

BRGM

L'ENTREPRISE AU SERVICE DE LA TERRE

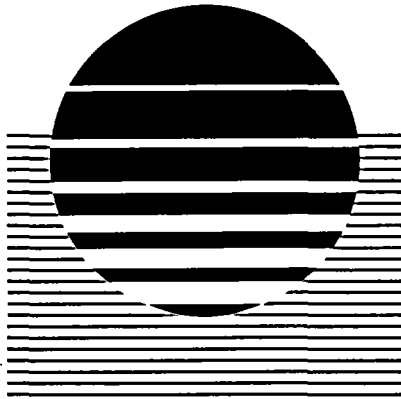
COMMUNE DE DESMONTS
(LOIRET)

ASSAINISSEMENT DU BOURG
ETUDE DE SOL
PREDIMENSIONNEMENT DU DISPOSITIF D'ASSAINISSEMENT

par R. PASQUET

R 31224 CEN 4S/90

AOUT 1990



BRGM

L'ENTREPRISE ANCIENNE DE LA TERRE
AGENCE REGIONALE
CENTRE

INFORMATIONS A NOS LECTEURS

Ce document est un rapport du
BUREAU DE RECHERCHES GEOLOGIQUES ET MINIERES

This document is a report of
THE BUREAU DE RECHERCHES GEOLOGIQUES ET MINIERES

Dans une bibliographie, ce document doit être cité de la manière suivante :

R. PASQUET

1990

Commune de DESMONTS (45) - Assainissement du bourg

Etude de sol - Prédimensionnement du dispositif d'infiltration

Rapport BRGM N° R 31224 CEN 4S/90

7 pages, 1 figure, 3 annexes

(auteur, année d'édition, titre, nature et numéro du document, nombre de pages, de figures, de tableaux, de planches, d'annexes).

Le BRGM conserve la propriété intellectuelle de ce document et de ses annexes. La reproduction, la recopie ou la communication intégrales ou partielles de ce document, y compris les annexes, sont soumises à autorisation écrite du BRGM.

C BUREAU DE RECHERCHES GEOLOGIQUES ET MINIERES

All rights reserved. This document, including its annexes, may not be reproduced or copied, in any form or by any means whatsoever, or lent, given or communicated in any way whatsoever, in whole or in part, without the prior written consent of the BRGM.

Le contenu de ce document a fait l'objet d'un contrôle technique

fiche de contrôle

fiche de lecture

Rapport n° : R 31224 CEN 4S/90

Opération n° : 93.158.20433

Contrat n° :

COMMUNE DE DESMONTS (45)

ASSAINISSEMENT DU BOURG
ETUDE DE SOL
PREDIMENSIONNEMENT DU DISPOSITIF D'INFILTRATION

DIRECTION DEPARTEMENTALE
DE L'EQUIPEMENT DU LOIRET

Auteur : R. PASQUET

N° Rapport : R 31224 CEN 4S/90

N° PR : 93.158.20433

RESUME

A la demande de la Direction départementale de l'Equipelement, le BRGM-Centre a participé au projet d'assainissement des eaux usées collectées dans le bourg de DESMONTS (45).

L'objectif de l'étude est de définir les modalités d'infiltration des eaux usées dans le sous-sol du fait de l'absence de réseau d'écoulement superficiel.

La faible perméabilité des terrains de surface nécessite de dimensionner largement le bassin d'infiltration.

Afin de protéger au mieux la première nappe (celle du Calcaire d'Etampes) nous recommandons de concevoir le projet de station d'épuration avec un dispositif épurateur à lit de sable à haut rendement avant tout rejet dans le milieu naturel.

L'examen du contexte hydrogéologique du projet permet de conclure sur l'absence de relations possibles entre le projet et les captages pour alimentation en eau potable des environs.

Outre ce résumé, ce rapport contient 7 pages dont 1 figure, et 3 annexes.

TABLE DES MATIERES

1 - INTRODUCTION	1
2 - GEOLOGIE DU SITE	1
3 - HYDROGEOLOGIE DU SITE	4
4 - PERMEABILITE DU SOL	5
5 - APPLICATION AU PROJET	5
6 - CONCLUSIONS	7

Figure n° 1 : Localisation du site étudié - Echelle 1/25.000 .. 2

Annexe 1 : Coupe lithologique du sondage

Annexe 2 : Résultats de la mesure de perméabilité

Annexe 3 : La Géoépuration

1 - INTRODUCTION

Pour l'évacuation des eaux épurées du bourg de DESMONTS (45), il n'existe pas de réseau d'écoulement superficiel ; c'est pourquoi la DDE, Maître d'oeuvre du projet, a demandé au BRGM d'étudier les possibilités d'infiltration dans le sol (cf. figure 1).

L'étude géologique a donc pour objectif de mesurer les caractéristiques du sol utiles au dimensionnement du projet, de définir les modalités de l'infiltration et d'estimer son impact sur les nappes contenues dans le sous-sol.

2 - GEOLOGIE DU SITE

La géologie générale est bien connue à partir de la carte géologique de Pithiviers au 1/50.000e et plus précisément par la documentation archivée dans la banque des données du sous-sol.

La succession des couches de terrain au droit du site est la suivante :

COTE NGF m	PROFONDEUR m	FORMATION LITHOLOGIQUE	NIVEAU GEOLOGIQUE
+114	0	Calcaire d'Etampes	STAMPIEN SUPERIEUR LACUSTRE
+90	24	Sable de Fontainebleau	STAMPIEN INFERIEUR ET SUPERIEUR MARIN
+42	72	Calcaire de Brie	STAMPIEN INFERIEUR
+31	83	Calcaire de Champigny	LUDIEN

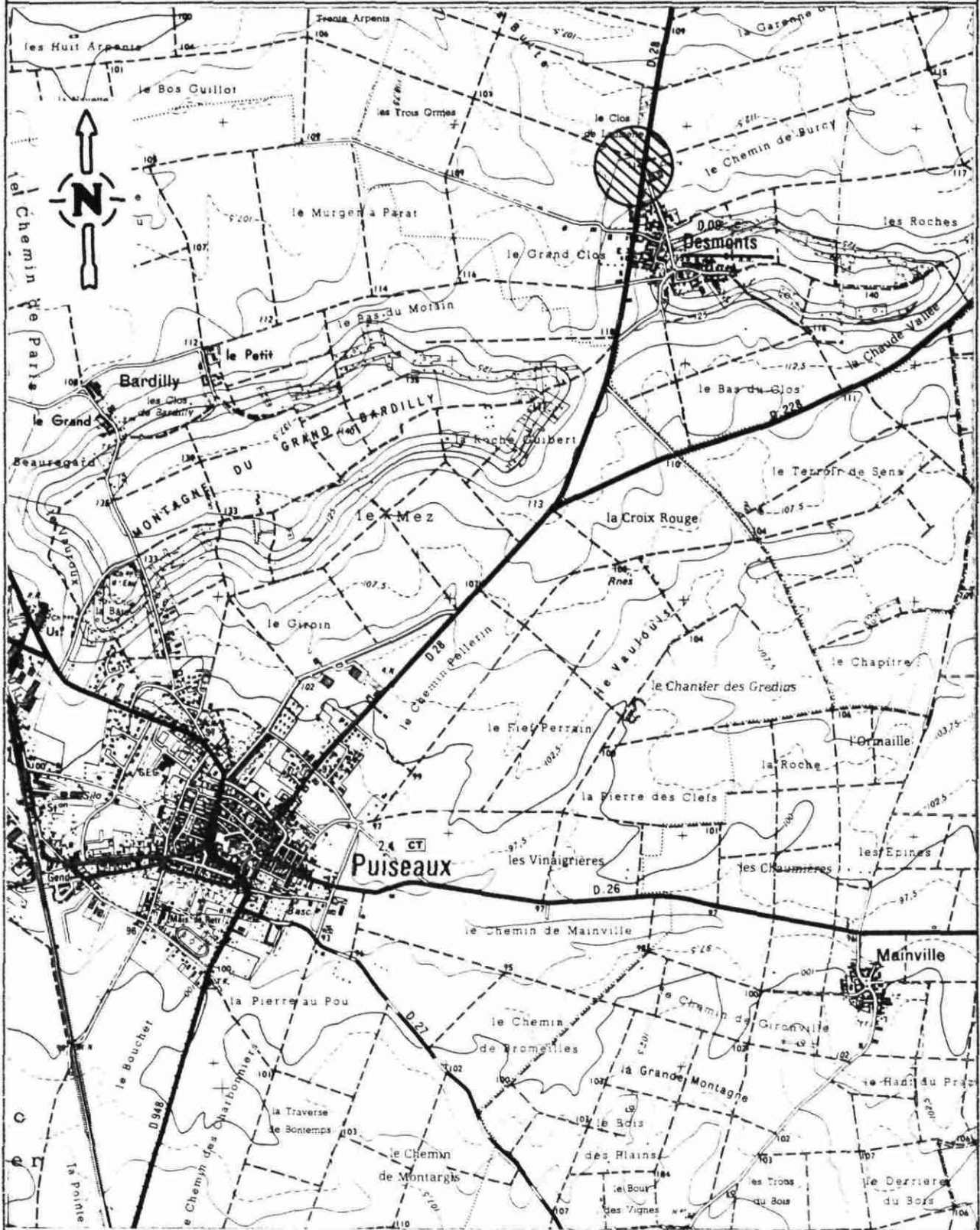
Au droit du projet d'infiltration (annexe 1) ont été creusés deux sondages à l'aide d'une pelle hydraulique.

Le sol jusqu'à 4 mètres de profondeur est essentiellement marneux, avec quelques passages à tendance plus calcaire.

FIGURE N° 1

COMMUNE DE DESMONTS
LOCALISATION DU SITE ETUDIE

Extrait carte IGN N° 2318 EST PITHIVIERS Echelle 1/25000



3 - HYDROGEOLOGIE

Tous les terrains présents sont aquifères. On distingue :

- la nappe du Calcaire d'Etampes
- la nappe des Sables de Fontainebleau
- la nappe des Calcaires de Brie et de Champigny

C'est la nappe du Calcaire d'Etampes qui est la plus sollicitée dans la région pour les besoins de l'agriculture.

Les différentes nappes ne sont pas isolées et leur niveau d'équilibre varie entre les cotes 75 et 77 m NGF, soit à environ 33 à 35 m de profondeur au droit du projet. Le sens d'écoulement de la nappe est du Sud vers le Nord.

Le captage pour l'alimentation en eau potable de DESMONTS se trouve en amont du point de rejet. Les eaux captées sont celles du Calcaire de Champigny en profondeur.

Une influence des rejets envisagés sur les eaux captées est donc très improbable.

4 - PERMEABILITE DU SOL (cf. annexe 2)

Au droit du site a été réalisé un essai d'infiltration dans le sol avec un perméamètre à double anneau. Ce matériel permet des mesures dans les terrains meubles pour des valeurs de perméabilité inférieures à 10^{-4} m/s.

Dans la tranchée creusée à la pelle hydraulique, la mesure a été réalisée à 1 m de profondeur.

Sur ce sol marneux, la perméabilité mesurée est de 4.7×10^{-7} m/s.

Nous n'avons pas rencontré dans ces sondages des terrains dont la perméabilité estimée est notablement supérieure à celle mesurée. Toutefois, plus en profondeur, la formation du Calcaire d'Etampes présente très certainement une perméabilité beaucoup plus élevée.

5 - APPLICATION AU PROJET

Facteurs limitant l'infiltration :

- la perméabilité des terrains de surface est faible
- l'épaisseur importante des terrains peu perméables

Dans ce contexte l'infiltration sera lente dans la marne, elle ne pourra être vraiment efficace que dans les niveaux du Calcaire d'Etampes.

Stratégie d'infiltration

La faible perméabilité du sol conduira à dimensionner un bassin d'infiltration : de l'ordre de 500 m² pour une centaine d'équivalent habitants en retenant une infiltration de 40 l/jour/m².

Nous recommandons de concevoir le projet en retenant cette valeur de l'infiltration.

La profondeur du bassin serait de l'ordre de 1 m sous la surface du sol actuel.

Toutefois, il faut signaler que les mesures d'infiltration se réalisent à l'eau claire, alors que l'eau, en sortie d'un décanteur-digester contient encore :

- des matières en suspension,
- de la matière organique,
- une charge bactérienne importante.

Les 3 éléments favorisent le colmatage du bassin.

Pour cette raison et pour protéger au mieux la qualité de la nappe sous-jacente, nous préconisons de mettre en oeuvre un dispositif d'assainissement très performant.

Pour ce faire, nous recommandons au Maître d'Oeuvre la technique de l'épuration sur lit de sable après décanteur et digester classique. Cette méthode apporte une grande efficacité pour un investissement modeste et un faible coût d'entretien. Elle est particulièrement adaptée aux petits projets d'épuration des eaux usées.

D'autre part, pour limiter encore plus les inconvénients liés au colmatage, nous recommandons de diviser le bassin d'infiltration en 2 parties (séparées par un merlon de terre) et d'alterner le rejet avec une périodicité mensuelle au départ et modulée ensuite en fonction de la vitesse de colmatage.

Le bassin colmaté sera alors asséché et curé.

L'Annexe N° 3 présente cette technique développée au BRGM dans le Département "ENVIRONNEMENT".

6 - CONCLUSIONS

Le contexte lithologique du site proposé pour l'évacuation des eaux usées épurées n'est pas favorable à une infiltration rapide dans le sous sol.

De ce fait, nous proposons de réaliser dans un premier temps un bassin absorbant creusé dans le sol jusque vers 1 m de profondeur. Sa surface sera calculée en prenant en compte une valeur de perméabilité égale à $4,7.10^{-7}$ m/s soit 40 l/j/m².

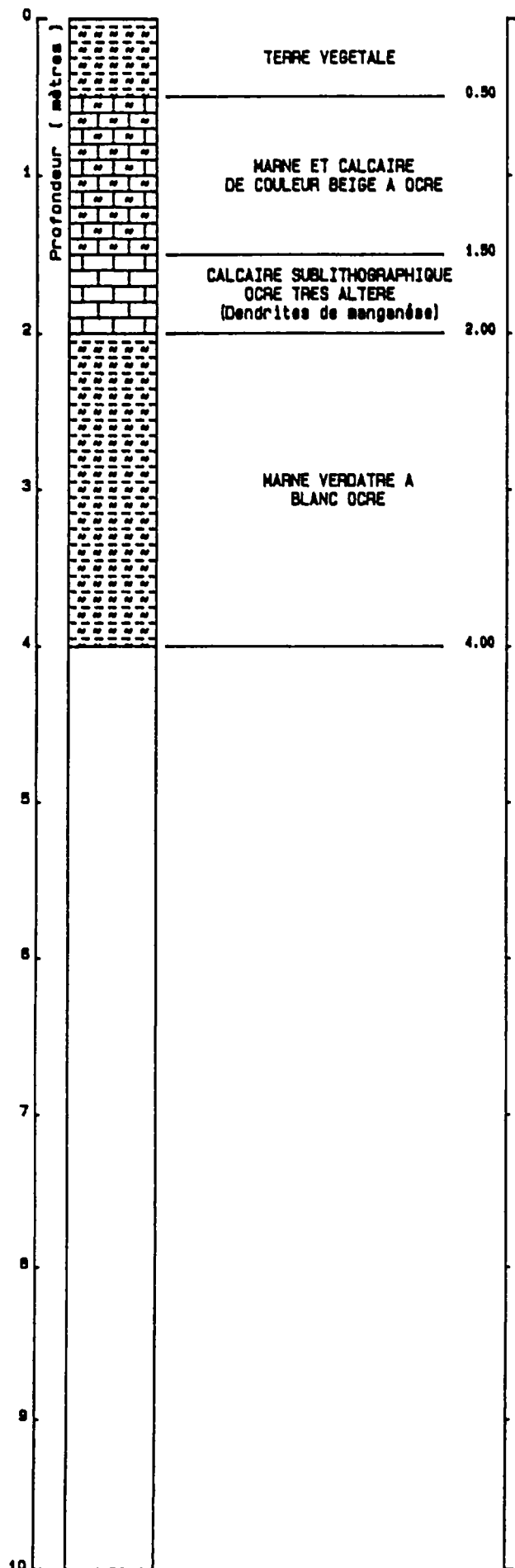
Au cas où la surface disponible est inférieure à la surface utile au projet, il est possible d'envisager une infiltration dans le sous-sol à partir d'un puits absorbant atteignant le Calcaire d'Etampes sur une épaisseur d'au moins cinq mètres.

Le bassin fonctionne alors en partie comme lagune.

Dans tous les cas nous recommandons, pour protéger la nappe du sous-sol, de dimensionner le projet de station en retenant la technique de l'épuration sur lit de sable après décanteur et digesteur classique. Elle offre une grande efficacité pour un investissement modeste et un faible coût d'investissement.

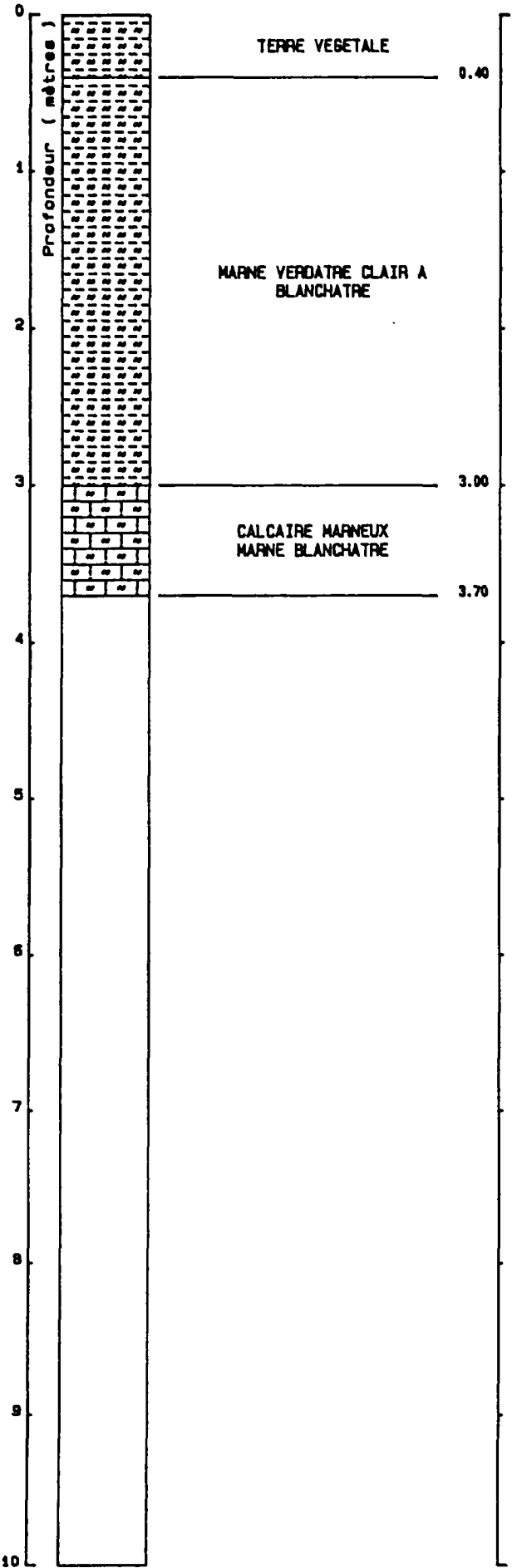
ANNEXE 1
COUPE LITHOLOGIQUE DU SONDAGE

DESCRIPTION DES TERRAINS



DESCRIPTION DES TERRAINS

RG
c.1



MESURE DE PERMEABILITE
K = 4,7.10⁽⁻⁷⁾ m/s

ANNEXE 2

RESULTATS DE LA MESURE DE PERMEABILITE



MESURES DE PERMEABILITE IN SITU

P A N D A

BRGM

COMMUNE : *Diamonds*
LIEU DIT : *D28-*

DATE : *30/05/1990*
CLIENT : *DDE*

ESSAI N° : *2*
FORMATION :

PROFONDEUR : *1m*
STATION :

CAPTEUR N° : *165* COEFFICIENT APPAREIL : *9.05.10⁻⁹* M/Hz
DUREE DE SATURATION PREALABLE : *4h*
DUREE DE LA MESURE : *50mn*
TEMPERATURE MOYENNE DE L'EAU (T0) :
EPAISSEUR DE LA LAME D'EAU (L) : *6cm*

TEMPS EN MN	FREQUENCE EN Hz	T EN °C	CORRECTION T		FREQU. CORRIGEE F...+C	OBSERVATIONS
			BTO-BT	(B-BT)LxA		
0	2932					
0,25	2915					
0,5	2897					
0,75	2880					
1	2864					
1,5	2833					
2	2796					
2,5	2764					
3	2727					
3,5	2695	21,8				
4	2664					
5	2598					
6	2530					
7	2457					
8	2399					
9	2335					
10	2272					
11,5	2175					
12	2143					
14	2020					
15	1961					
16	1900					
17	1865					
18	1798					
19	1728					
20	1674					
22	1519					
24	1442					
26	1331					
28	1220					
30	1117					
32	1003					
34	903					
36	797					

CALCUL DE LA PERMEABILITE :

- PENTE DE LA DROITE : A = Hz/MN

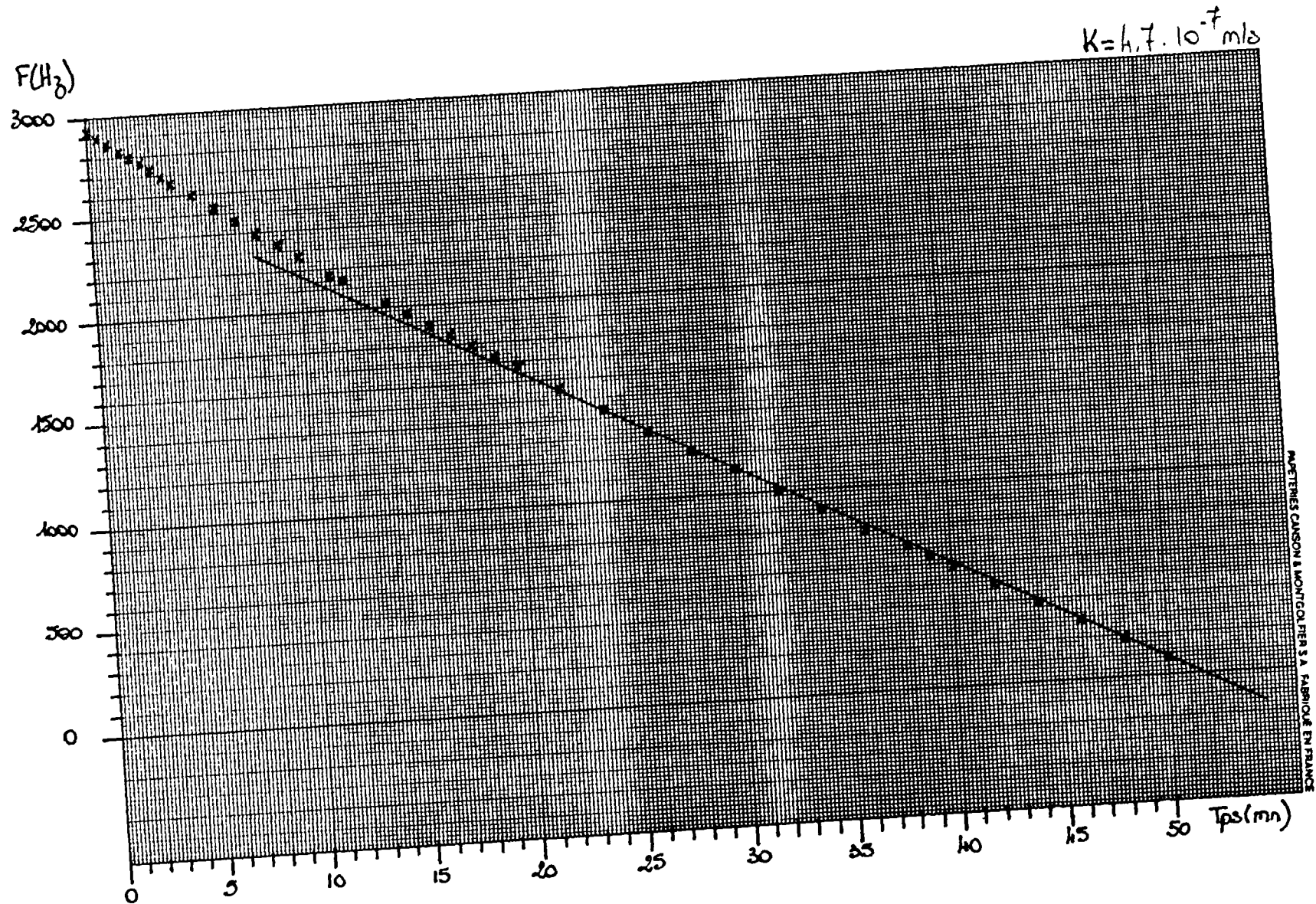
- INFILTRATION MESUREE : I = axCX =

- PERMEABILITE A 20°C : K = bI = M/S

FIGURE N°

ESSAI DE PERMEABILITE IN SITU : ESSAI N° 2

Commune de Desmonts

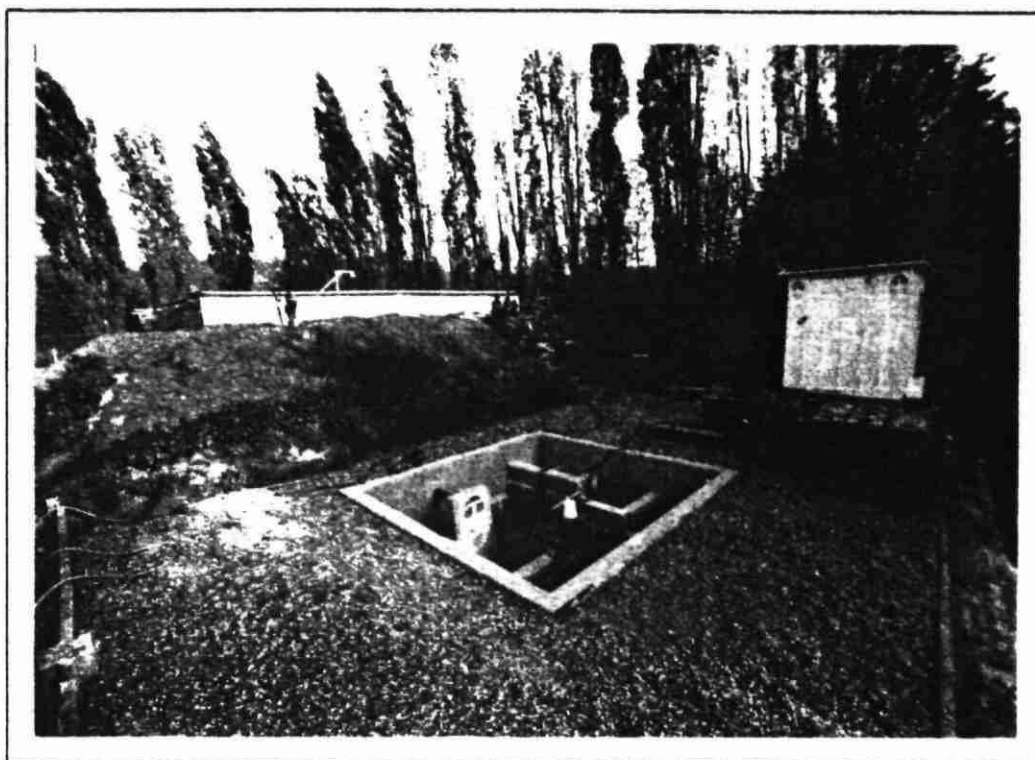


ANNEXE 3
LA GEOEPURATION

RAPPORT SUCCINCT
FEVRIER 1990



LA GEOEPURATION A ORLEANS



Zyad ALAMY
Olivier IUNG
4S/ENV

tel : 38.64.30.32
fax : 38.64.31.64

LE PROCÉDE GEOPIC :

Le procédé de Géoépuration par Infiltration Contrôlée (GEOPIC) consiste en une épuration d'effluents primaires par infiltration-percolation sur un massif de sable ; le sable étant le support d'une activité biologique et physicochimique intense.

DESCRIPTION DE LA STATION D'ÉPURATION D'ORLÉANS LA SOURCE :

La station GEOPIC d'Orléans la Source est constituée de quatre bassins de 16 m² de surface unitaire (fig. 1). Chaque bassin est rempli de 1,50 m de sable de Loire lavé. A 50 cm de profondeur dans le sable, une batterie d'aérateurs constitués de drains agricoles annelés est reliée à l'air atmosphérique par des cheminées de PVC. Ces structures d'aération peuvent être ouvertes ou fermées à volonté pour favoriser l'oxygénation du sable.

Des effluents primaires sont pompés en sortie du décanteur de la station d'épuration municipale et sont envoyés par bûchées sur chaque bassin grâce à un système d'électrovannes commandées par un automate programmable. Leur répartition sur la surface du sable se fait grâce à des drains d'épandage.

Après épuration au travers du massif de sable, l'eau arrive dans un regard de prélèvement et de mesure, sa qualité peut ainsi être appréciée. Tout a été mis en oeuvre pour pouvoir suivre de façon précise les paramètres fondamentaux régissant ce procédé :

♦ Paramètres enregistrés automatiquement par un système d'acquisition de données :

- le niveau de la lame d'eau,
- le débit de sortie,
- l'oxygène dissous,
- le pH,
- le potentiel d'oxydo-réduction,
- la conductivité,

♦ Analyses de laboratoire :

- chimie,
- bactériologie,

♦ Analyses de terrain :

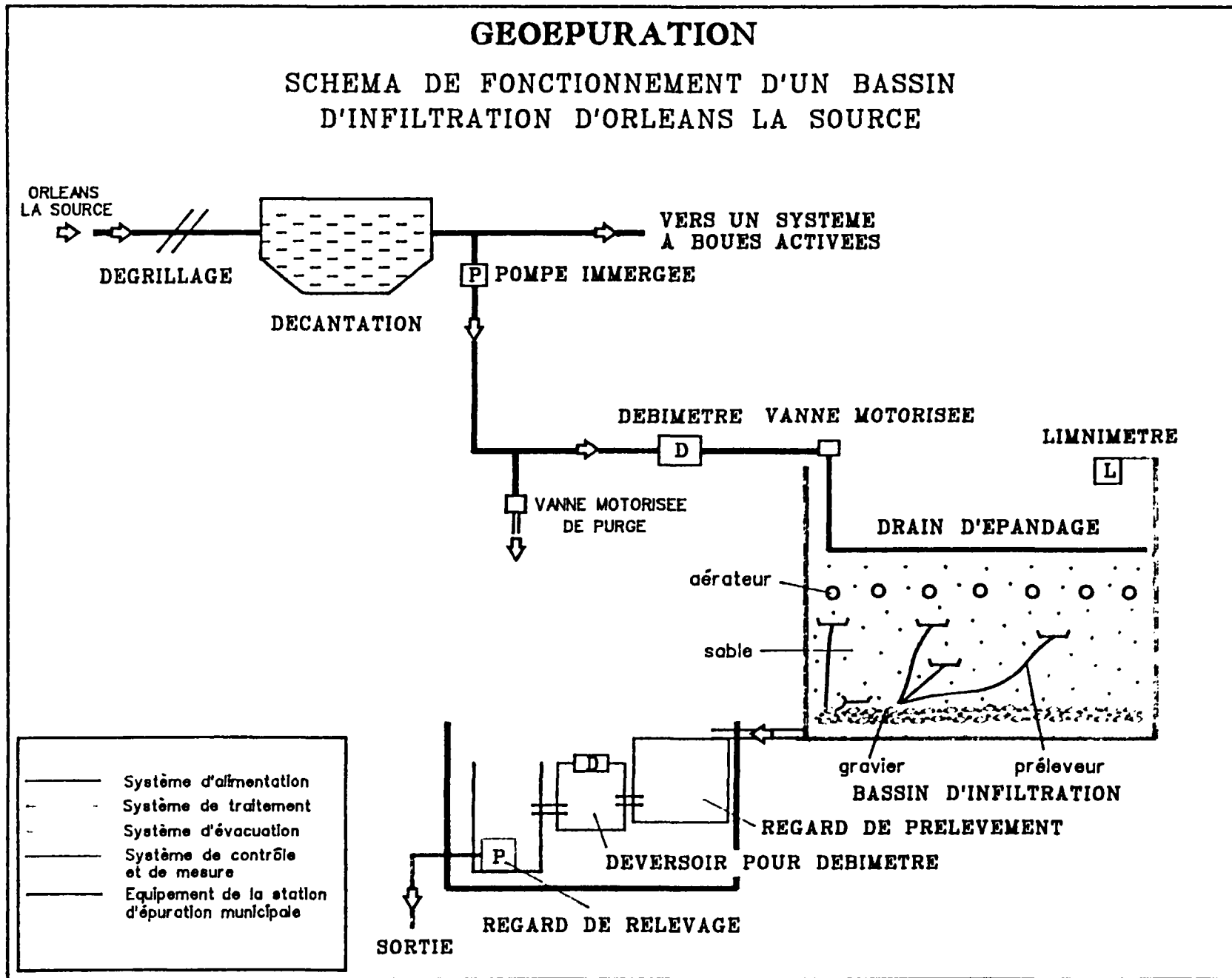
- teneurs en eau du sol,
- pression de l'eau du sol,
- composition de la phase gazeuse (chromatographie).

LES PREMIERS RESULTATS :

Des analyses ont été réalisées en sortie d'un bassin aéré (le bassin B3 dont les structures d'aérations sont ouvertes) et un bassin non aéré (B4) recevant chacun 40 cm d'effluent primaire par jour en quatre bûchées pendant 5 jours suivis de 5 jours de repos.

Schéma de fonctionnement d'un bassin d'infiltration d'Orléans-la-Source

Figure -1-



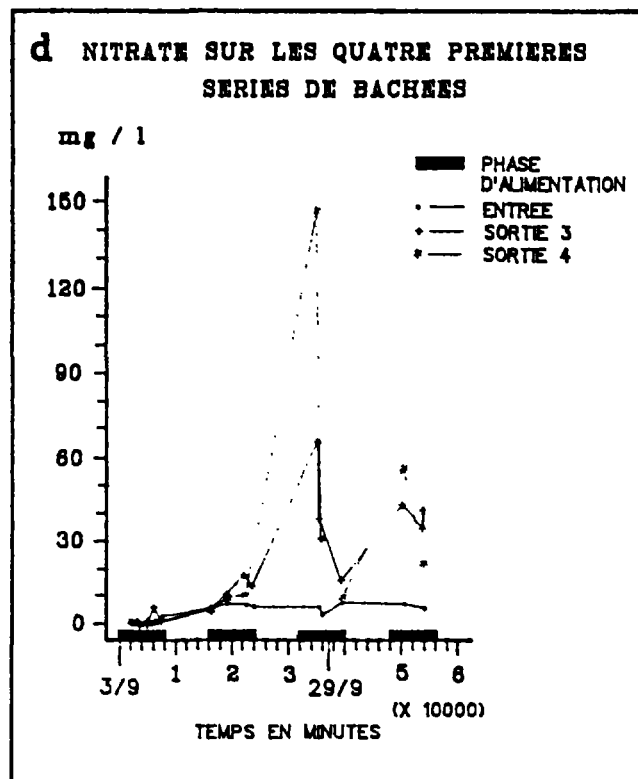
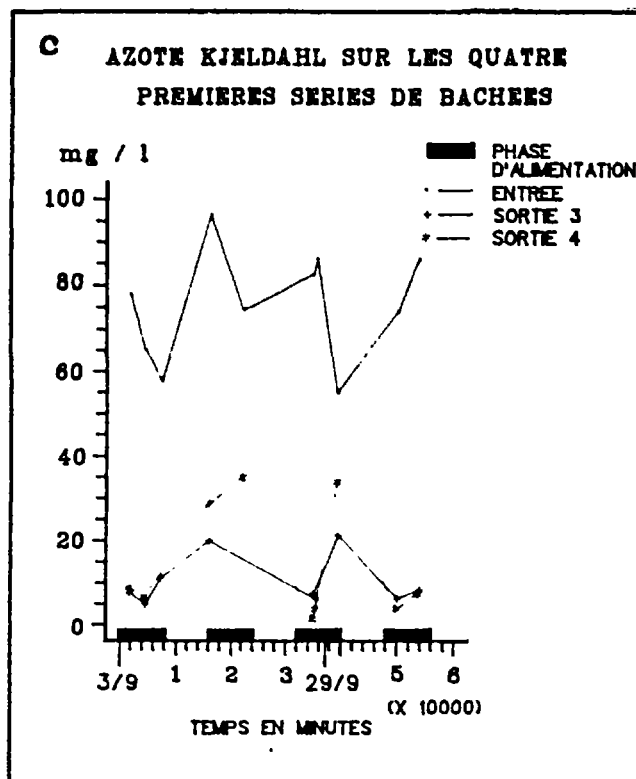
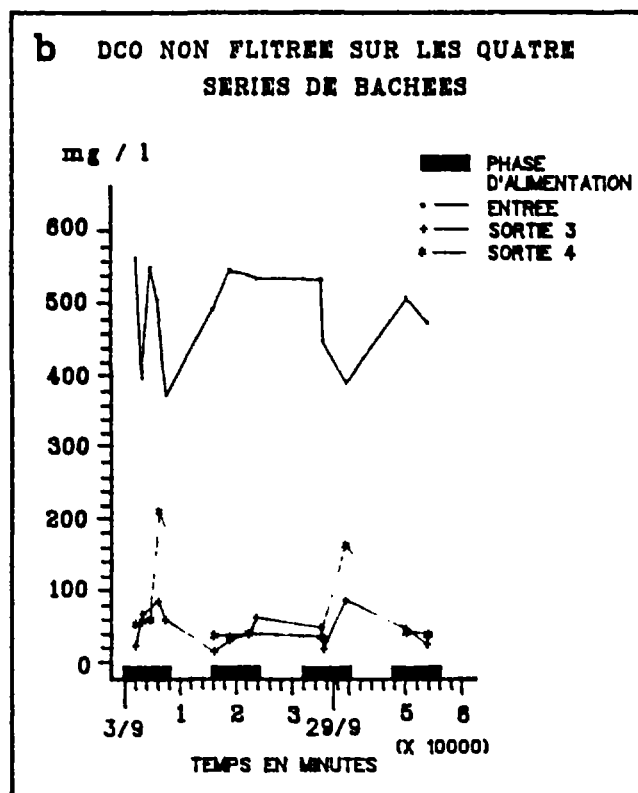
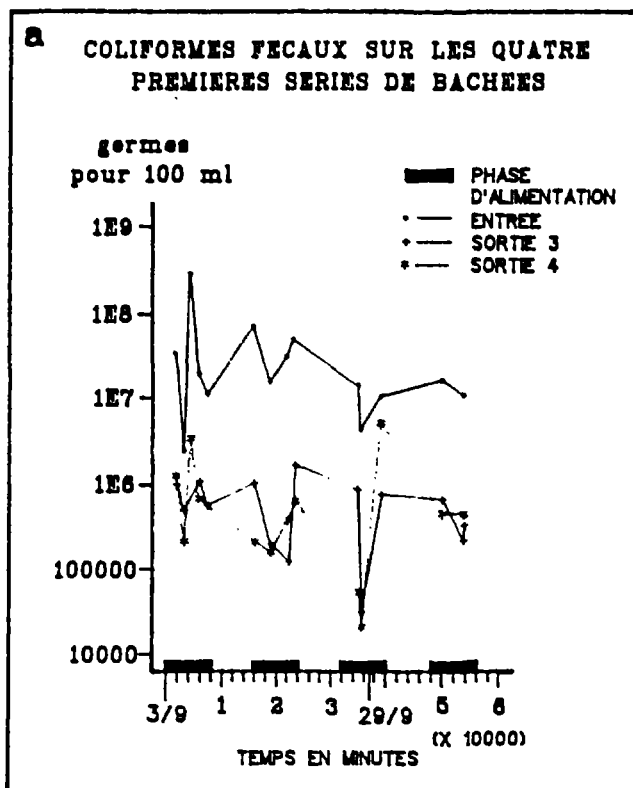


FIGURE -2-

Première solution :

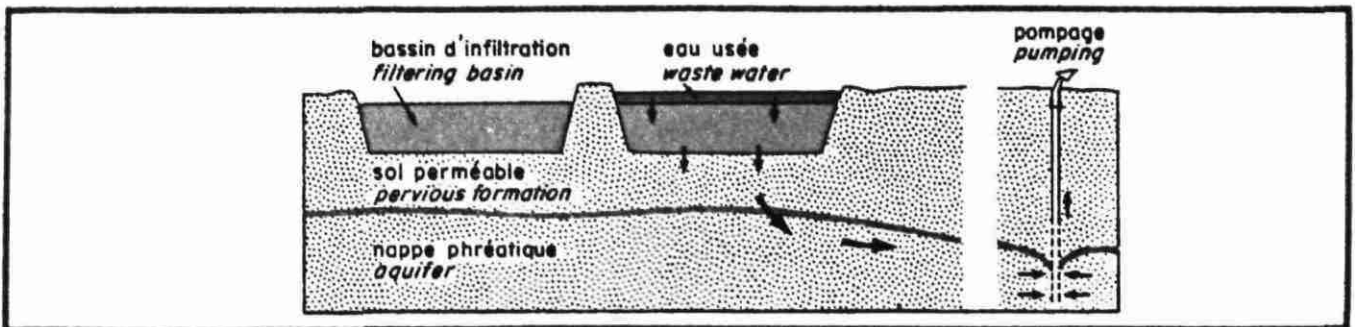
L'infiltration-percolation se fait à travers les terrains en place constitués par des formations perméables de type sables et graviers par exemple et situés au-dessus d'une nappe phréatique facile à exploiter et qui n'est pas susceptible d'être utilisée pour une alimentation en eau potable.

La station est constituée par un -ou plusieurs- décanteurs et des bassins d'infiltration creusés dans les alluvions en place. Après percolation à travers plusieurs mètres d'alluvions, l'eau épurée rejoint la nappe phréatique. Un pompage, à l'aval immédiat de la station, alimente le réseau d'irrigation.

First solution :

Rapid infiltration takes place through the soil on the site made up of permeable formations for example sand and gravel and situated above an aquifer which is easy to exploit and not liable to be used for potable water supply.

The station consists of one -or several- decanters and filtering basins dug in the alluvium. After percolating through several metres of alluvium, the cleaned water joins the groundwater. Pumping immediately downstream from the station, supplies the irrigation network.

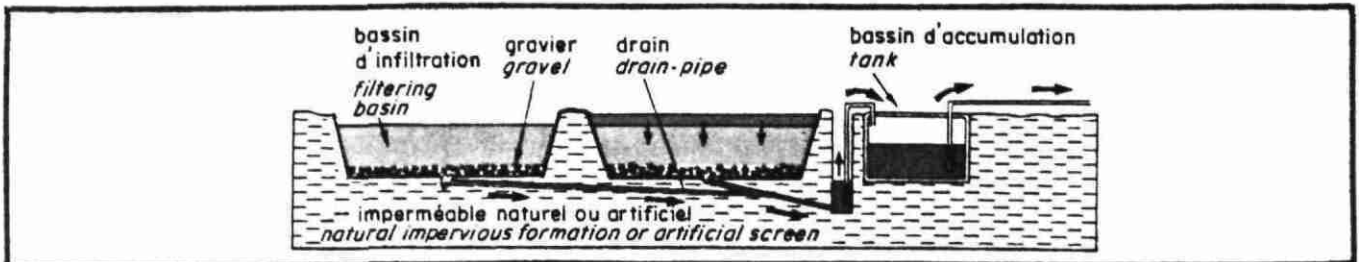


Deuxième solution :

- la station est située sur des sols peu perméables ;
- la nappe phréatique sous-jacente doit être rigoureusement protégée parce qu'elle est réservée à l'alimentation en eau potable ;
- la nappe phréatique est très proche de la surface du sol.

Second solution :

- The station is located on only slightly permeable ground.
- The underlying aquifer must be rigorously protected as it is reserved for potable water supply.
- The aquifer is very close to the ground surface.



Cette deuxième solution permet de s'affranchir, chaque fois que c'est nécessaire, des contraintes du contexte hydrogéologique. Des massifs filtrants constitués de sables convenablement calibrés permettent de traiter des flux plus importants qu'un sol en place ne pourrait accepter.

This second solution can get over the hydrogeological constraints whenever necessary. Filter beds made of suitably graded sand can treat greater flows than natural formations.

Nota : Les 2 solutions s'adaptent aussi au traitement des effluents secondaires des stations conventionnelles pour leur conférer les qualités physiques et sanitaires nécessaires à leur réutilisation en arrosage.

The preceding solutions can also be adapted to treating secondary waste water from conventional stations to give it the physical and sanitary qualities required for its reuse in irrigation.

• Les coliformes fécaux

On note un abattement bactérien sur les 2 bassins alimentés, B3 et B4.

Cette baisse est significative, en comparaison d'un intervalle de confiance calculé sur 5 prélèvements successifs, effectués le 19 septembre en sortie du bassin B4. Cet intervalle de confiance est de $5,9.10^5 \pm 1,5.10^5$ germes pour 100 ml avec un coefficient de sécurité de 95 %.

La teneur en germe décroît ainsi de 10^6 germes pour 100 ml le 4 septembre, à environ 2×10^4 germes pour 100 ml le 29 septembre (fig. 2a).

• Les nitrates

La nitrification croît régulièrement sur les deux bassins durant la même période (fig. 2d).

• DCO et Azote Kjeldahl (NTK)

Les variations sont peu significatives (fig. 2b et 2c), on note malgré tout des accidents survenus au même moment sur la qualité de l'effluent de sortie en terme de DCO et d'Azote Kjeldahl. L'abattement est bon dès le départ et se maintient sur les 4 séries de bâchées à 90,27 % sur la DCO et 85,77 % sur l'azote Kjeldahl.

CONCLUSION :

L'expérimentation sur le site d'Orléans La Source se continue en 1990 mais, d'ores et déjà, on peut donc dire que le procédé GEOPIC permet une très bonne épuration autant bactériologique (avec des abattements en coliformes fécaux de 3 à 4 unités logarithmiques) que physicochimiques (élimination d'environ 90 % de la DCO et de 85 % de l'Azote Kjeldahl) grâce à une gestion fine des phases d'alimentation et de repos. Une attention toute particulière doit être apportée à l'élimination en amont du procédé des Matières En Suspension par un décanteur performant.

ASSAINISSEMENT AUTONOME, GEOEPURATION ET REUTILISATION DES EAUX USEES

Le B.R.G.M., de par son domaine et ses thèmes d'activités (sol, sous-sol et protection de la qualité des eaux souterraines), a été amené depuis plus d'une dizaine d'années à travailler sur l'épuration des eaux lors de leur percolation à travers le sol et le sous-sol (épandages des effluents urbains des villes de Paris et Reims, effluents agro-alimentaires en région de Champagne pour lesquels le B.R.G.M. assure le contrôle de l'épandage sur une superficie de plus de 30 000 ha).

GEOEPURATION

Depuis quelques années, le B.R.G.M. s'est plus particulièrement intéressé au procédé d'épuration par infiltration-percolation à travers des bassins de sable. Ce procédé semble, en effet, particulièrement avantageux dans les régions et les pays où la ressource en eau est un facteur limitant du développement économique, surtout s'il est associé à une recharge de nappe, accompagnée d'une réutilisation des eaux remobilisées.

L'épuration par infiltration-percolation est un procédé ancien, mais dont la gestion, pratiquée jusqu'à ces temps derniers, ne permettait pas d'obtenir une épuration satisfaisante. Il s'agissait davantage d'un enfouissement des eaux usées offrant des garanties très limitées quant à leur réutilisation dans de bonnes conditions sanitaires. Cette mauvaise gestion et les résultats qui en découlaient ont souvent porté préjudice à la valeur intrinsèque de cette technique épuratoire.

Depuis 1988, le B.R.G.M. a engagé un programme de recherche-développement pour optimiser le fonctionnement du système d'épuration. C'est en ce sens qu'une collaboration s'est créée avec le laboratoire universitaire d'hydrologie mathématique de Montpellier, afin d'appliquer, dans les délais les plus brefs, les récents acquis de la recherche. C'est ainsi que, dans le cadre de cette mise en commun de moyens, on a pu démontrer toute l'importance de la cinétique de réoxygénation du massif filtrant sur le rendement de l'épuration, y compris en germes pathogènes. A cet effet, le B.R.G.M. a acquis et utilise une chaîne de mesures in situ qui permet de suivre dans le massif filtrant l'évolution du stock d'oxygène et la production de gaz carbonique en fonction des fréquences et des doses d'apport d'eau. Elle a été installée et fonctionne sur un site pilote à Orléans La Source.

Actuellement, le groupement B.R.G.M./L.H.M. constitue une des rares équipes pouvant :

- optimiser les doses d'apport d'eau sur les bassins, en assurant un bon rendement épuratoire et, par là même, avoir un dimensionnement minimum des bassins.

Actuellement, sur des réalisations dans le Sud-Est de la France, le B.R.G.M. maîtrise l'infiltration de lames d'eau (décantées) de 0,5 m/j. Dans le centre, cette épaisseur passe à 0,4 m/j, accompagnée d'une gestion appropriée.

- maîtriser les modes d'apport d'eau (séquentiels) sur les bassins, de manière à avoir une répartition homogène sur toute la surface, et assurer une réoxygénation rapide du massif filtrant, après l'infiltration de l'eau.

CARTOGRAPHIES D'APTITUDES DES SOLS

La cartographie, domaine traditionnel du B.R.G.M., s'est enrichie ces dernières années par le système de Cartographie Assistée par Ordinateur et par l'utilisation de logiciels informatiques puissants, permettant la création de cartes de descripteur unique (pente, profondeur de la nappe, ...), puis d'agréger ces paramètres au gré du but recherché.

Les résultats les plus probants sont la production de cartes telles que la carte d'aptitude des sols à l'assainissement, ou la carte de vulnérabilité de la nappe à la pollution.

Les documents produits sont de deux types :

- cartes d'orientation à l'échelle du 1/50 000 ou 1/100 000 ;
- cartes décisionnelles à l'échelle du 1/5 000 ou 1/10 000.

Durant l'élaboration des cartes d'aptitude des sols à l'assainissement, le choix des systèmes proposés se fait grâce à l'utilisation d'un logiciel d'aide à la décision.

REUTILISATION DES EAUX USEES

En matière de recharge d'aquifères, les nombreux travaux réalisés par le B.R.G.M. dans le domaine de l'hydrogéologie, de la modélisation du comportement hydrodynamique des aquifères et de l'optimisation des pompages d'eau dans les champs captants, montrent que toutes les compétences sont réunies à ce sujet.

La recharge des nappes à partir des eaux usées épurées est maîtrisée pleinement par les techniques dérivées de la géoépuration.

Dans le domaine de la réutilisation des eaux usées, une réalisation en vraie grandeur a été menée à partir des eaux usées de la ville de Montpellier. Le haut niveau d'épuration obtenu a permis à l'eau d'être utilisée pour l'irrigation au goutte à goutte de cultures maraîchères (tomates, aubergines, salades, ...). Les contrôles effectués par les

services officiels de santé sur les productions obtenues ont montré que leur qualité sanitaire était de même nature, voire parfois supérieure à celles vendues aux consommateurs.

La géoépuration présente donc plusieurs avantages :

- ♦ Economie de coût d'équipement : l'assainissement autonome permet de résorber les eaux usées et pluviales sur le lieu même de leur production, ce qui évite la construction d'un réseau et d'une station d'épuration.
- ♦ Obtention, pour un coût identique, voire moindre, à celui d'une station conventionnelle, la qualité de traitement d'une station équipée d'une filière tertiaire (épuration bactériologique).
- ♦ Résorption complète des nuisances créées par l'épandage et l'irrigation, tout en permettant une économie d'eau particulièrement appréciable par les réutilisations des eaux épurées dans les régions déficitaires.