

TSM : techniques sciences méthodes, génie urbain génie rural

Association générale des hygiénistes et techniciens municipaux.
Auteur du texte. TSM : techniques sciences méthodes, génie urbain
génie rural. 1999-03-01.

1/ Les contenus accessibles sur le site Gallica sont pour la plupart des reproductions numériques d'oeuvres tombées dans le domaine public provenant des collections de la BnF. Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n°78-753 du 17 juillet 1978 :

- La réutilisation non commerciale de ces contenus ou dans le cadre d'une publication académique ou scientifique est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur et notamment du maintien de la mention de source des contenus telle que précisée ci-après : « Source gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France » ou « Source gallica.bnf.fr / BnF ».
- La réutilisation commerciale de ces contenus est payante et fait l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service ou toute autre réutilisation des contenus générant directement des revenus : publication vendue (à l'exception des ouvrages académiques ou scientifiques), une exposition, une production audiovisuelle, un service ou un produit payant, un support à vocation promotionnelle etc.

[CLIQUER ICI POUR ACCÉDER AUX TARIFS ET À LA LICENCE](#)

2/ Les contenus de Gallica sont la propriété de la BnF au sens de l'article L.2112-1 du code général de la propriété des personnes publiques.

3/ Quelques contenus sont soumis à un régime de réutilisation particulier. Il s'agit :

- des reproductions de documents protégés par un droit d'auteur appartenant à un tiers. Ces documents ne peuvent être réutilisés, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.
- des reproductions de documents conservés dans les bibliothèques ou autres institutions partenaires. Ceux-ci sont signalés par la mention Source gallica.BnF.fr / Bibliothèque municipale de ... (ou autre partenaire). L'utilisateur est invité à s'informer auprès de ces bibliothèques de leurs conditions de réutilisation.

4/ Gallica constitue une base de données, dont la BnF est le producteur, protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle.

5/ Les présentes conditions d'utilisation des contenus de Gallica sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

6/ L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur, notamment en matière de propriété intellectuelle. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment passible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

7/ Pour obtenir un document de Gallica en haute définition, contacter utilisation.commerciale@bnf.fr.

Traitement des effluents de station d'épuration en zone littorale par infiltration (géo-épuration)

■ J.M. BATTAREL¹, D. PENNEQUIN¹, A. NEVEU²

En zone littorale, le rejet des eaux résiduaires en sortie de station d'épuration ou lagunage risque souvent d'induire un problème de contamination bactérienne du milieu aquatique (réseau hydrographique ou milieu marin) qui peut avoir une incidence néfaste sur la qualité des eaux de baignade ou sur l'activité conchylicole. Dans d'autres cas, l'absence de réseau hydrographique ou le coût d'un émissaire en mer interdisent tout rejet direct dans le milieu aquatique, d'où la mise en place de systèmes d'infiltration dans le sol permettant de bénéficier du pouvoir auto-épurateur du milieu naturel.

Le groupe SAFEGE Ingénieurs Conseils a conduit, depuis plus d'une dizaine d'années, de nombreuses études de faisabilité et a procédé à la mise en place de plusieurs systèmes d'infiltration et d'épuration complémentaire naturelle des effluents, fonctionnant, pour certains, depuis plus de 10 ans en remplissant parfaitement leur objectif de traitement de finition.

Maîtrise du contexte géologique, hydrogéologique et capacité d'infiltration

Le pouvoir auto-épurateur des sols ne peut être envisagé que dans le cas de milieux poreux relativement homogènes à perméabilité d'interstices, par opposition aux milieux fissurés. Au stade de la faisabilité, l'étude géologique et hydrogéologique est donc primordiale pour déterminer les caractéristiques physiques du milieu et évaluer les capacités d'infiltration. A cet effet, il est important de procéder d'abord à des investigations géophysiques pour s'assurer de l'homogénéité du site, puis mécaniques pour étudier les variations lithologiques, et notamment en prélevant des échantillons de sol en vue d'analyses granulométriques, et enfin à des essais de perméabilité pour appréhender les vitesses d'infiltration potentielle.

Un second volet de l'étude de faisabilité réside dans la reconnaissance de l'aquifère sous-jacent présent dans la plupart des cas. Il est nécessaire en effet de savoir si le dit aquifère est exploité pour l'alimentation en eau potable et de connaître ses caractéristiques hydrodynamiques (transmissivité, coefficient d'emménagement), ses fluctuations de niveaux, les caractéristiques géochimiques de son eau, et surtout l'épaisseur de la zone non saturée et ses variations saisonnières.

En effet, il est indispensable de pouvoir disposer pour l'infiltration des effluents, d'une puissance de milieu non saturé suffisamment importante, pour que celui-ci puisse avoir un rôle efficace d'épuration.

Lorsque l'ensemble des données géologiques et hydrogéologiques sont rassemblées, il convient d'en faire la synthèse et d'utiliser les résultats afin de pouvoir évaluer les impacts sur le milieu (sol et nappe) et dimensionner correctement les systèmes d'infiltration.

Dans beaucoup de cas, des modèles mathématiques sont élaborés à cet effet afin notamment d'appréhender les modes et vitesses d'infiltration dans le milieu non saturé, la remontée du niveau piézométrique liée à l'impact de l'infiltration et enfin la propagation, voire le devenir, des contaminants résiduels éventuels qui atteindraient la nappe phréatique.

Ces modèles sont généralement de type hydrodynamique ou parfois hydrodispersif et fonctionnent en régime transitoire de manière à pouvoir prendre en considération les fluctuations de l'aspect réservoir du système.

D'autre part, les dispositifs d'infiltration peuvent être de plusieurs types : par bassin (ex. Seignosse-le-Penon), par drains enterrés (ex.: île d'Aix) ou encore par micro-asper-

1. SAFEGE Ingénieurs Conseils, Nanterre.

2. SAUNIER-TECHNA, Rennes

sion en fonction des débits à infiltrer, des caractéristiques du milieu, de la qualité de l'effluent et du contexte environnemental.

Quel que soit le mode d'infiltration envisagé, il y aura toujours intérêt à provoquer une alimentation séquentielle du dispositif de géo-épuration (alternance de phases actives et phases de repos) pour assurer, dans tous les cas, une meilleure oxygénation du milieu et, dans le cas d'infiltration à partir de la surface (micro-aspiration), pour limiter le flacage et éviter le colmatage. En effet, le flacage apparaît dès que le débit épandu par micro-aspiration est supérieur au débit potentiel d'infiltration.

Par ailleurs, les charges hydrauliques doivent être rigoureusement contrôlées car elles ont leur importance sur :

- le temps de séjour de l'effluent à travers le massif filtrant, donc sur l'efficacité du pouvoir auto-épurateur du milieu,
- la puissance de la zone non saturée qui ne doit jamais être inférieure à 2 m environ.

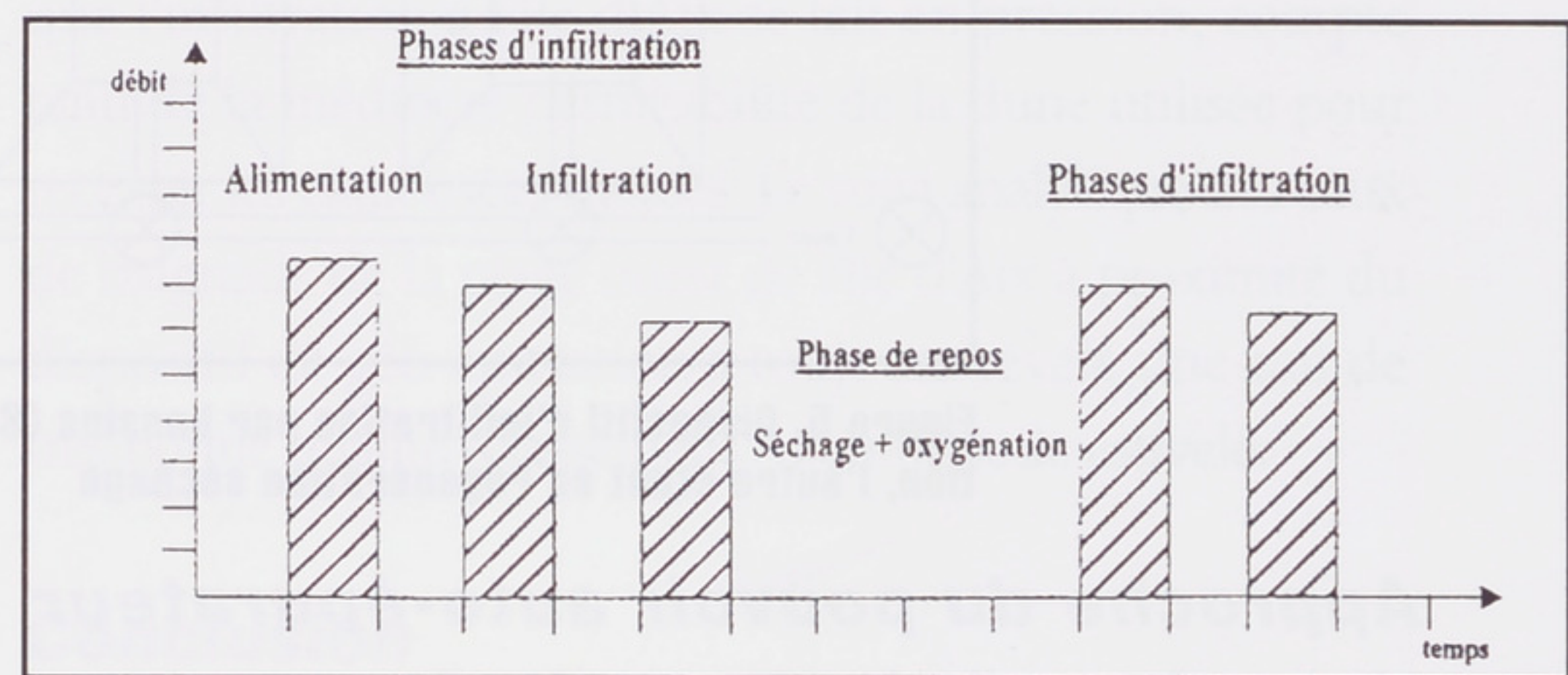


Figure 2. Principe d'une alimentation séquentielle

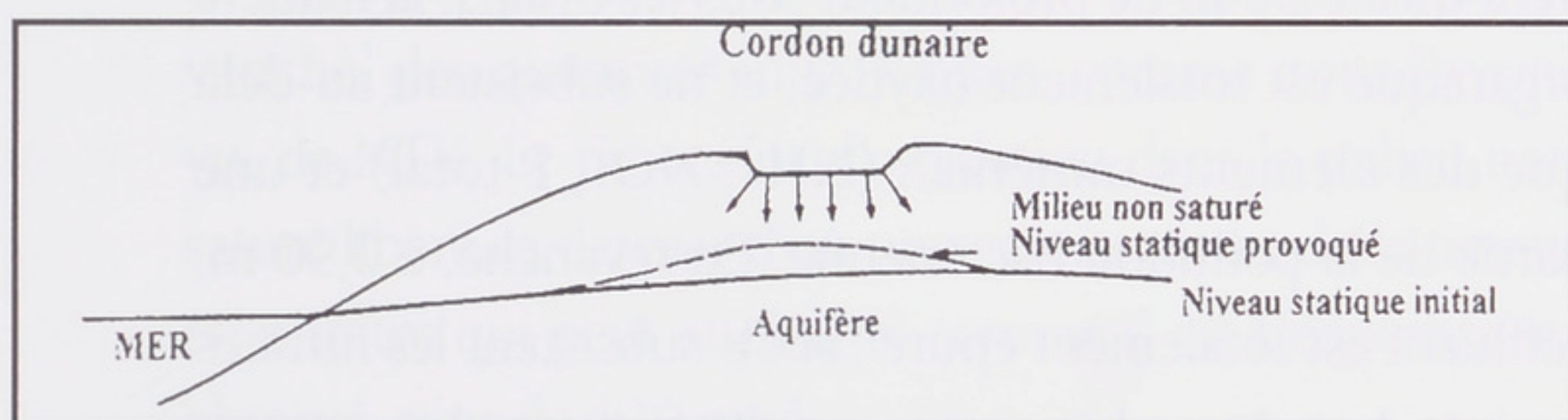


Figure 1. Schéma des modifications hydrauliques du milieu (la puissance de la zone non saturée sous le dispositif d'infiltration ne doit jamais être inférieure à 2 m)

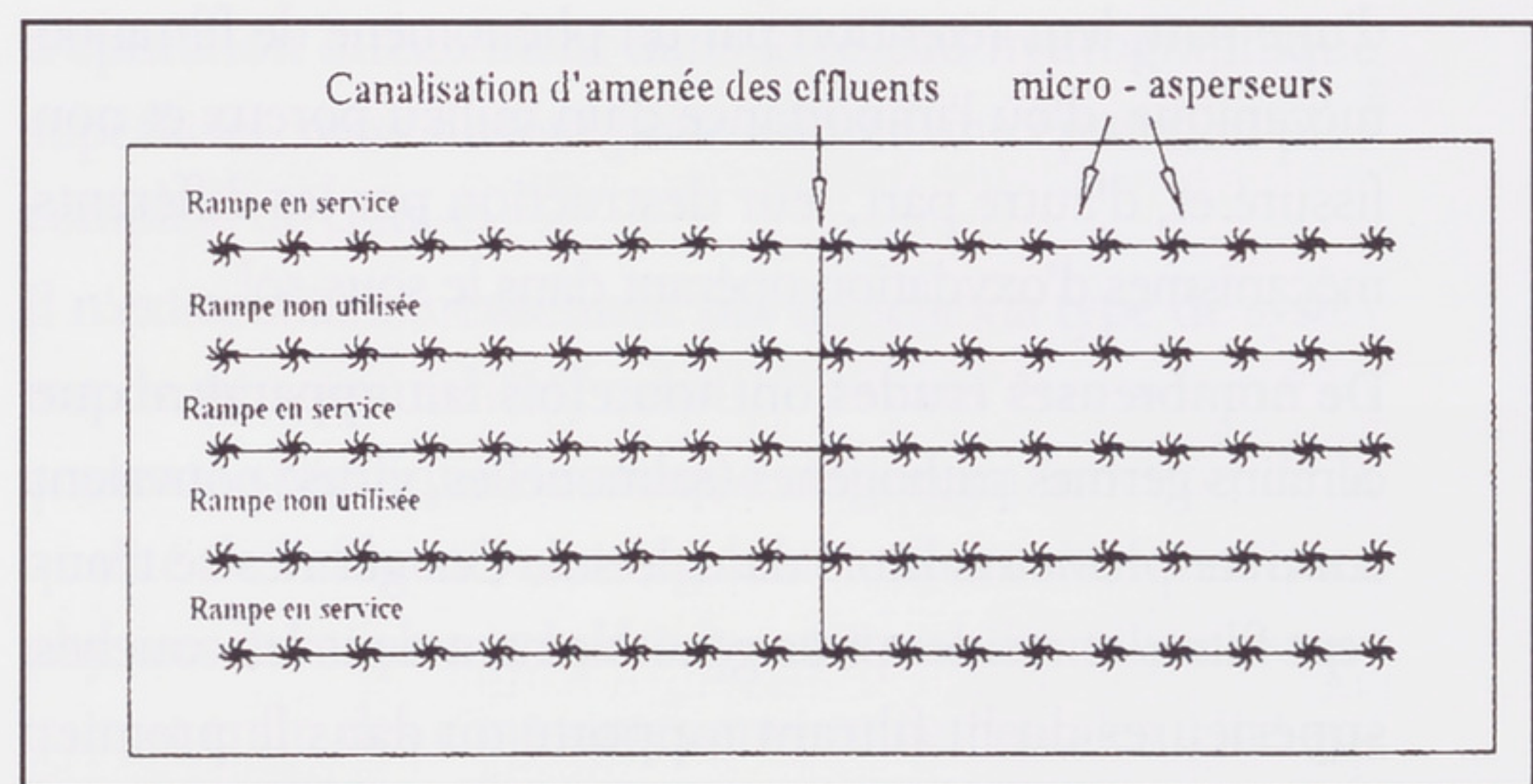


Figure 3. Dispositif d'infiltration par micro-aspiration

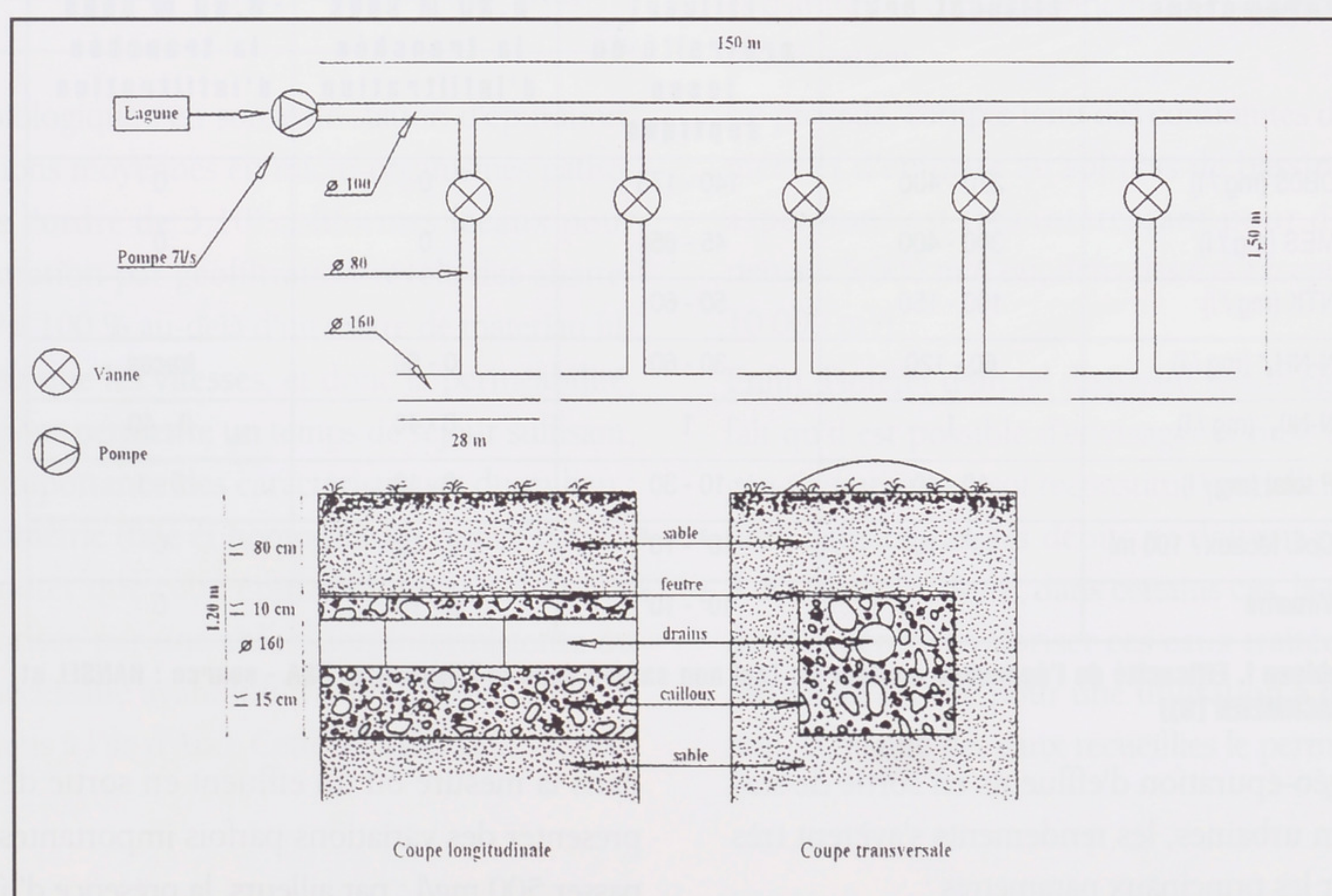


Figure 4. Dispositif d'infiltration par drains (île d'Aix)

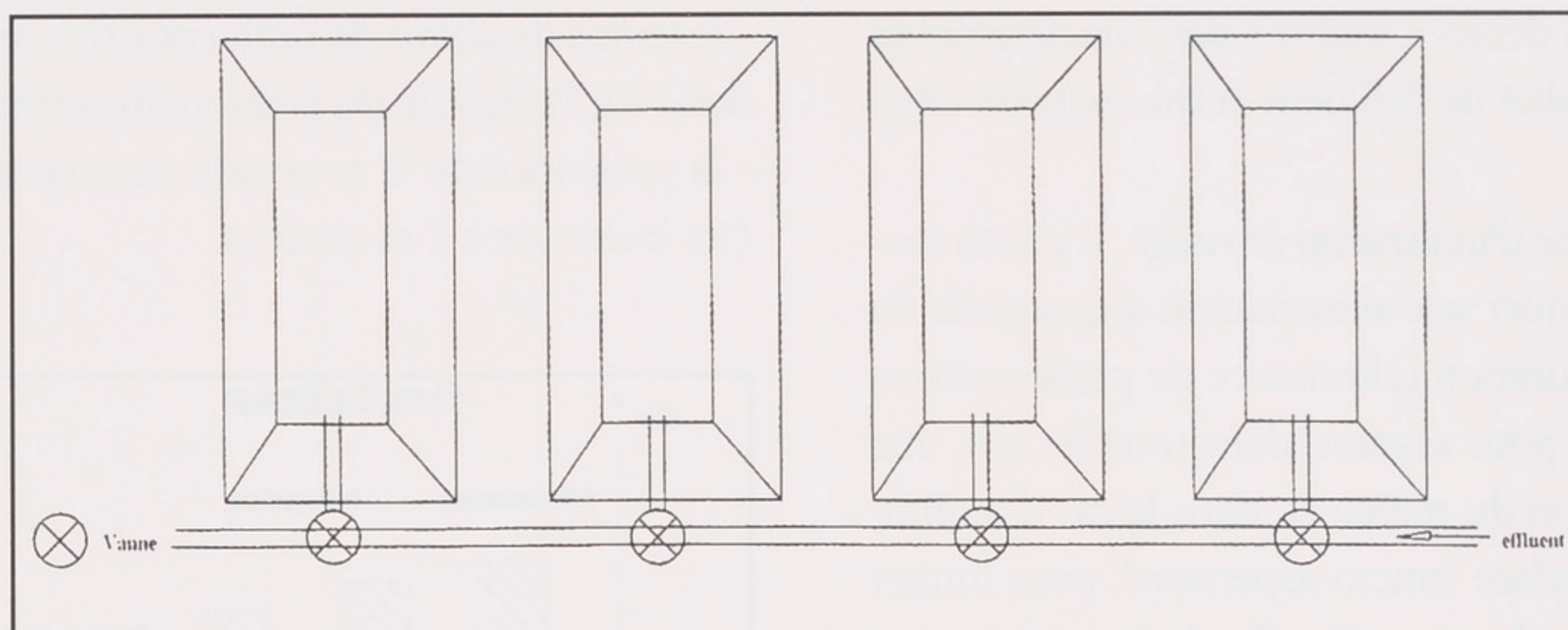


Figure 5. Dispositif d'infiltration par bassins (Seignosse-le-Penon) : un bassin sur deux en infiltration, l'autre étant en régénération séchage

Approche du pouvoir auto-épurateur des sols ou "géo-épuration"

Le pouvoir auto-épurateur des sols résulte de la filtration biologique en aérobie du milieu selon un double processus d'élimination des germes pathogènes qui comprend, d'une part, leur rétention par un phénomène de filtration mécanique, d'où l'importance d'un milieu poreux et non fissuré et, d'autre part, leur destruction par les différents mécanismes d'oxydation opérant dans le sous-sol.

De nombreuses études ont toutefois fait apparaître que certains germes pathogènes (salmonelles, virus) pouvaient survivre plusieurs mois dans le sol. Ces germes se trouvent filtrés et résident très généralement dans les couches supérieures du lit filtrant rapporté ou dans le premier mètre du milieu non saturé, de sorte que les eaux atteignant la nappe en sont exemptes.

Par ailleurs, un tel système d'épuration permet d'affiner

sur le plan physico-chimique un effluent après traitement préliminaire (lagunage par exemple). En effet, les matières organiques résiduelles seront progressivement minéralisées (formation de CO_2 , H_2O , NO_3^- , PO_4^{3-}) et recyclées (atmosphère ou utilisation par les plantes).

À titre d'exemple, les résultats obtenus par HANSEL et MACHMEIER [9] dans le Minnesota (USA) sur la géo-épuration d'un effluent en sortie de fosses septiques, montrent qu'à 0,30 m de profondeur sous les drains, la matière organique est totalement oxydée, et ne subsistent au-delà que des éléments minéraux (NH_4^+ , NO_3^- , P total) et une partie de la pollution bactérienne. En revanche, à 0,90 m, l'effluent est totalement épuré ; seuls subsistent les nitrates lessivés. Le même phénomène est observé pour les germes ; au-delà de cette profondeur, germes fécaux et virus ont disparu. En réalité, ils sont, comme mentionné ci-dessus, en rétention dans le milieu poreux superficiel et détruits progressivement (tableau I).

Paramètres	Effluent brut	Effluent prétraité en fosse septique	0,30 m sous la tranchée d'infiltration	0,90 m sous la tranchée d'infiltration
DB05 (mg / l)	270 - 400	140 - 175	0	0
MES (mg / l)	300 - 400	45 - 65	0	0
NTK (mg / l)	100 - 150	50 - 60		
N- NH_4^+ (mg / l)	60 - 120	30 - 60	0 - 60	traces
N- NO_3^- (mg / l)	1	1	0 - 40	0 - 40
P total (mg / l)	10 - 40	10 - 30	0 - 10	0 - 1
Coli. fécaux / 100 ml	$10^6 - 10^8$	$10^3 - 10^6$	0 - 10^2	0
Virus/ml		$10^5 - 10^7$	0 - 10^3	0

Tableau I. Efficacité de l'épandage souterrain (sol non saturé dans le Minnesota, USA - source : HANSEL et MACHMEIER [9])

Dans le cas de géo-épuration d'effluents en sortie de stations d'épuration urbaines, les rendements s'avèrent très intéressants pour les principaux paramètres :

- DCO : ce paramètre doit être considéré avec prudence

dans la mesure où un effluent en sortie de station peut présenter des variations parfois importantes pouvant dépasser 500 mg/l ; par ailleurs, la présence d'une DCO résiduelle peu biodégradable handicapera le rendement d'un

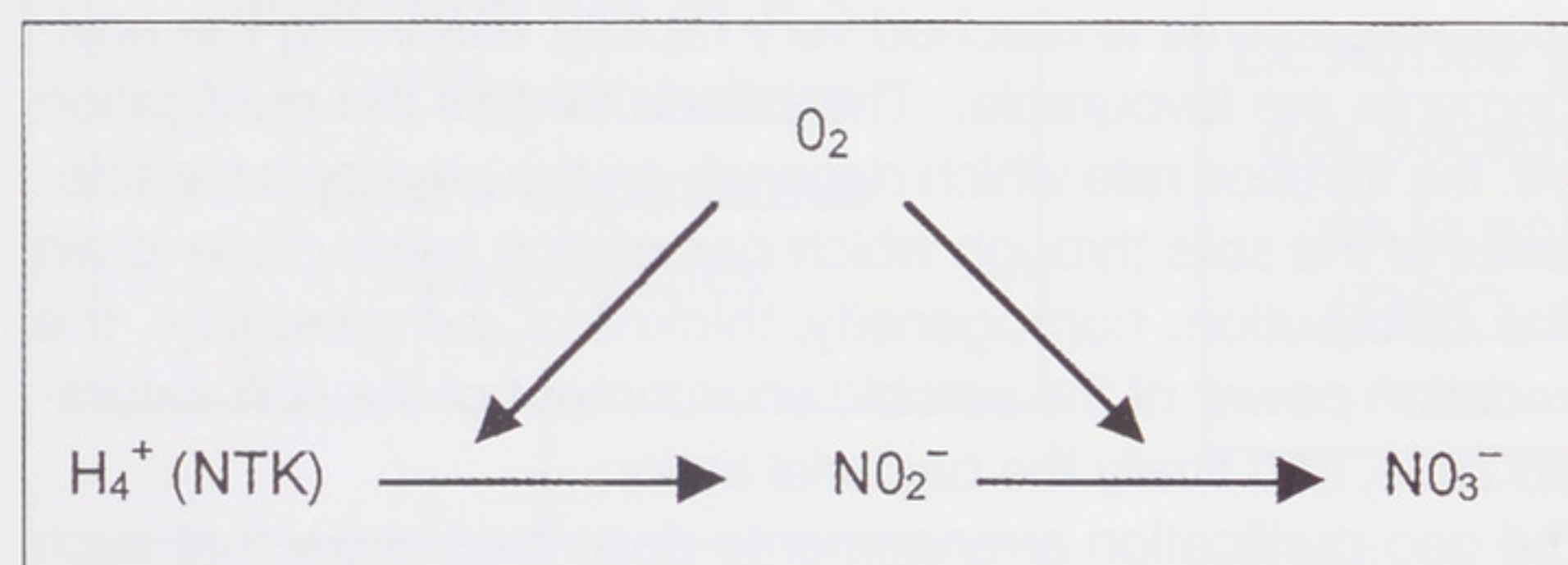
dispositif de géo-épuration. Quoi qu'il en soit, en considérant une DCO de 100 à 200 mg/l d'origine organique, l'abattement pouvant être obtenu atteint aisément 90 %.

- DB05 : par l'action bactérienne et l'oxydation dans la zone non saturée du système de géo-épuration, l'abattement de la DB05 est quasiment de 100 % au droit du lit filtrant ou dans la tranche supérieure du sol (0,50 m).

- Azote Kjeldahl (NTK) : l'azote Kjeldahl est formé d'azote organique et d'azote ammoniacal. Les concentrations mesurées sont généralement exprimées en N de NTK. L'effluent en sortie de station d'épuration présente une concentration de l'ordre de 30 à 60 mg/l en moyenne. Sur cette base, le système de géo-épuration permet un abattement de plus de 70 %.

- NH_4^+ : en entrée du système, les concentrations généralement observées sont de l'ordre de 10 à 50 mg/l ; le taux d'élimination par auto-épuration du sol dépasse 90 % dans la majorité des cas.

- NO_3^- : les effluents en sortie de station contiennent peu de nitrates, généralement moins de 3 mg/l mais, en revanche, des quantités importantes, comme nous l'avons vu, de NTK. Le processus d'oxydation dans le milieu non saturé libère ce dernier d'où un accroissement de la teneur en nitrates qui peut atteindre, comme il est fréquemment observé, plus de 120 mg/l.



- Épuration biologique : en sortie de station d'épuration, les concentrations moyennes en micro-organismes pathogènes sont de l'ordre de $3 \cdot 10^6$ coliformes fécaux pour 100 ml. L'épuration par géofiltration révèle des abattements de 99,9 à 100 % au-delà d'un mètre de matériau filtrant, pour peu que les vitesses, et donc la perméabilité, soient faibles pour permettre un temps de séjour suffisant, d'où encore l'importance des caractéristiques du milieu : bonne granulométrie (fine et homogène) et bonne oxydation. Il est à noter que cette épuration bactériologique peut être favorisée par une chloration intermittente ou continue, si nécessaire avant infiltration (cas de l'effluent infiltré par drains à l'île d'Aix). Cette sécurité peut s'avérer

importante s'il y avait risque de dysfonctionnement du système. Dans le cas de l'île d'Aix par exemple, la proximité de zones conchylicoles et de zones de baignade a conduit à recommander une telle chloration intermittente, pour limiter la croissance biologique dans les drains. Il faut noter que l'infiltration à l'île d'Aix se fait en pression, compte tenu de la médiocre perméabilité de la dune utilisée pour recevoir les eaux usées traitées. Le suivi analytique des eaux de baignade de la plage ouest de l'île d'Aix à proximité du dispositif de géo-épuration a toujours révélé une eau de très bonne qualité (classement A) en période estivale.

Conclusion

En conclusion, ce procédé de géo-épuration par infiltration dans le milieu non saturé d'un cordon dunaire ou d'un cordon littoral se révèle particulièrement intéressant, non seulement pour éviter le rejet d'un effluent de station d'épuration directement dans le réseau hydrographique superficiel, mais surtout pour assurer une épuration plus complète de celui-ci.

Il n'existe malheureusement pas de schéma type de système de géo-épuration, celui-ci devant être adapté au contexte spécifique de chaque station en fonction de la qualité de l'effluent, mais également des caractéristiques physico-chimiques et hydrodynamiques du milieu récepteur, et enfin des contraintes environnementales. Une approche aussi précise que possible de tous ces éléments doit être une démarche préliminaire au niveau de l'étude de "pré faisabilité", qui doit aboutir à la mise en place d'un pilote qui permettra de définir le système le mieux adapté et d'affiner le dimensionnement calculé dans la phase de modélisation.

Ce procédé, compte tenu des contraintes de dimensionnement et d'emprise au sol (cas de bassins ou de micro-aspiration) est très intéressant pour des débits inférieurs à 5 000 m³/j ou, dans des cas exceptionnels, jusqu'à 10 000 m³/j.

Enfin, l'intérêt d'un tel dispositif réside également dans le fait qu'il est possible d'envisager la mise en œuvre d'une géo-épuration sur sol reconstitué partiellement ou en totalité ; dans ce cas, les débits ne doivent pas dépasser 2 à 3 000 m³/j. En outre, dans certains cas, la possibilité existe de récupérer et valoriser ces eaux traitées au droit ou à proximité du site pour une utilisation à des fins d'irrigation, la qualité des eaux recueillies le permettant.

Bibliographie

- [1] CPGF : "Etude préalable de l'aptitude des sols à l'épandage d'eaux épurées dans les dunes de l'île d'Aix", 1983.
- [2] DDAF (Direction départementale de l'agriculture et de la forêt de la Charente-Maritime) : "Étude des possibilités d'injection d'effluents de station d'épuration dans le sous-sol de l'île d'Aix", 1984.
- [3] Saunier Eau et Environnement : "Étude d'impact de l'épuration et du rejet des eaux usées de l'île d'Aix".
- [4] BRGM : "Etude pilote de réinfiltration en nappe des effluents de la station d'épuration urbaine de l'étang Salé (Réunion)", 1995.
- [5] SAFEGE : "Étude du cordon dunaire en vue de l'étude de faisabilité d'infiltration des effluents de la station d'épuration de Saint-Louis (Réunion)", 1996.
- [6] Étude inter agence n° 9 : "Épuration des eaux usées urbaines par infiltration percolation, état de l'art et étude de cas", 1993.

- [7] SCHMITT A.: "Modélisation de l'épuration par infiltration" - Thèse présentée à l'université de Montpellier, 1989.
- [8] MARAIS G.V.: "New factors in the design, operation and performance of waste - Stabilisation Ponds", *Bull. Org. Mond. Santé*, 1962.
- [9] HANSEL M.J., MACHMEIER R.E.: "On-site wastewater treatment on problem soils", *JWPC* 17., vol. 52.
- [10] SAFEGE : "Étude pour la mise en place d'un système d'infiltration d'eaux résiduelles après traitement à Seignosse-le-Penon", 1985.
- [11] HORIZONS : "Etude hydrogéologique et modélisation pour la création de bassins d'infiltration à Mimizan", Syndicat des Eaux et de l'Assainissement de Mimizan-Aureilhan-Bias, 1995.
- [12] SAFEGE : "Taïf : Water, sewerage and storm water projects, Infiltration basins", Ministry of Municipal and Rural affairs, Kingdom of Saudi Arabia, 1986.

Résumé

J.M. BATTAREL, D. PENNEQUIN, A. NEVEU. Traitement des effluents de station d'épuration en zone littorale par infiltration (géo-épuration)

Le pouvoir auto-épurateur des sols est une caractéristique intéressante pour permettre une évacuation par infiltration des effluents de station d'épuration urbaine en zone littorale et, dans certains cas, une réutilisation de ces eaux pour l'irrigation. Ce procédé de géo-épuration sur sols naturels ou reconstitués permet des abattements très importants de la DCO, DBO₅, MES, NH₄ et NTK. Du point de vue micro-organismes pathogènes, là encore l'abattement est quasiment de 100 % très rapidement, pour peu que les milieux soient favorables. Les critères de cette bio-épuration sont la vitesse de filtration, dépendant des caractéristiques physiques des terrains traversés (granularité, homogénéité, épaisseur, perméabilité...), la puissance d'oxydabilité du milieu aérobie de la zone non saturée et enfin l'action bactérienne.

Les dispositifs de géo-épuration décrits montrent que de tels systèmes sont parfaitement adaptés en zone littorale, d'autant plus que, généralement, ces zones subissent des fluctuations saisonnières de population, permettant ainsi des périodes de repos importantes du milieu récepteur qui ne peuvent être que très favorables.

Enfin, ce procédé d'élimination des effluents évite une contamination microbiologique du réseau hydrographique superficiel et favorise une épuration complémentaire de ces effluents.

Summary

J.M. BATTAREL, D. PENNEQUIN, A. NEVEU. Treatment by infiltration of the effluents of a waste water treatment plant (WWTP) in coastal zone ("geo-purification")

The auto-purification capability of the soils is an interesting characteristic that enables effluents from a coastal urban waste water treatment plant to be disposed of by infiltration, and in some cases, to be re-used for irrigation purposes. This so-called "geo-purification" process on natural or reconstituted soils enables significant drops of DOC, BOD₅, SS, NH₄ and TKN to be achieved. A drop of almost 100% in pathogenic micro-organisms is reached very rapidly, assuming the environments are favourable. The criteria for this bio-purification are: the filtration rate which depends on the physical characteristics of the soils through which percolation takes place (grain size distribution, homogeneity, thickness, permeability), the oxidation power of the aerobic environment of the non-saturated zone, and finally the bacterial action.

The geo-purification arrangements described show that such systems are perfectly suited to coastal zones, the more so since, generally, these zones experience seasonal variations of population that provide the receiving environment with long favourable rest periods.

Finally, this effluent elimination process protects the superficial hydrographic network from a microbiological contamination and promotes an additional purification of these effluents.