EFFLUENTS DE PERCOLATION	
	temps sec	toutes périodes	temps sec	toutes périodes
MES (mg/l)	47	56	19	18
DCO (mg/l)	169	560	33	77
DBO (mg/l)	51	121	7	14
NTK (mg/l)	20	15	7	5
N-NO <sub>2</sub> (mg/l)	2	4	2	1,4
DTO (mg/l)	193	405		
Coll. fec. (nb/100 ml)		1,4.10 <sup>6</sup>		1,6.10 <sup>7</sup>

**Commentaires** :

*Cette installation, spécialement conçue pour accepter les eaux pluviales et les effluents de caves vinicoles, constitue un exemple très original.*

*Par temps sec, les charges hydrauliques moyennes appliquées sont suffisamment faibles pour assurer une bonne oxydation, sauf en période de fort rejet vinicole. Une part importante de l'azote paraît dénitrifiée.*

*En période pluvieuse, les bassins d'infiltration sont submergés de manière quasi-continue. La dilution par les eaux pluviales réduit considérablement la concentration de la pollution. Par ailleurs, on observe, durant ces périodes de pluie, une tendance au colmatage aggravée par les rejets vinicoles.*

*La décontamination, soit 2 unités logarithmiques d'abattement, est bonne compte tenu de l'épaisseur de sable (1,1 m).*

### 3.2.6 LIMOGE EN QUERCY (46)

**Objectif de l'épuration** : protection d'un aquifère karstique.

**Population desservie** : 450 habitants permanents + habitants saisonniers.  
base de dimensionnement: 600 éq. habitants.

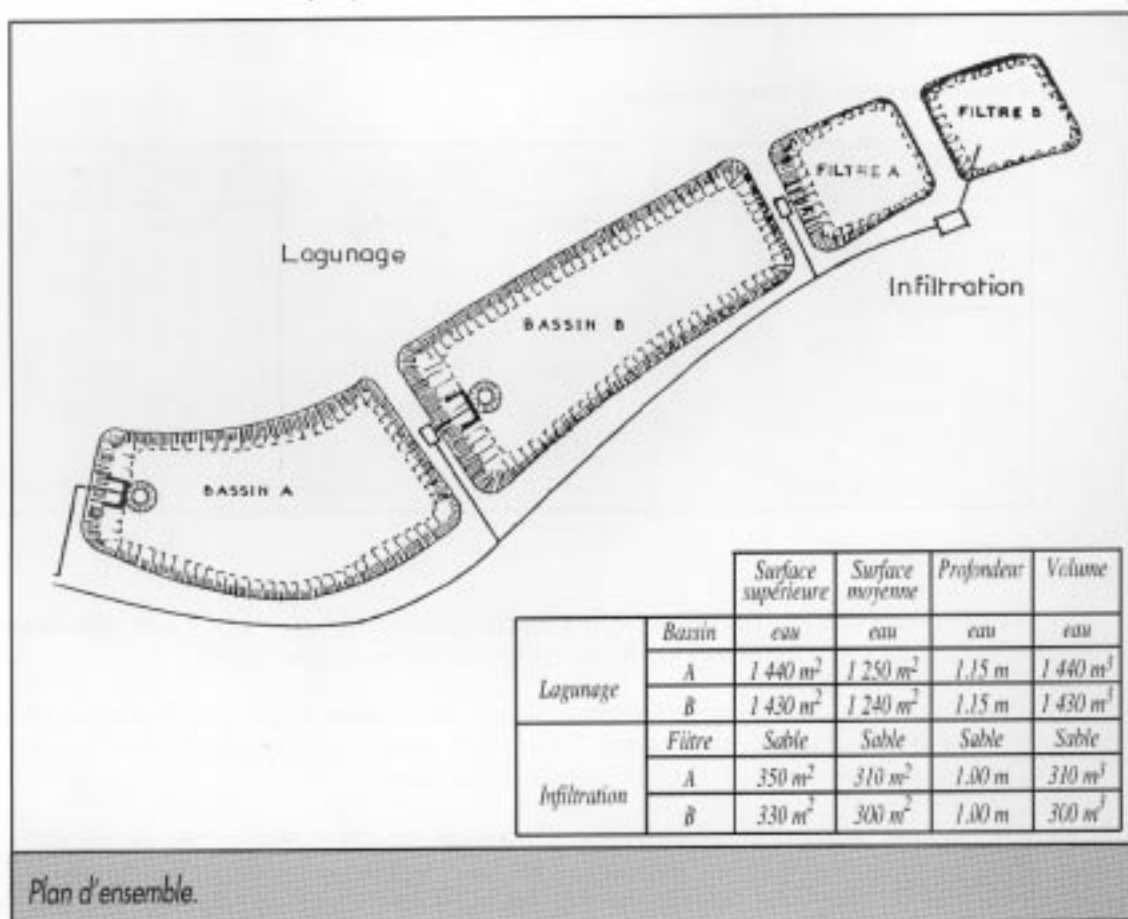
**Effluents industriels** : Conserveries.

**Réseau** : unitaire, équipé d'un déversoir d'orage, avec envoi des flux en excès sur un des deux bassins d'infiltration.

**Débit** : 50 à 80 m<sup>3</sup>/j.

**Prétraitement** : dégrillage manuel.

**Traitement primaire** : lagunage à 2 bassins,  
surface : 1 440 + 1 430 m<sup>2</sup>, soit 4,8 m<sup>2</sup>/ éq. hab.,  
profondeur : 1,15 m.



**Alimentation** : gravitaire continue (par débordement) ou par bâchées, la deuxième lagune servant de stockage.

-L'alimentation des bassins est commandée par des vannes à commande manuelle.

-Un bassin est équipé d'un répartiteur central expérimental, qui dessert 4 sous bassins ; l'autre bassin dispose d'une alimentation ponctuelle centrale.

**Bassins** : 2 bassins de 340 m<sup>2</sup> chacun.

**Massif filtrant :**

- Sable rapporté ( $d_{50} = 0,8 \text{ mm}$  ;  $U = 3$ ) ; épaisseur : 60 cm.
- Une sous-couche de répartition de 40 cm de graviers.

**Rejet :** dans la nappe karstique.

**Fonctionnement :** variable selon les périodes du suivi expérimental.

- Au fil de l'eau, avec changement de bassin chaque semaine.
- Grandes bâchées : 2 à 3 jours, puis 6 jours de stockage dans la deuxième lagune, 1 jour de vidange sur le filtre.

**Performances de l'infiltration percolation**

	EFFLUENTS DE LA LAGUNE	EFFLUENTS DE PERCOLATION
MES (mg/l)	35	20
DCO (mg/l)	153	77
DBO (mg/l)	34	21
NTK (mg/l)	23	12
N-NO <sub>3</sub> (mg/l)	1	3
DTO (mg/l)	197	*
Coli, féc. / 100 ml	$10^5$ à $5 \cdot 10^4$	$3,5 \cdot 10^5$ à $3,5 \cdot 10^4$

**Commentaires :**

L'épuration complémentaire produite par l'infiltration est modeste, malgré la charge polluante relativement faible des effluents de lagunage et des surfaces d'infiltration confortables. Les modes d'alimentation entraînent des défauts de répartition (alimentation continue) ou bien les bâchées, avec des lames d'eau de 0,55 à 1 m, sont beaucoup trop fortes pour un filtre de si faible épaisseur. L'amélioration de l'oxydation passe par des apports plus fractionnés et un débit d'alimentation plus élevé.

Les défauts des modes d'alimentation combinés à la faible épaisseur du filtre expliquent le niveau très faible de la décontamination.

### 3.2.7 CHAMOUILLE (02)

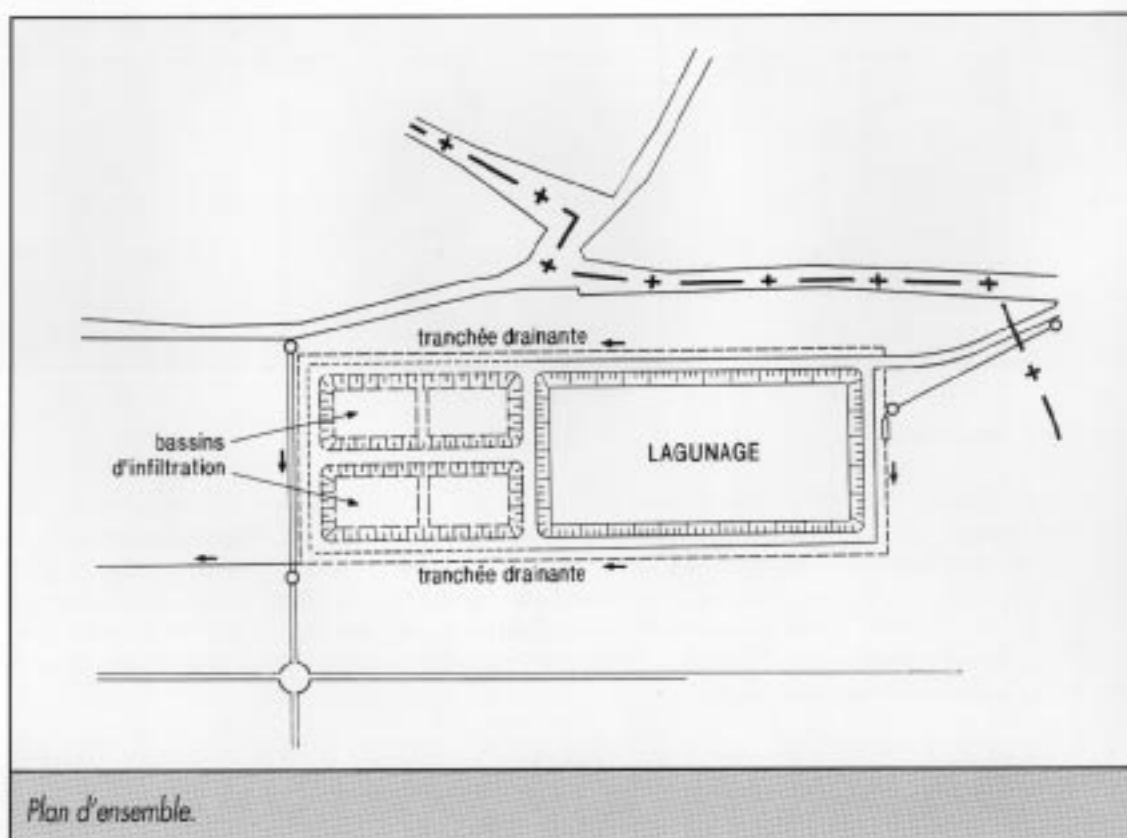
**Objectif de l'épuration** : protection de la rivière réceptrice (niveau NK2).

**Population desservie** : 300 éq. habitants permanents,  
700 éq. habitants temporaires,  
1 000 éq. habitants base de loisirs,  
débits entre 200 et 500 m<sup>3</sup>/j en été.

**Effluents industriels** : bouilleur de cru.

**Réseau** : séparatif.

**Débit journalier** : 200 à 500 m<sup>3</sup>/j.



**Prétraitement** : chenal longitudinal pour dégrillage, dessablage et déshuilage sommaires.

**Décantation** : lagune de 10 000 m<sup>2</sup>, soit plus de 5 m<sup>2</sup>/éq. habitant, avec un volume de 10 000 m<sup>3</sup>.

**Répartition entre les bassins** : manuelle.

**Alimentation** : au fil de l'eau.

- La distribution entre les bassins est manuelle.



**Bassins** : 2 bassins de 2 500 m<sup>2</sup> chacun.

**Massif filtrant** :

- *Sable* ( $d_{60} = 0,21$  mm,  $U = 2$ ), épaisseur : 1 mètre.
- *Système drainé*.

**Rejet** : au cours d'eau.

**Fonctionnement** : non connu.

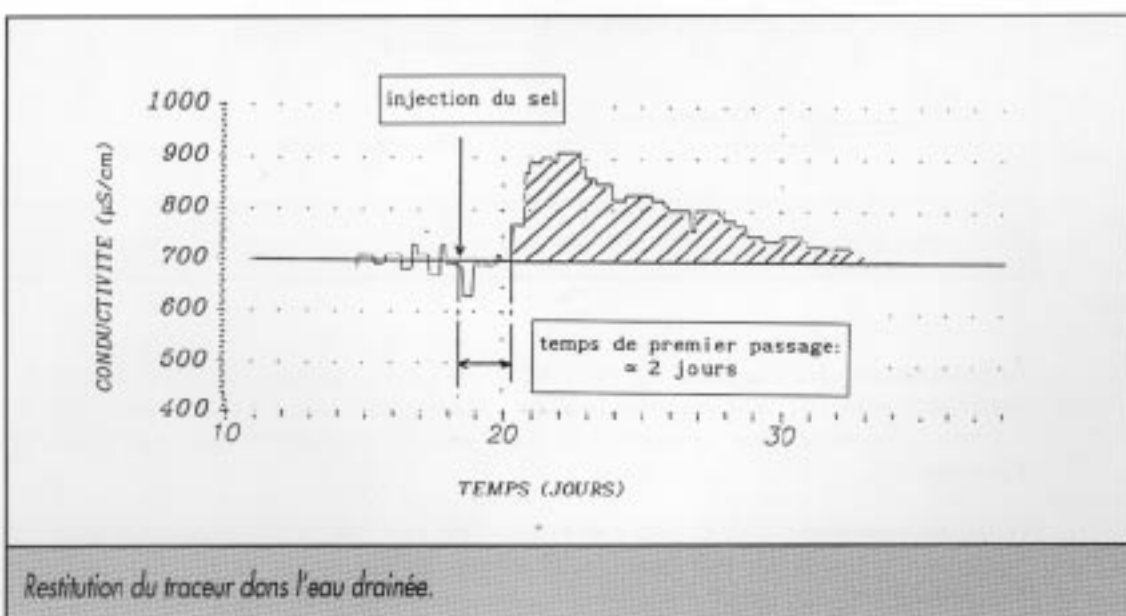
**Performances** :

	EFFLUENTS DE LA LAGUNE	EFFLUENTS DE PERCOLATION
MES (mg/l)	22	4
DCO (mg/l)	74	4
DBO (mg/l)	20	7
Ntk (mg/l)	10	3
DTO (mg/l)	90	
Esche. col. / 100 ml	400	5

**Commentaires** :

La lagune prend la plus grande part à l'épuration et l'infiltration percolation ne constitue qu'un traitement tertiaire. Les résultats obtenus sont très satisfaisants. Il est tout à fait normal, étant donné la faible DTO des effluents de lagunage, que leur oxydation complète soit menée à bien à travers l'infiltration percolation.

On note la bonne performance en décontamination : 2 unités logarithmiques d'abattement pour 1 mètre de sable. Un traçage montre une bonne maîtrise des temps de séjour dans le filtre.



### 3.2.8 AUBENAS (07)

**Objectif de l'épuration :** respect de la qualité eau de baignade dans l'Ardèche pendant l'été. L'installation d'infiltration a un fonctionnement strictement saisonnier.

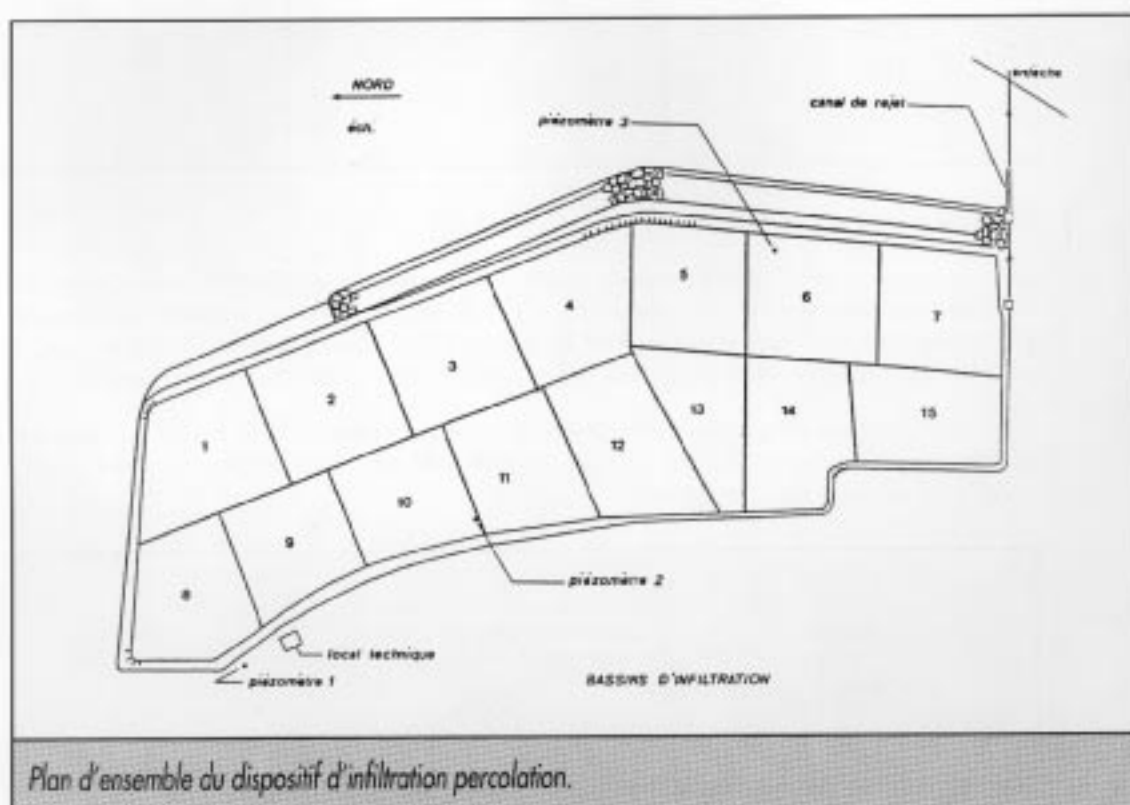
**Population desservie :** 24 000 équivalents-habitants.

**Débit :** 3 600 m<sup>3</sup>/j par temps sec.

**Réseau :** le réseau est unitaire. Un déversoir d'orage protège la station.

**Prétraitement :** dégrillage, dégraissage-dessablage.

**Traitement :** boues activées avec bassin d'aération de 3 700 m<sup>3</sup> (4 turbines de 30kW) et clarificateur (2 675 m<sup>3</sup>).

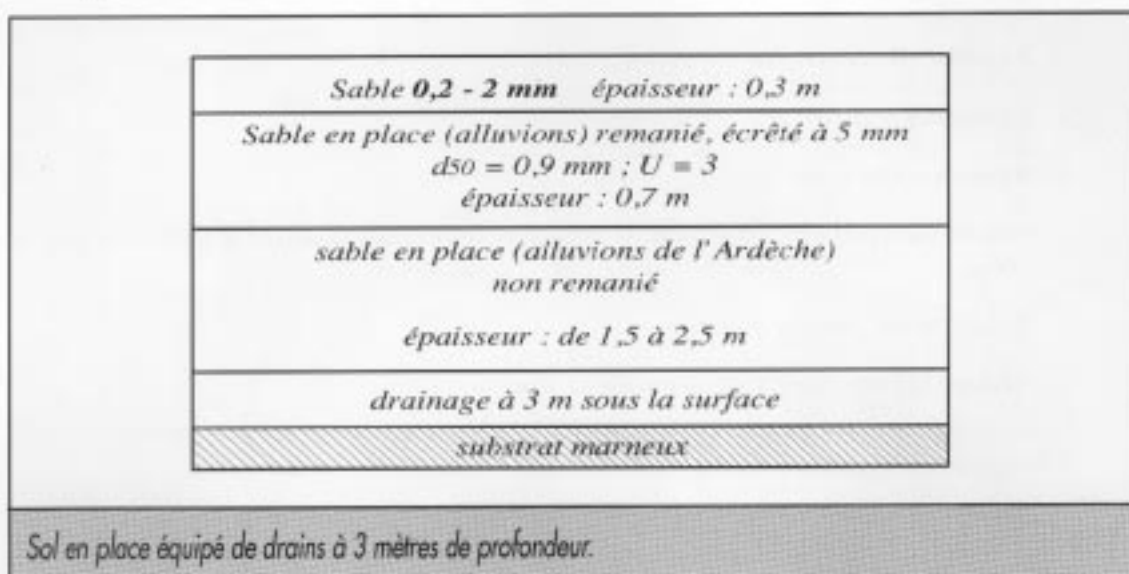


**Alimentation des bassins :** Elle s'effectue gravitairement au fil des débits de la station. La durée d'alimentation de chaque bassin n'excède pas 2 à 3 heures - éventuellement plus la nuit -, si bien que ces apports sont assimilables à des bûchées.

- L'alimentation des bassins est contrôlée par des électrovannes pneumatiques commandées par un automate programmable.
- Chaque bassin dispose d'un point d'alimentation, avec dalle brise jet.

**Bassins** : 15 bassins d'une surface unitaire de 485 m<sup>2</sup>, délimités par un cloisonnement superficiel.

**Massif filtrant** :



**Rejet** : les eaux de drainage sont rejetées dans l'Ardèche.

**Performances de l'infiltration percolation** :

DCO EFFL. SEC. (mg/l)	DCG FILTRAT (mg/l)	ABATTEMENT DES COLI. FEC (tauxes logarithmiques)
65-38	10-15	25

**Commentaires** :

La période de suivi est caractérisée par la mise au point et les réglages de l'infiltration percolation :

- le massif filtrant a été remanié sur 60 cm d'épaisseur pour trouver une capacité normale d'infiltration,
- la répartition entre les bassins, d'abord manuelle puis gérée par l'automate programmable, a donné lieu à des tâtonnements,
- des by pass de l'infiltration par suite de départs de boues secondaires ou à cause d'orages ont été nécessaires.

Les mesures physico-chimiques et bactériologiques montrent que les objectifs d'épuration sont sensiblement atteints. Elles portent néanmoins la marque des incidents de fonctionnement et des aléas de la période de mise au point.

### 3.2.9 RUOMS (07)

**Objectif de l'épuration :** respect de la qualité eau de baignade de l'Ardèche pendant l'été. La station a un fonctionnement saisonnier.

**Population desservie :** 9 000 habitants.

**Effluents industriels :** caves vinicoles.

**Réseau :** séparatif.

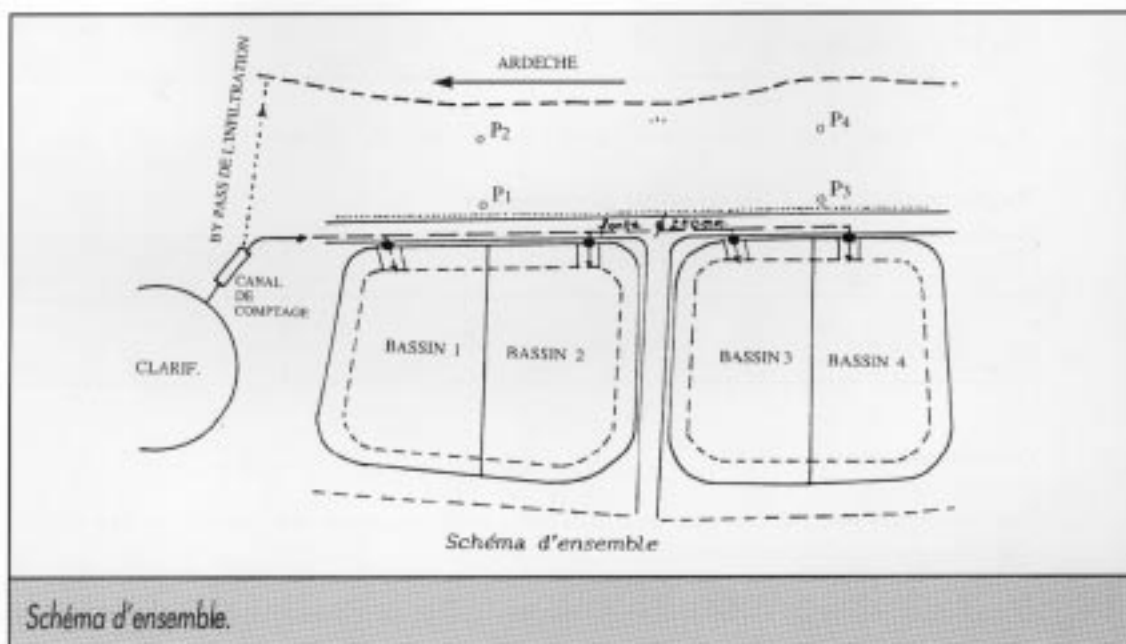
**Débits journaliers :** 450 à 650 m<sup>3</sup>/j par temps sec ; jusqu'à 930 m<sup>3</sup>/j par temps de pluie.

**Traitement :** boues activées.

**Alimentation :** au fil du débit de la station.

- La distribution entre les bassins est réglée par des vannes manuelles.

- Un point d'alimentation par bassin, avec dalle brise-jet.



**Bassins :** 4 bassins de 450 m<sup>2</sup> de superficie unitaire.

**Massif filtrant :**

Sable basaltique ( $d_{60} = 2 \text{ mm}$ ; $U = 8$ ) épaisseur : 0,7 m
Sable des alluvions de l'Ardèche rapporté épaisseur : 0,3 à 0,8 m
Sable des alluvions de l'Ardèche en place $d_{60} = 0,65$ ; $U = 13$ épaisseur au dessus de la nappe : 1,5 m

**Rejet :** dans la nappe phréatique qui, elle-même, alimente la rivière.

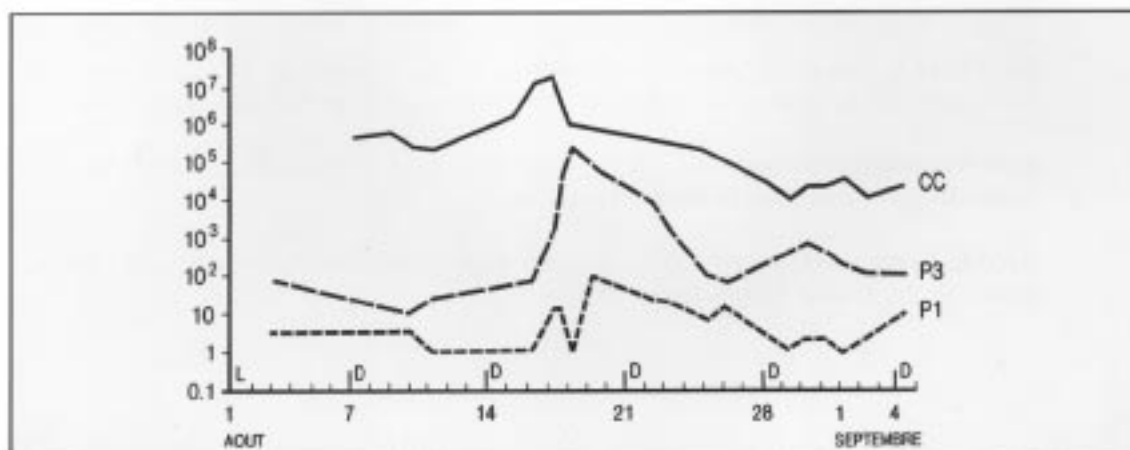
**Fonctionnement :** En semaine, les effluents de la station alimentent alternativement 2 bassins, l'un de 10 à 18 h, l'autre de 18 h à 10 h le jour suivant. Soit une **bâchée** par jour, 5 jours par semaine. Le week end, les mêmes 2 bassins sont alimentés au fil de l'eau.

- *Lame d'eau appliquée sur les bassins en fonctionnement:  $H \approx 0,6$  m/j en moyenne (de 0,42 à 0,97 m/j).*

- *Pas de phase de séchage.*

**Performances de l'infiltration percolation :**

	EFFLUENTS SECONDAIRES	EFFLUENTS DE PERCOLATION
MES (mg/l)	35	20
DCO (mg/l)	~50	15 à 20
NTK (mg/l)	3 à 15 25 à 30 pendant les vendanges	1 à 2 (bassin témoin)



Teneurs en col. féc. dans les effl. secondaires (CC) et dans les piézomètres P1 et P3 (voir schéma d'ensemble). Les bassins 1 et 3 reçoivent respectivement des charges hydrauliques de 52 et 97 cm/j. L'effet de la perturbation du traitement biologique le 15 août (arrêt des turbines suite à un orage) se fait durablement sentir.

**Commentaires :**

*Les débits d'alimentation sont faibles et la submersion complète des bassins n'est possible qu'avec un colmatage important.*

*La faible charge polluante des effluents de la station permet d'appliquer de fortes charges hydrauliques, jusqu'à près de 1 m/j, sans phase de séchage. L'oxydation est très poussée malgré un mode d'application peu favorable à la gestion des apports en oxygène.*

*L'élimination des germes est très importante : les abattements sont de 4 à 6 unités logarithmiques quand le fonctionnement de l'ensemble de la station est régulier. La décontamination est sensiblement affectée par les à-coups d'alimentation, notamment les variations brutales de charge polluante. Les traçages ne mettent en évidence aucun cheminement préférentiel.*



### 3.3 RAPPORTS DE SUIVIS CONSULTÉS

*Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse, 1990. Epuration des eaux usées urbaines par infiltration séquentielle. Un pédo-traitement terminal. Expérimentation de Ruoms.*

*CEMAGREF, 1991. Traitement des eaux usées domestiques par lits d'infiltration percolation sur sable. Etude expérimentale du site de Saint Symphorien de Lay.*

*CETE Nord-Picardie, 1989. Suivi de la pollution d'une base de loisirs. Compte rendu de travail. Etude Inter-Agences.*

*SATESE Dordogne, 1992. Suivi du fonctionnement d'un bassin d'infiltration de la station d'épuration de Sorges (24). Janvier à août 1990. Etude Inter-Agences.*

*Conseil Général du Lot - SATESE, 1989. Bassins d'infiltration du camping de Souillac Paille-Basse. Etude de leur fonctionnement de 1987 à 1989.*

*Conseil Général du Lot - SATESE, 1990. Bassins d'infiltration de Limogne en Quercy. Etude de leur fonctionnement de 1987 à 1989.*

*EPTEAU. Etude du fonctionnement du traitement de finition par infiltration sur sable, de la station d'Aubenas - St Etienne de Fontbellon - St Sernin.*

*Laboratoire du Tonnerrois, 1991. Suivi S.E.U. Fontette. Performances épuratoires. Note de synthèse. Etude Inter-Agences.*

*SRAE Franche-Comté, 1991. Arcey - Epuration par infiltration sur sable. Suivi et évaluation. Etude Inter-Agences.*



*Ont participé à la réalisation de ce document :*

- *Rédaction :*  
*F. BRISSAUD (L.H.M.)*  
*avec la collaboration de J. LESAVRE (AESN).*
- *Communication et valorisation :*  
*V. LAHOSSINE-TURCAUD (AESN).*
- *Conception : EDICREAT COMMUNICATION.*
- *Impression : Imprimerie HEMMERLE.*