

7 1
EURO 80

Royaume du Maroc
Ministère de la Santé publique

LIBRARY
International Reference Centre
for Community Water Supply

Organisation mondiale de la Santé
Bureau régional de l'Europe

Ecole Mohammadia d'Ingénieurs
Rabat

F 4 FEB. 1982

LA TECHNOLOGIE APPROPRIÉE POUR L'ASSAINISSEMENT EN MILIEU RURAL



ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTE
Bureau régional de l'Europe
Copenhague, 1981

71 EURO 80-151.12

Royaume du Maroc
Ministère de la Santé publique

VI. 151. 12

71

EURO 80

Organisation mondiale de la Santé
Bureau régional de l'Europe

Ecole Mohammadia d'Ingénieurs
Rabat

LA TECHNOLOGIE APPROPRIÉE POUR L'ASSAINISSEMENT EN MILIEU RURAL

Rapport sur un séminaire
Rabat, 1er - 5 décembre 1980



Document
Révisé en 1981
pour la publication

ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTE
Bureau régional de l'Europe
Copenhague, 1981

MOR/BSM 003

Séminaire sur la technologie appropriée
pour l'assainissement en milieu rural

MOR/BSM 003

Rabat, 1er-5 décembre 1980

INTRODUCTION

par
E. Giroult¹

En 1980 a commencé la Décennie internationale de l'eau potable et de l'assainissement (DIEPA), dont l'objectif est de promouvoir universellement l'approvisionnement des être humains en eau saine, ainsi que l'évacuation hygiénique des excréta. Il en résulte que la DIEPA concerne les populations qui ne disposent pas à l'heure actuelle d'approvisionnement adéquat en eau saine ni de latrines salubres. Ces populations se rencontrent en général dans les zones rurales et suburbaines; c'est pourquoi ces zones rurales ou suburbaines sont les cibles des activités de la DIEPA.

Bien qu'il soit habituel de parler d'assainissement rural en opposition avec l'assainissement urbain, il est important de noter que ces expressions sont impropres et imprécises. Dans le domaine de l'assainissement (comme d'ailleurs dans celui de l'approvisionnement en eau), il y a lieu de distinguer les systèmes collectifs par réseaux d'égouts (ou par conduits de distribution d'eau) des systèmes individuels, appelés aussi autonomes, tels que les fosses septiques (ou bien les puits privés, en ce qui concerne l'eau potable). De plus, il faut noter que si un pourcentage élevé des populations tant urbaines que rurales peut être desservi par un réseau d'alimentation en eau, soit par des branchements individuels, soit par des bornes-fontaines, réduisant le domaine d'application de l'approvisionnement individuel en eau potable à une fraction marginale des populations rurales dispersées, il est par contre normal, même dans les pays industrialisés, qu'une fraction importante de la population, en fait un à deux tiers, soit assainie par des dispositifs autonomes, et ceci pour les raisons suivantes :

A l'origine, les égouts n'ont pas été conçus pour évacuer les déchets mais pour évacuer les eaux de pluie; par la suite, les égouts se sont révélés un moyen commode d'évacuer les déchets par transport hydraulique, encore que pour fonctionner, ils doivent avoir un débit suffisant par rapport au volume de déchets à évacuer. Il en résulte que parallèlement aux contraintes économiques qui limitent l'extension des réseaux d'égouts, il existe une limitation technique à leur usage, qui est celle du débit d'eaux usées évacuées, et accessoirement celle de la pente. Pour disposer d'un débit suffisant en saison sèche, il faut une forte densité de population, plus une assez forte consommation unitaire d'eau potable. Si ces deux conditions ne sont pas respectées, on peut craindre que le débit soit insuffisant et que les égouts ne fonctionnent pas bien et s'obstruent.

¹ Fonctionnaire régional pour la planification et la gestion en matière de salubrité de l'environnement, Organisation mondiale de la Santé, Bureau régional de l'Europe

L'assainissement autonome peut donc concerner, soit des familles aisées vivant dans des quartiers de villes à faible densité d'habitation, soit des familles pauvres vivant dans des quartiers suburbains sous-équipés, soit enfin l'ensemble des populations rurales vivant dispersées ou groupées en petites localités. Le terme employé par la Banque mondiale est "Assainissement sans égouts".

A l'intérieur même des systèmes d'assainissement autonomes, on dispose de toute une série de solutions qui, outre qu'elles sont plus ou moins coûteuses, sont plus ou moins appropriées à une consommation unitaire d'eau plus ou moins forte. Lorsque cette consommation est trop forte, le facteur limitant peut être la capacité d'absorption du sol par infiltration; dans ce cas, on revient au champ d'application des égouts classiques.

Dans le cas particulier du Maroc, Sa Majesté le Roi a décidé que les efforts de développement doivent donner priorité au milieu rural. Les ingénieurs sanitaires doivent garder à l'esprit que l'assainissement par égouts en zone rurale se limitera, pour des raisons techniques sinon économiques, à un nombre réduit de gros villages à forte densité de population, et que 90% des populations rurales dépendront de systèmes individuels d'assainissement, qu'elles soient ou non desservies par un réseau public d'alimentation en eau.

Le but de ce séminaire, organisé comme activité préparatoire de la DIEPA au Maroc, est donc de confronter les expériences de plusieurs pays riverains de la Méditerranée occidentale, en ce qui concerne les systèmes d'assainissement autonomes qui se sont révélés satisfaisants, tant du point de vue technique que du point de vue hygiénique, et appropriés à tel ou tel facies géographique et environnement socio-économique.

Pour conclure, il faut rappeler la définition du terme "technologie appropriée" donnée par les Nations Unies. Pour mériter le qualificatif "approprié", un procédé technique doit répondre positivement aux trois critères suivants :

- 1) Ce procédé doit résoudre le problème posé, dans ce cas l'évacuation hygiénique des excréta humains.
- 2) La mise en place de ce procédé, c'est-à-dire la construction de latrines, doit utiliser un maximum de valeur ajoutée locale, en termes de matériaux de construction, d'outillage et de main-d'oeuvre.
- 3) L'exploitation et l'entretien de cet équipement doit pouvoir se faire uniquement avec les ressources locales en matériaux, outillage et main-d'oeuvre.

Le Séminaire s'est efforcé d'identifier les dispositifs d'assainissement disponibles en Afrique du Nord et en Europe du Sud-ouest qui répondent à ces critères et sont applicables au Maroc, où les conditions géographiques sont très variées : montagnes, plaines et plateaux; terrains perméables et imperméables; climat humide ou aride; agriculture riche ou pauvre; habitat sédentaire ou nomade, groupé ou dispersé, etc.

Copenhague, Décembre 1981

Séminaire sur la technologie appropriée
pour l'assainissement en milieu rural

MOR/BSM 003

Rabat, 1er-5 décembre 1980

ALLOCUTION DE BIENVENUE

prononcée par le Professeur H. Kettani
Directeur de l'Ecole Mohammadia d'Ingénieurs
à l'occasion de l'ouverture du séminaire

Monsieur le Ministre,
Madame le Représentant Résident au Maroc du Programme des Nations Unies
pour le Développement,
Messieurs les Invités,
Mesdames et Messieurs.

J'ai le plaisir, au nom de l'Ecole Mohammadia d'Ingénieurs, de vous souhaiter la bienvenue au sein de notre Ecole qui abritera durant cette semaine le séminaire sur la technologie appropriée pour l'assainissement en milieu rural.

Mes remerciements les plus chaleureux s'adressent à l'équipe organisatrice, groupant des fonctionnaires du Ministère de la Santé, de l'Organisation mondiale de la Santé, et notre Ecole. Que les participants venant de Tunisie, de France, d'Italie et du Portugal trouvent ici l'expression de notre gratitude pour la coopération technique qu'ils ont apportée à la présentation de conférences spécialisées sur le sujet. Mes félicitations s'adressent aux participants nationaux de la Santé, de l'Équipement et de la Promotion nationale, de l'Intérieur, de l'Agriculture et de la Réforme agraire, de l'Habitat et de l'Aménagement du Territoire, ainsi que de la Section Génie de l'Environnement, qui vous expliqueront l'expérience nationale marocaine sur le sujet.

Messieurs, l'Ecole Mohammadia d'Ingénieurs est une des rares écoles du tiers monde dont le programme d'enseignement du Génie de l'Environnement est destiné aux pays dont le développement est similaire au nôtre. Nous nous appliquons à :

- expliquer au futur ingénieur la position de l'homme dans la complexité de l'environnement;
- démontrer le rôle de la science et de la technologie dans l'évolution et la corrélation entre le sol, l'air et l'eau, et l'importance de l'équilibre écologique entre ces trois systèmes;
- donner à l'étudiant des outils scientifiques et lui inculquer le savoir de la protection du milieu naturel et des corrections à lui apporter pour lui redonner son équilibre vital;

- donner à l'étudiant la notion de la coordination entre les différentes actions de l'homme.

Mais c'est grâce à des séminaires comme celui qui s'ouvre aujourd'hui à l'Ecole Mohammadia d'ingénieurs que nous pourrons trouver des solutions au dilemme de l'application de la technologie avancée à des problèmes demandant des solutions techniques simples et économiques, et ainsi relever le défi de la santé pour tous, urbains et ruraux.

Pour terminer, je souhaite plein succès à ce séminaire et, encore une fois, bienvenue à l'EMI.

Séminaire sur la technologie approprié
pour l'assainissement en milieu rural

MOR/BSM 003

EMI, Rabat, 1er-5 décembre 1980

DEROULEMENT DU SEMINAIRE

Lundi, 1er décembre 1980Ministère de la Santé publique

- 10 h 30 Ouverture du séminaire par le Dr R. Rahhali, Ministre de la Santé publique, le Professeur H. Kettani, Directeur de l'Ecole Mohammadia d'Ingénieurs, et Mme L. Hlass, Représentant résident du Programme des Nations Unies pour le Développement
- 14.00 Président de la séance : M. Azizi, Ingénieur sanitaire, Chef du Service central d'Hygiène du Milieu au Ministère de la Santé
Coordonnateur : Professeur Mendia, Université de Naples, Italie

Conférence donnée par M. Azizi : "L'importance sanitaire de l'assainissement rural"
- 16.00 Pause café
- 16 h.30 Conférence par le Professeur Akmanoglu, EMI/OMS : "Infiltration des eaux provenant d'une source de pollution ponctuelle (fosses de latrines - puits d'infiltration)"

2 décembreEcole Mohammadia d'Ingénieurs

- Président : M. Zéribi, Chef adjoint du Département de Génie civil
Coordonnateur : Dr A. Lobato de Faria, Lisbonne, Portugal
- 9.00 M. Viguié, Direction départementale des Affaires sanitaires et sociales d'Indre-et-Loire, France : "Technologie de l'assainissement en milieu rural"

- 10.15 Pause café
- 10.30 M. Bennouna, Ministère de la Santé publique : "Eau et assainissement parmi les soins primaires de base"
- 14.30 M. Belkhadir, EMI : "Evacuation des excréta en milieu rural au Maroc"
- 16.00 Pause café
- 16.30 M. Nejjar : lecture du texte de M. Giroult, OMS/EURO

3 décembreMinistère de l'Agriculture

Président : M. Oulad Cherif, Directeur de l'Équipement rural au Ministère de l'Agriculture
 Coordonnateur : M. Viguié

- 9.00 Dr Lobato de Faria : "Désinfection des puits individuels - Protection hygiénique des puits et sources - Surveillance hygiénique des latrines privées"
- 10.15 Pause café
- 10.30 M. Zaghoul, Direction de l'Équipement rural : "Quelques réflexions sur le programme d'assainissement en milieu rural du MARA"
- 14.30 M. Abouzaid, Office national de l'Eau potable : "Contrôle et surveillance des eaux destinées à l'alimentation des populations rurales"
- 16.00 Pause café
- 16.30 M. Hamada, Ministère de l'Intérieur de Tunisie : "Expérience tunisienne relative à la protection du milieu dans les zones rurales"

4 décembreMinistère de l'Intérieur

Président : M. Zahir, Chef de la DPE au Ministère de l'Intérieur
 Coordonnateur : M. Hamada

- 9.00 M. Bennani, Ministère de l'Intérieur : "Rôle des collectivités locales en matière d'assainissement rural"

10.15 Pause café

10.30 Professeur Mendia : "Hygiène du milieu dans les zones rurales - Quelques expériences italiennes"

Après-midi Visite à l'usine de traitement des eaux du Bou Regreg sous la direction du Professeur Akmanoglu

5 décembre

Président : M. Belkhadir, EMI

9.00 M. Zéribi : "Plan directeur d'alimentation en eau en milieu rural"

10.15 Pause café

10.30 M. Carlier, Direction des Ressources en eau, M. Normand, M. Henou : "Alimentation en eau potable des populations rurales"

13.30 Clôture du séminaire par le Professeur Kettani, Directeur de l'EMI

Recommandations.

Séminaire sur la technologie appropriée
pour l'assainissement en milieu rural

MOR/BSM 003

EXPOSES PRESENTES AU COURS DU SEMINAIRE

	<u>Page</u>
- L'importance sanitaire de l'assainissement rural (A. Azizi)	1
- Infiltration des eaux provenant d'une source de pollution ponctuelle (N.O Akmanoglu, Y. Ajdor, S. Naji)	3
- Technologie de l'assainissement en milieu rural (M. Viguié)	39
Eau et assainissement parmi les soins de santé primaires (M. Bennouna)	89
- Evacuation des excreta en milieu rural Solutions pour le Maroc (E. Belkhadir)	97
- Technologie appropriée pour l'assainissement rural (E. Giroult)	111
- Désinfection des puits individuels, protection hygiénique des puits et sources, surveillance hygiénique des latrines privées (Dr A. Lobato de Faria)	121
- Quelques réflexions sur le programme d'assainissement en milieu rural du Ministère de l'Agriculture et de la Réforme agraire (M. Zaghoul)	149
- Surveillance et contrôle de qualité des eaux en zones rurales (Dr Abouzaid)	159
- Expérience tunisienne relative à la protection du milieu dans les zones rurales (N. Hamada)	171
- Le rôle des collectivités locales en matière d'assainissement individuel et rural (A.C. Bennani)	201
- L'hygiène du milieu dans les zones rurales - Quelques expériences italiennes (Professeur L. Mendia)	213
- Plan directeur d'alimentation en eau potable en milieu rural (T. Zeribi)	229
- L'alimentation en eau potable des populations rurales (P. Carlier, A. El Khabote, B. Henou, M. Normand)	241
- Conclusions et recommandations du Séminaire	261

Séminaire sur la technologie appropriée
pour l'assainissement en milieu rural

MOR/BSM 003

Rabat, 1er-5 décembre 1980

L'IMPORTANCE SANITAIRE DE L'ASSAINISSEMENT RURAL

par
A. Azizi
Ingénieur sanitaire
Chef du Service d'Hygiène du Milieu
Ministère de la Santé publique
Rabat, Maroc

SOMMAIRE

	<u>Page</u>
1. Importance sanitaire de l'assainissement rural	3
2. Assainissement et transmission des maladies	3
3. Situation au Maroc	4
4. Conclusion	5

1. Importance sanitaire de l'assainissement rural

Les facteurs de l'environnement ont toujours joué un rôle sur l'état de santé de la population. En conséquence, qu'ils soient physiques, socio-économiques ou culturels, ces facteurs devront être pris en considération pour l'élaboration de tout programme visant à protéger et à promouvoir la santé.

L'objet de la présente communication n'est pas d'exposer les techniques utilisées ou à utiliser pour l'assainissement rural, mais plutôt de placer les problèmes d'hygiène du milieu tels qu'ils se posent dans le contexte rural, ainsi que leurs répercussions sur l'état de santé de la population, et de montrer combien il est nécessaire d'instaurer une meilleure coordination des différents départements intervenant dans le secteur de l'assainissement rural.

2. Assainissement et transmission des maladies

La chaîne de transmission des maladies montre l'importance des excréta et des eaux usées comme sources d'infection et le rôle des facteurs du milieu, en particulier l'eau, comme véhicules des agents pathogènes.

Ainsi, on comprend aisément la situation épidémiologique qui prévaut généralement dans les pays en voie de développement, surtout dans les zones rurales dépourvues de tout équipement d'assainissement de base et où vit la plus grande partie de la population. En effet, on constate que dans ces régions, les excréta humains sont évacués d'une manière non hygiénique et l'eau de boisson, puisée à partir de puits, de sources ou de rivières, est consommée sans subir ni traitement préalable, ni surveillance continue de sa qualité.

Cette situation est aggravée par d'autres facteurs d'environnement, tels que le climat, l'habitat, le niveau socio-économique et autres, qui favorisent ou contribuent à la propagation de plusieurs maladies.

Une étude effectuée par l'UNICEF au cours de l'année 1972 a montré que dans les pays en voie de développement :

- 81,7% des décès d'enfants au cours de la première année et 93,5% des décès d'enfants entre 1 et 4 ans étaient dus à trois causes essentielles :
 - . la malnutrition
 - . les maladies transmissibles
 - . la mauvaise hygiène;

- de même, 90% des décès d'enfants de moins de 5 ans dans les pays africains situés au sud du Sahara pourraient être évités par des mesures :
 - . d'éducation sanitaire et nutritionnelle
 - . d'extension des campagnes de vaccination
 - . d'assainissement du milieu de vie avec, en premier lieu, la fourniture d'eau en quantité et qualité suffisantes.

Ces chiffres montrent la nécessité de disposer d'eau de boisson et de la protéger contre les sources de contamination d'origine microbienne pour la protection de la santé de la population et, par conséquent, pour un développement socio-économique harmonieux des pays en développement.

3. Situation au Maroc

En milieu rural, les équipements de base en matière d'assainissement restent insuffisants, malgré les efforts déployés par les services concernés.

Des statistiques établies au cours de l'année 1978 ont fait ressortir les éléments suivants :

a) Approvisionnement en eau de boisson

- 5% seulement de la population rurale dispose d'un branchement individuel;
- 20% de la population rurale s'approvisionne à partir soit de puits publics, soit de bornes fontaines.
- le reste, soit 75%, s'alimente individuellement à partir de sources, de puits, de citernes ou de rivières.

b) Evacuation des eaux usées et des excréta

- Environ 5% de la population est branchée à un réseau d'égout;
- 90% de la population utilise des systèmes non contrôlés et ne répondant généralement pas aux critères et conditions d'hygiène.

Ces taux de couverture en matière d'eau de boisson et de systèmes d'évacuation des eaux usées et excréta en milieu rural correspondent d'ailleurs aux résultats de l'exploitation d'enquêtes épidémiologiques de certaines maladies à transmission essentiellement hydrique. En effet, 94% des cas déclarés ont consommé une eau non distribuée sous canalisation. Parmi ces cas, si l'on recherche les origines de cette eau de boisson, on remarque les taux de fréquentation suivants :

- 46,5% ont utilisé, au moins une fois, l'eau des sources;
- 34,1% ont utilisé, au moins une fois, l'eau du puits;
- 16,5% ont utilisé, au moins une fois, l'eau de l'oued (rivière).

Du fait que ces points d'eau ne sont pas traités et ne font pas l'objet d'un contrôle continu, ils sont, sur le plan sanitaire, considérés comme suspects et, par conséquent, comme véhicules potentiels de maladies. D'ailleurs, l'analyse des systèmes d'évacuation des eaux usées et des excréta en relation avec ces cas déclarés en milieu rural montre et confirme cette possibilité de contamination, puisque seulement 4% des cas ont le "tout-à-l'égout" et 79% rejettent ces déchets liquides directement dans le milieu naturel.

Ces résultats montrent que l'eau de boisson, facteur commun de la plupart des cas, a joué le rôle le plus important dans la transmission de ces maladies. En effet, pour la prophylaxie des fièvres typhoïdes, par exemple, les facteurs du milieu qui doivent être pris en considération sont, par ordre de priorité :

- a) la protection et le traitement de l'eau de boisson
- b) l'évacuation hygiénique des eaux usées domestiques
- c) la lutte contre les mouches
- d) le contrôle de la salubrité des denrées alimentaires
- e) l'éducation et la surveillance de l'état de santé des manipulateurs des aliments
- f) l'hygiène personnelle
- g) la vaccination.

4. Conclusion

Toutes ces actions sont essentielles pour les programmes de lutte contre les maladies transmissibles liées à une défaillance de l'hygiène du milieu. Cependant, il faut noter que les efforts qu'il faudrait déployer pour prévenir ces maladies ne dépendent pas uniquement des services de santé, mais de l'ensemble des programmes d'infrastructure et d'équipement entrepris soit par les autres départements techniques, soit par les collectivités locales. De même, les données épidémiologiques devraient servir comme élément de base pour le choix des priorités de ces programmes.

En conclusion, l'état de santé d'une population représente la "résultante" de l'impact de l'ensemble des facteurs environnementaux physiques, socio-économiques, culturels et démographiques, et par conséquent, cet état devra être le souci de la plupart des services publics ou collectifs.



Séminaire sur la technologie appropriée
pour l'assainissement en milieu rural

MOR/BSM 003

Rabat, 1er-5 décembre 1980

INFILTRATION DES EAUX PROVENANT D'UNE SOURCE DE POLLUTION PONCTUELLE
(Fosse de latrine, puits d'infiltration)

Première partie : Etude du phénomène

par
N.O. Akmanoglu, Y. Ajdor, S. Naji
Ecole Mohammadia d'Ingénieurs

RESUME

Le présent exposé constitue l'étude préparatoire d'une recherche sur l'infiltration des eaux polluées provenant d'un puits d'infiltration ou d'une fosse de latrine, et la percolation de ces eaux jusqu'à la nappe phréatique. On envisage d'étudier le phénomène indépendamment par un modèle expérimental bidimensionnel et par un modèle mathématique. La méthodologie à suivre pour déterminer les paramètres intervenant dans les modèles, notamment le flux, la pression intersticielle, la perméabilité, la teneur en eau du sol et sa variation verticale, est expliquée.

TABLE DES MATIERES

	<u>Page</u>
1. Introduction	9
2. Définition du problème	11
3. Modèle expérimental	12
3.1 Description du modèle	12
3.2 Calcul du flux	13
3.3 Calcul du coefficient de perméabilité	15
4. Modèle mathématique	15
4.1 Formulation physico-mathématique	15
4.2 Potentiel total	17
4.3 Coefficient de perméabilité	18
4.4 Teneur en eau	20
4.5 Profil hydrique	22
4.6 Résolution par analyse numérique	25
5. Conclusion	26
6. Remerciements	26
Bibliographie	27
ANNEXE Méthode implicite et itérative des directions alternées (ADIPIT) appliquée à l'équation de Richards	29

I - INTRODUCTION

Cette étude constitue la partie préparatoire et l'étude bibliographique d'une recherche entamée au laboratoire de Génie Sanitaire, Ecole Mohammadia d'Ingénieurs, Rabat.

On sait que les agents polluants, chimiques ou microbiologiques, se trouvant dans les excréta déposés dans des fosses de latrines ou amenés à des puits d'infiltration des fosses septiques sont entraînés dans le sol par l'infiltration des eaux usées.

Les eaux usées infiltrées dans le sol se déplacent verticalement et horizontalement suivant les forces agissant sur les molécules ou masses de liquide. Cet écoulement est amplifié par l'infiltration des eaux pluviales à travers la surface du sol, mais il est atténué par la rétention de l'eau autour des grains solides et dans les pores ou canalicules entre les grains et par la diffusion dans la zone non-saturée.

Une partie de l'humidité du sol est extraite par les racines de plantes et s'évapore sous forme de transpiration, pendant qu'une autre partie s'évapore directement à partir des ouvertures à la surface du sol.

Si le taux d'infiltration des eaux dépasse la capacité de rétention du sol, l'eau excédentaire se draine verticalement, essentiellement par la force de gravité et par les forces capillaires jusqu'à ce qu'elle atteigne la nappe phréatique. Bien que la charge polluante des eaux usées infiltrées soit partiellement retenue par les constituants solides du sol ou qu'elle subisse une auto-épuration sommaire pendant ce trajet, la pollution résiduelle de la recharge de nappe, une fois atteinte la zone de saturation, peut se déplacer beaucoup plus facilement par l'écoulement souterrain ou par diffusion à l'intérieur de nappe puisque l'eau libre de la zone saturée assure un excellent moyen de transport pour les agents polluants.

Afin de protéger la nappe phréatique contre la pollution induite par des installations d'évacuation des excréta, des normes et des restrictions ont été imposées. Par exemple, on recommande que le fond de la latrine se situe à 1,5 m au moins au-dessus de la nappe phréatique et que la distance horizontale minimum entre un puits puisant dans la nappe phréatique et une latrine soit 15 m (1). (x)

Le Ministère de l'Intérieur, Royaume du Maroc (2), préconise l'assainissement individuel sous certaines conditions, mais il interdit, en vue de protéger les ressources en eau souterraine pour les besoins en eau potable, l'utilisation de puits absorbants pour l'évacuation des effluants. Seuls sont admis l'épandage à faible profondeur ou des puits filtrants après une enquête géologique.

En France, le rejet dans le sol d'eaux usées à l'aide de puits perdus et de puisards absorbants est interdit par le règlement sanitaire départemental. Cependant, des puits filtrants à l'aval des fosses septiques peuvent être autorisés après avis des autorités sanitaires (3).

De Walle et Schaff (4) notent qu'aux Etats-Unis, à l'intérieur du bassin versant de Clover Creek (Washington) où se trouvent des agglomérations à population relativement dense (Parkland 23500 habitants, Lakewood 45500 habitants) dépourvues d'un système d'assainissement collectif, on a trouvé que 94 % de la charge DBO des eaux souterraines provenait des fosses septiques dont la construction n'était admise que sous des restrictions réglementaires. La profondeur des puits dont les eaux ont été analysées variait pourtant de 64 m à 324 m.

Sous la lumière des considérations ci-dessus, on constate que l'un des principaux effets défavorables des installations d'assainissement individuel est le danger de pollution de nappes souterraines. Le but de notre recherche est donc d'étudier l'écoulement des eaux usées à partir d'un puits d'infiltration et la vitesse du front d'imbibition, de déterminer le volume d'eau qui est retenu par le sol et la recharge de la nappe phréatique par le débit de drainage des eaux usées. Nous envisageons également d'étudier les facteurs qui pourraient modifier la recharge des eaux polluées comme les caractéristiques du sol, la profondeur de la surface phréatique, la forme et les dimensions de puits d'infiltration, et la distance entre deux sources de pollutions ponctuelles.

(x) Les chiffres entre parenthèses se réfèrent à la liste bibliographique.

II - DEFINITION DU PROBLEME

On peut écrire l'équation de bilan suivant (Fig. I)

$$P + I - (E + T) - R = \frac{\Delta w}{\Delta t} \dots\dots\dots (I)$$

où P : percolation des eaux usées à partir de la source polluante

I : infiltration des eaux pluviales

E : évaporation à partir du sol nu

T : transpiration de la couverture végétale

R : recharge de la nappe aquifère

$\frac{\Delta w}{\Delta t}$: accroissement de l'humidité du sol pendant une période Δt .

Les éléments de l'équation (I) sont non linéaires et ont une variation temporelle. Il n'est donc pas possible de déterminer l'un d'eux indépendamment des autres, puis de les superposer par l'éq. (I).

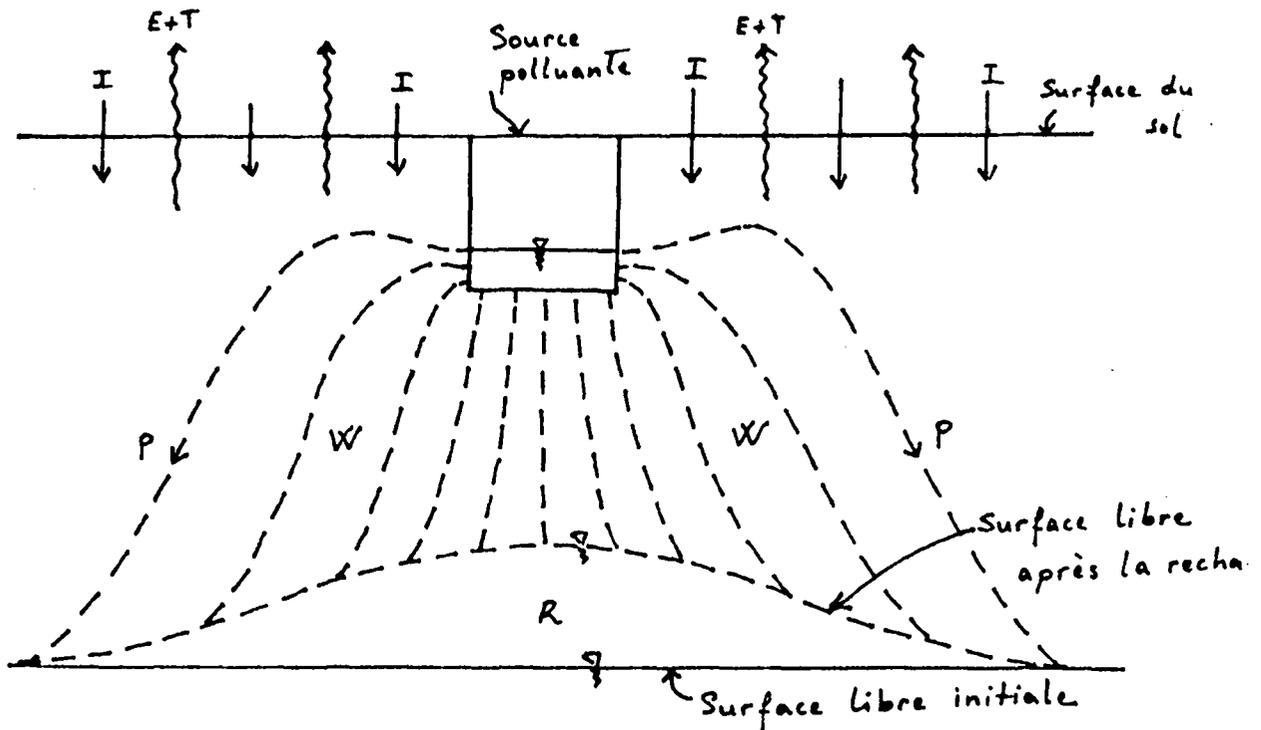


Fig. 1 - Bilan hydrique du sol recevant les eaux usées

D'autre part, on constate qu'afin de réduire la recharge polluée, R, il faudrait diminuer les infiltrations d'origine pluviale, I, augmenter l'évapo-transpiration, $ET = E + T$, et augmenter la capacité de rétention du sol W. Du fait que I et ET ont des signes opposés, on peut considérer un cas simplifié où elles s'éliminent ou même si elles ne s'éliminent pas, la différence est négligeable. Dans ce cas, l'étude se ramènerait à l'étude de la percolation des eaux usées dans un sol initialement non saturé.

A partir de ce qui suit, nous nous plaçons dans ce cas simplifié bien qu'il ne soit pas totalement justifié.

On peut aborder l'étude du problème par deux moyens différents : modèle expérimental et modèle mathématique. Nous présentons d'abord le procédé expérimental que nous envisageons de suivre.

III - MODELE EXPERIMENTAL

Le modèle expérimental sera utilisé, non pas pour obtenir une équation d'écoulement dans la zone non saturée puisque nous nous servirons des équations de l'hydraulique souterraine bien connues, mais pour mieux comprendre les effets de différents paramètres du phénomène et pour vérifier les résultats du modèle mathématique. Nous devons donc préparer un modèle expérimental qui puisse nous permettre de mesurer directement les paramètres ou de les calculer par des lois physiques fondamentales de l'écoulement dans un milieu non saturé.

III. I - Description du modèle :

En vue d'étudier le problème à deux dimensions, un modèle en pléxiglas a été préparé au laboratoire, à 100 cm de longueur, 50 cm de hauteur et 10 cm d'épaisseur (Fig. 2).

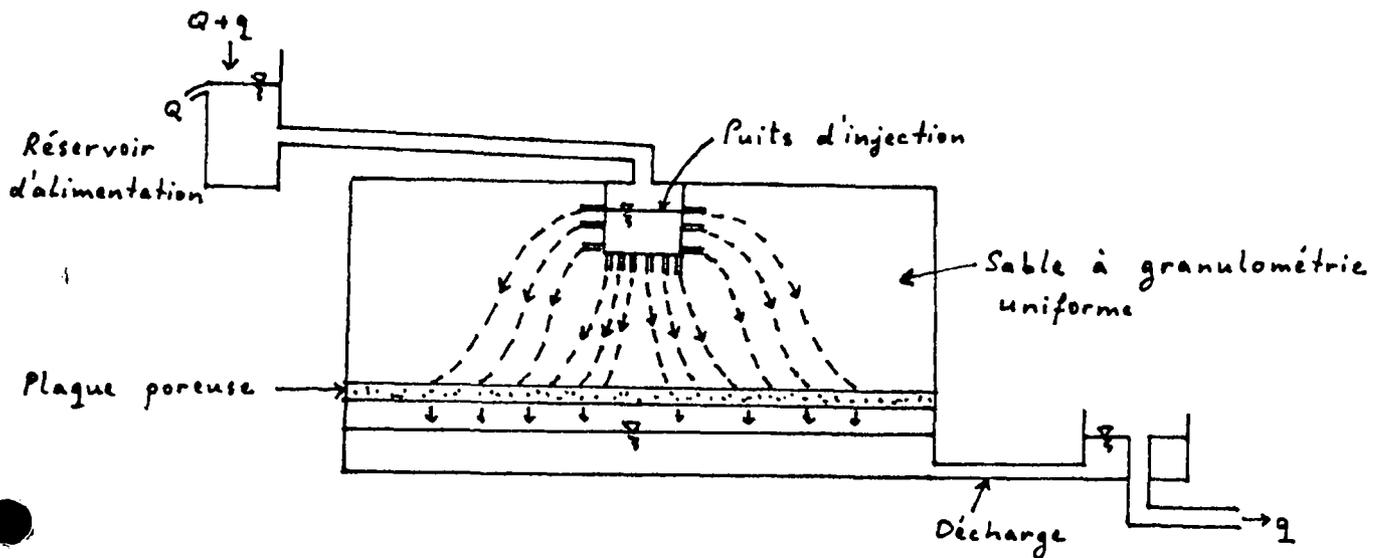


Fig. 2. - Modèle expérimental

On maintient un niveau constant dans le puits d'injection par un réservoir à trop plein. Une plaque poreuse assure le drainage des eaux de percolation et maintient le sol à l'état non saturé. Les mesures de teneur en eau peuvent être effectuées par une sonde à neutrons ou par une source de rayons gamma ou bien par la mesure de résistivité. La pression interstitielle peut être mesurée par des tensiomètres, chacun lié à un senseur. Il faudra prévoir des équipements de façon à mesurer simultanément la teneur en eau et la pression interstitielle à plusieurs points. Le débit d'injection doit être inférieur au coefficient de perméabilité à la saturation afin de ne pas provoquer la saturation du champ d'écoulement.

Finalement, il est préférable d'utiliser dans les expériences l'eau usée pour garder les mêmes caractéristiques physiques, notamment la densité et la viscosité qui peuvent modifier le coefficient de perméabilité (5).

III. 2 - Calcul du flux :

Pour déterminer le flux par le modèle expérimental, on peut s'inspirer du procédé suivi par Vauclin et al. (6) :

Considérons un élément de sol à volume $\Delta x \cdot \Delta z$ autour d'un point M (x,z). (Fig. 3)

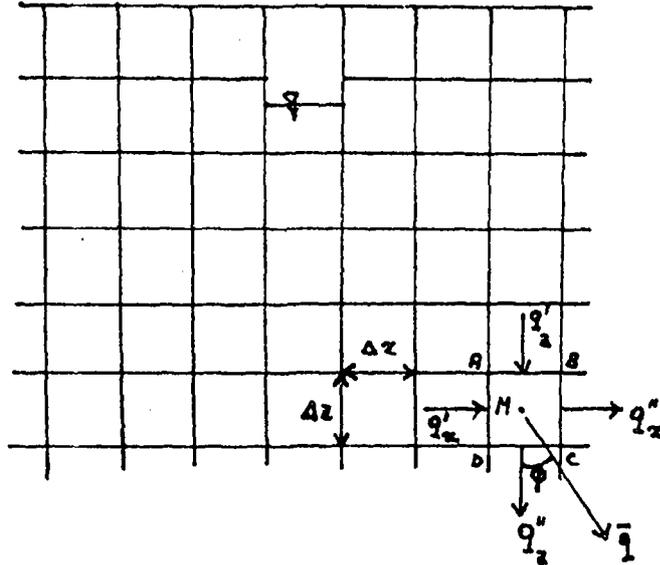


Fig. 3 - Grillage pour calcul de flux

Le module de flux au point M, \vec{q} , s'écrit en valeur absolue :

$$|\vec{q}| = (q_x^2 - q_z^2)^{1/2} \dots \dots \dots (2)$$

où q_x et q_z sont les composantes de flux respectivement sur les axes de x et z. Ils peuvent être obtenus par :

$$q_x = \frac{q_x' - q_x''}{2} \quad \text{et} \quad q_z = \frac{q_z' - q_z''}{2} \dots \dots \dots (3)$$

q_x' et q_z' sont les flux entrant à l'élément ABCD, q_x'' et q_z'' sont les flux sortant du même élément.

La direction du vecteur de flux à M est définie par :

$$\tan \phi = \frac{q_x}{q_z} \dots \dots \dots (4)$$

D'autre part, l'équation de continuité pour l'élément ABCD s'écrit

$$\frac{\Delta \theta}{\Delta t} = \frac{q_x' - q_x''}{\Delta x} + \frac{q_z' - q_z''}{\Delta z} \dots \dots \dots (5)$$

où $\Delta \theta / \Delta t$ correspond à la variation de la teneur en eau volumétrique pendant l'intervalle de temps Δt .

En combinant (3), (4) et (5), on obtient :

$$q''z = \frac{-\frac{\Delta\theta}{\Delta t} + 2q'x - q'z (\tan \phi / \Delta x - \mathfrak{z}/\Delta z)}{\tan \phi / \Delta x - \mathfrak{z}/\Delta z} \dots\dots\dots (6)$$

$$q'x = (q'z - q''z) \tan \phi \dots\dots\dots (7)$$

On peut ainsi déterminer le vecteur de flux à un point quelconque à condition de connaître

$$q'x, q'z, \frac{\Delta\theta}{\Delta t} \text{ et } \phi$$

On doit connaître donc, à part le flux entrant aux frontières du puits d'injection, les valeurs de $\frac{\Delta\theta}{\Delta t}$ et ϕ à chaque élément de grillage et à chaque instant. Le flux entrant à travers la paroi du puits d'injection pourrait être réparti proportionnellement à la charge hydraulique dans le puits par rapport à son fond, en supposant que le coefficient de perméabilité est constant tout autour de la paroi.

Les valeurs de ϕ peuvent être obtenues pour un instant donné à partir des lignes équipotentiellles ($H = \text{cte}$) qui sont orthogonales aux lignes de courant, c'est-à-dire aux vecteurs de flux. Les mesures de pressions interstitielles seront donc effectuées en vue d'obtenir la carte des équipotentiellles à des intervalles de temps suffisamment courts. Quant aux valeurs de $\frac{\Delta\theta}{\Delta t}$, elles seront obtenues des mesures de la teneur en eau suffisamment réparties sur le champ d'imbibition et dans le temps.

III. 3 - Calcul du coefficient de perméabilité, $K(\theta)$:

Le coefficient de perméabilité qui est définit comme le flux d'un liquide dans un milieu poreux saturé sous un gradient de la charge hydraulique unité est une fonction des caractéristiques physiques du liquide (densité, viscosité) et du milieu poreux (porosité, les dimensions des pores et des canalicules de raccordement). Il est donc constant pour un écoulement dans un milieu saturé tant que le milieu est homogène et isotrope et que les caractéristiques physiques du liquide restent les mêmes. Dans un milieu non saturé, le coefficient de perméabilité dépend de la teneur en eau aussi bien que des facteurs cités ci-dessus.

La loi de Darcy généralisée s'écrit pour un écoulement dans un milieu non saturé :

$$K(\theta) = \frac{|\langle q \rangle|}{|\langle \text{grad} H \rangle|} \dots\dots\dots (8)$$

où $|\langle q \rangle|$ représente le module du flux et $|\langle \text{grad} H \rangle|$ le gradient de la charge hydraulique, tous les deux exprimés en valeur absolue.

On peut obtenir $|\langle \text{grad} H \rangle|$ à chaque point à partir de la relation

$$|\langle \text{grad} H \rangle| = \frac{\partial H}{\partial n} \dots\dots\dots (9)$$

où n est la normale entre deux équipotentiels entourant le point M

IV - MODELE MATHEMATIQUE

IV. I - Formulation physico-mathématique :

Reprenons la loi de Darcy généralisée

$$\vec{q} = -K(K_s, \theta) \frac{\partial H}{\partial s} \dots\dots\dots (10)$$

dans laquelle \vec{q} est le flux du liquide (débit traversant une section transversale unité), $K(K_s, \theta)$ est le coefficient de perméabilité dans un milieu poreux non saturé, H est le potentiel total de l'écoulement et s est la distance le long de la ligne de courant passant par le centre d'une section à surface unité.

L'équation de continuité s'écrit pour un écoulement bi-dimensionnel dans la zone non saturée (l'écoulement étant symétrique par rapport à l'axe de symétrie du puits, on arrive à la même équation en coordonnées cylindriques) :

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = - \frac{\partial q}{\partial x} - \frac{\partial q}{\partial z} \dots\dots\dots (11)$$

Dans (11), θ est la teneur en eau volumique, t est le temps, x l'axe des coordonnées horizontales et z l'axe des coordonnées verticales du domaine bi-dimensionnel.

En introduisant (10) dans (11) et en faisant intervenir la relation $\theta = f(H)$, on a :

$$\frac{\partial \theta}{\partial H} \cdot \frac{\partial H}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left[K(\theta) \frac{\partial H}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[K(\theta) \frac{\partial H}{\partial z} \right] \dots\dots\dots (12)$$

On définit une "capacité capillaire", C (H), telle que

$$C(H) = \frac{\partial \theta}{\partial H} \dots\dots\dots (12 a)$$

et en introduisant (12 a) dans (12), on arrive a :

$$C(H) \frac{\partial H}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left[K(\theta) \frac{\partial H}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[K(\theta) \frac{\partial H}{\partial z} \right] \dots\dots\dots (13)$$

L'équation (13) est connue sous le nom de l'équation de diffusion ou l'équation de Richards d'un flux de liquide dans un milieu poreux non saturé. L'équation (10) et l'équation (13) seront les relations fondamentales de notre modèle mathématique. (13) étant une équation non linéaire, une technique numérique lui sera appliquée pour obtenir la solution.

Le but de résoudre (13) étant de calculer $\overline{\text{grad } H}$ et de l'introduire dans (9) pour déterminer le flux, \vec{q} , le volume d'eau emmagasiné dans le sol et l'avancement du front d'imbibition, il y a donc lieu d'examiner les moyens d'obtenir les différents paramètres intervenant dans ce phénomène.

IV. 2 - Potentiel total, H :

Le potentiel de force, ou potentiel tout court, est défini en mécanique générale comme la puissance d'un système d'exercer un travail nécessaire pour déplacer un volume (d'eau) par unité de poids et de surmonter la résistance contre ce mouvement. Il est généralement exprimé en hauteur et il est le vecteur résultant de tous les potentiels agissant sur une masse d'eau. En hydraulique souterraine, on peut citer les principaux potentiels suivants :

a) Potentiel de gravité, Z : en tout point, il est déterminé par l'élévation de ce point au-dessus d'un niveau de référence donné.

b) Potentiel de pression, P : il est habituellement rapporté à la valeur de la pression atmosphérique. La pression positive dans la zone de saturation est égale au poids de la colonne à section unité sous la surface libre.

La somme de a) et b) constitue le potentiel piézométrique.

Dans la zone de saturation, tous les autres potentiels étant soit nuls soit en équilibre entre eux, c'est le gradient du potentiel piézométrique qui assure le mouvement d'eau.

c) Potentiel d'adsorption : il forme une enveloppe d'eau autour des grains solides, constituée par des ménisques ou une très mince pellicule d'eau, par des forces électro-moléculaires (forces d'adhésion).

d) Potentiel capillaire : il est dû aux forces électro-moléculaires entre les molécules d'eau (cohésion). Ces forces sont en équilibre à l'intérieur d'un corps d'eau. A la surface, l'état d'inéquilibre crée une tension superficielle qui, en l'occurrence des forces d'adhésion, oblige l'eau à monter le long de la paroi, la hauteur de cette ascension étant fonction de l'angle de contact et de la dimension de la paroi, et de la tension superficielle de l'eau. Il s'exerce donc un potentiel de tension, ou succion, des zones plus humides vers les zones moins humides, et il joue un rôle primordial dans l'écoulement d'eau en zone non-saturée.

e) Potentiel osmotique : la présence de sels abaisse la pression de vapeur d'eau dans le sol et crée un potentiel agissant du milieu à concentration faible vers le milieu à concentration élevée. Ce phénomène intervient surtout lors des interactions entre les racines de plantes et le sol, et il est par conséquent négligeable en dehors de la zone d'évapotranspiration dans le sol.

f) Potentiel thermique : il se crée par un gradient thermique dans le sol. Le potentiel thermique, bien que prépondérant dans l'étude de flux de vapeur d'eau dans le sous-sol, est négligeable pour l'eau.

En négligeant les potentiels osmotiques et thermiques et en considérant que le potentiel d'adsorption est équilibré par le potentiel de gravité dans la zone de rétention, on écrit :

$$H = Z + \Psi \dots\dots\dots (14)$$

où Ψ est le potentiel capillaire. On a :

$$\Psi = \frac{P_a - P_w - P_A}{\gamma_w} = \frac{-P_w}{\gamma_w} + \frac{P_a - P_A}{\gamma_w} = -h_c + \frac{P_a - P_A}{\gamma_w}$$

P_a , P_w et P_A étant les pressions de l'air, de l'eau et atmosphérique respectivement et γ_w poids spécifique de l'eau. Le terme h_c représente donc la hauteur d'ascension capillaire.

On voit que dans le cas où $P_a = P_A$, la succion est égale à l'ascension capillaire. La variation de la pression de vapeur d'eau dans le sol et l'existence d'un contre-courant de l'air dans le cas d'une percolation de l'eau verticale peuvent avoir des effets non-négligeables (8).

On adopte conventionnellement un axe vertical, Z, orienté vers le bas ; l'origine étant à la surface du sol, (I4) se transforme en

$$H = \psi - Z \dots\dots\dots (I5)$$

On doit noter que la succion ou la hauteur de capillarité, si on néglige l'effet de l'air dans le sol, est toujours négative.

IV. 3 - Coefficient de perméabilité, $K (K_s, \theta)$:

Le coefficient de perméabilité, K, est défini, d'une façon générale, comme le flux de liquide traversant par unité de surface transversale sous un gradient unité.

Le coefficient de perméabilité à non-saturation est une fonction du coefficient de perméabilité à saturation, K_s , et de la teneur en eau, θ , du milieu.

K_s , appelé également "conductivité hydraulique", "perméabilité relative" ou "coefficient de Darcy", s'écrit (6) :

$$K_s = a \frac{d^2 \gamma}{\mu} = a \frac{d^2 g}{\nu} \dots\dots\dots (I6)$$

dans laquelle a est un coefficient sans dimension tenant compte de la porosité et de la forme des interstices ; d est une dimension caractéristique du squelette granulaire ; γ , μ et ν étant respectivement le poids spécifique, la viscosité dynamique et la viscosité cinématique du liquide ; et g l'accélération de la gravité.

On regroupe parfois les caractéristiques du sol dans un seul paramètre, dénommé "perméabilité intrinsèque", k :

$$k = a \times d^2 \dots\dots\dots (I7)$$

ainsi, (I4) devient-elle :

$$K_s = \frac{kg}{\nu} \dots\dots\dots (I8)$$

On remarque que K_s dépend des caractéristiques physiques du liquide aussi bien que des caractéristiques du milieu poreux, d'où le nom de "perméabilité relative".

Plusieurs relations empiriques ont été proposées pour exprimer la relation $K = f(K_s, \theta)$ (Fig. 4)

$$\text{Vachaud} : K(\theta) = K_s \left(\frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} \right)^2 \quad \text{où } x \text{ est une constante.. (19)}$$

$$\text{Hillel} : K(\psi) = K_s \frac{A}{A + |\psi|^\beta} \quad \text{où } \psi \text{ est la succion (20)}$$

$$\text{Irmay et al.} : K(S_r) = 0,01 d_{10}^3 \times (S_r - 0,2)^3 \frac{n^3}{(1-n)^2} \quad \text{..... (21)}$$

où S_r est le coefficient de saturation ($S = \frac{\theta}{\theta_s}$), d_{10} le diamètre efficace et n la porosité du sol.

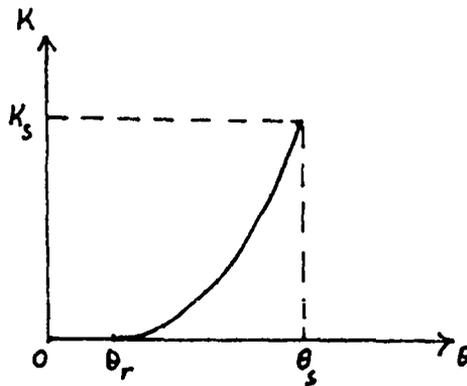


Fig. 4 - Fonction $K = f(K_s, \theta)$

IV. 4 - Teneur en eau, θ :

On définit la teneur en eau volumique, θ , comme un paramètre sans dimension, tel que :

$$\theta = \frac{\text{Volume de l'eau dans un échantillon}}{\text{Volume total de l'échantillon}} = \frac{V_w}{V} \quad \text{en cm}^3/\text{cm}^3.$$

Dans les conditions naturelles, θ varie entre deux limites : θ_s , teneur en eau à saturation naturelle, qui devrait être égale à la porosité s'il n'y avait d'air occlus, et θ_r , teneur en eau résiduelle, qui représente le volume d'eau lié aux grains par des forces d'adsorption. La différence $\epsilon = \theta_s - \theta_r$ appelé porosité effective, représente le rapport du volume maximum d'eau emmagasinée dans le cas de saturation.

θ_r peut descendre dans des conditions naturelles à une valeur minimale correspondant à l'état d'équilibre entre les forces d'adsorption et la tension osmotique maximum que les racines de plantes puissent exercer pour extraire du sol la quantité d'eau dont elles ont besoin. Cette valeur est dénommée "point de flétrissement", θ_f , par les agronomes. Elle varie d'une plante à l'autre de même que suivant la saison. On la fait correspondre, pour standardiser, à une succion égale à 15 atmosphères.

Une autre valeur caractéristique de θ est appelée "capacité au champ" θ_c , et définit comme la teneur en eau du sol après que l'eau gravitationnelle se draine complètement. Elle est retenue dans le sol par une succion équivalente à une hauteur d'eau variant en général de 70 cm à 160 cm. θ_c est une fonction de la hauteur par rapport au niveau phréatique.

La différence $\theta_g - \theta_c$, appelée porosité gravitationnelle, constitue le rapport volumétrique des vides au volume total du sol, disponible pour la transmission de l'eau par la force de gravité.

La relation $\psi = f(\theta)$, appelée courbe de succion, peut être obtenue en refermant un échantillon dans un réservoir et en appliquant une dépression, h , par l'intermédiaire d'une plaque poreuse. Lorsque le drainage est terminé, on mesure θ de l'échantillon et on applique une dépression plus grande. Ainsi, on arrive à construire cette relation point par point (Fig. 5).

On notera qu'il n'y aura aucun drainage sans que la dépression ne dépasse un certain seuil : la frange capillaire saturée.

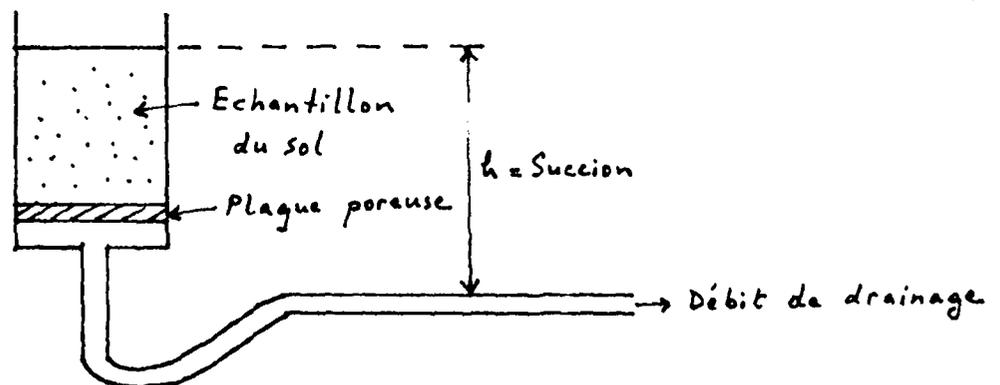


Fig. 5 - Essai de succion

La courbe de succion, également dénommée courbe de pF , $pF = \log \Psi$, a trois segments distincts (Fig. 6).

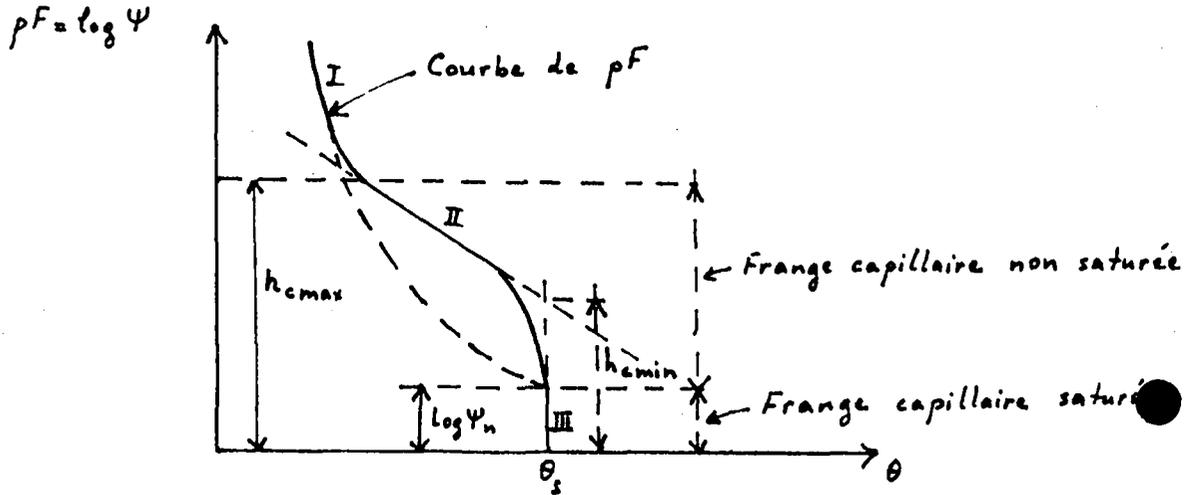


Fig. 6 - Courbe de $pF = \log \Psi (\theta)$

Le segment I est presque vertical ; il correspond à la partie supérieure de la zone non saturée où se trouvent en équilibre les forces d'adsorption et de gravité. En partant de cet équilibre et de la loi de Van der Waals, on arrive à l'équation ci-dessous pour le segment I :

$$\frac{\theta \Psi^{1/6}}{1 - n} = C_1 \frac{\alpha}{D_h} \left(1 - \frac{C_2}{\Psi^{1/6}} \frac{\alpha}{D_h} \right) \dots \dots \dots (22)$$

qui est valable à condition que

$$\frac{C_2}{\Psi^{1/6}} \cdot \frac{\alpha}{D_h} < 0,5$$

Dans (22), D_h est le diamètre efficace, α un paramètre de forme, n la porosité, C_1 et C_2 des constantes.

L'équation (22) qui est une équation théorique peut être exprimée avec une bonne approximation par l'équation empirique suivante (8) :

$$\frac{\theta \Psi^{1/6}}{1 - n} = 2,5 \cdot 10^{-3} \cdot \left(\frac{\alpha}{D_h} \right)^{2/3} \dots \dots \dots (23)$$

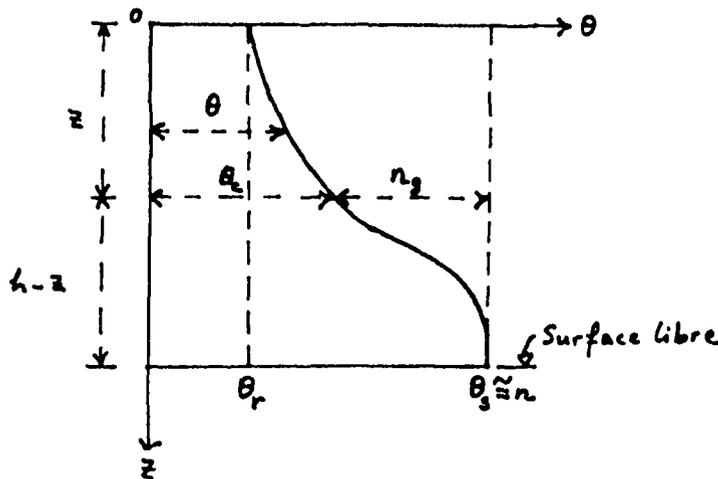
à condition que $2 \times 10^4 > \frac{\alpha}{D_h} > 50$

Le segment II peut être assimilé à un segment de droite à pente assez faible. Il correspond à la partie supérieure de la frange capillaire où θ diminue rapidement. Finalement, le segment III est lié à la partie inférieure de la frange capillaire où θ reste très proche de θ_s de sorte qu'on admette que cette zone fait partie de la zone de saturation.

Il faut noter que le segment II n'est pas une courbe unique puisqu'il se déplace verticalement entre deux courbes limites suivant que le sol est soumis à un drainage ou à une imbibition (phénomène de l'hystérésis).

IV. 5 - Profil hydrique, $\theta(z)$:

La répartition de teneur en eau verticale du sol est dénommée profil hydrique (Fig. 7). Le profil hydrique sera identique à la courbe de succion, si le potentiel osmotique est négligeable et si les potentiels de gravité, d'adsorption et capillaire se trouvent à l'état d'équilibre.



- n_g : porosité gravitationnelle
- θ_c : capacité au champ
- θ_s : teneur en eau à saturation
- h : profondeur de la surface libre au-dessous de la surface du sol

Fig. 7 - Profil hydrique à l'état d'équilibre

L'équation (10) s'écrit sur une verticale :

$$q_z = -K(\theta) \frac{\partial H}{\partial Z} = -K(\theta) \frac{\partial}{\partial Z} (\psi - Z) = -K(\theta) \frac{\partial \psi}{\partial Z} + K(\theta) \quad \dots(22a)$$

et sur une horizontale :

$$q_x = -K(\theta) \frac{\partial \Psi}{\partial x} \dots\dots\dots (22 b)$$

A l'état d'équilibre dynamique, c'est-à-dire en l'absence d'écoulement :

$$q_x = 0 \quad \text{et} \quad q_z = 0. \quad \text{Dans ce cas :}$$

$$\frac{\partial \Psi}{\partial x} = 0 \quad \text{ou} \quad \Psi(x) = \text{Cte} \dots\dots\dots (23)$$

L'équation (23) indique le même profil hydrique sur toutes les verticales.

$$q_z = 0 \rightarrow K(\theta) = 0 \quad \left[\text{Cas où} \quad 0 \ll \theta_r \right] \quad \frac{\partial \Psi}{\partial z} = 1 \quad \text{d'où} \quad \Psi = Z \quad \text{Cte} \dots (24 a)$$

$$\text{Lorsque } Z = h, \Psi = 0 \quad \text{d'où} \quad \text{Cte} = -h \quad \text{et} \quad \Psi = Z - h = -h_0 \dots\dots\dots (24 b)$$

$$\frac{\partial \Psi}{\partial \theta} \cdot \frac{\partial \Psi}{\partial Z} = 1 \dots\dots\dots (24 c)$$

L'équation (24b) permet, avec la courbe de succion, $\log \Psi = f(\theta)$, d'exprimer la valeur de capacité au champ en fonction de Z :

$$\theta'_c = f(Z-h) \dots\dots (25) \quad \text{avec} \quad 0 \ll Z \ll h - h_c \quad \text{max}$$

où θ'_c indique la capacité au champ au-dessus de la frange capillaire.

Dans la frange capillaire, la gravité est équilibré, pas seulement par l'adsorption, mais également par la capillarité. Du fait que la hauteur de pression capillaire est inversement proportionnelle au diamètre des pores, la frange capillaire saturée, h_{cmin} , est égale à l'ascension capillaire dans les pores les plus grands et la frange capillaire totale, h_{cmax} , correspond à l'ascension capillaire dans les pores les plus petits.

Pour la frange capillaire saturée, on peut écrire :

$$\theta'_c = n \dots\dots\dots (26) \quad \text{avec} \quad h - h_{cmin} \ll Z \ll h$$

Pour la même zone, l'équilibre dynamique s'établit entre l'ascension capillaire dans le pore à diamètre maximum et le poids de colonne d'eau dans ce pore.

Dans la frange capillaire non-saturée, le diamètre des pores varie du diamètre minimum au diamètre maximum. On peut définir un rapport, R, tel que

$$R(Z) = \frac{v_c(Z)}{v_p} - \frac{n_c(Z)}{n} \dots\dots\dots (27)$$

où $V_c(Z)$ est le volume des pores remplis par l'eau dans la frange capillaire non-saturée, fonction de Z , V_p le volume total des pores dans cette zone, $n_c(Z)$ la composante de la porosité correspondant à $V_c(Z)$ et n la porosité totale.

Au niveau $Z = h - h_{cmax}$, $R = \theta$

et au niveau $Z = h - h_{cmin}$, $R = 1$.

Le profil hydrique de l'équilibre dynamique, θ_c''' , dans la frange capillaire peut être obtenu en combinant (25), (26) et (27) :

$$\theta_c''' = R(Z) \theta_c'' + \left[1 - R(Z) \right] \theta_c' = n_c(Z) + \left[1 - \frac{n_c(Z)}{n} \right] \theta_c' \dots\dots (28)$$

D'autres formes du profil hydrique indiquent un état de déséquilibre, c'est-à-dire un écoulement vertical. Par exemple, Fig. 8a illustre un profil hydrique pendant ou à la fin d'une période d'infiltration. L'aire hachurée représente le volume infiltré jusqu'à l'instant où le profil hydrique est relevé. Quelques jours après l'infiltration, on observe un profil hydrique comme sur Fig. 8b. L'eau infiltrée continue à percoler, mais une partie de ce volume est perdue par évaporation et transpiration. Si le taux d'évapotranspiration est fort, rien n'arrivera à la nappe.

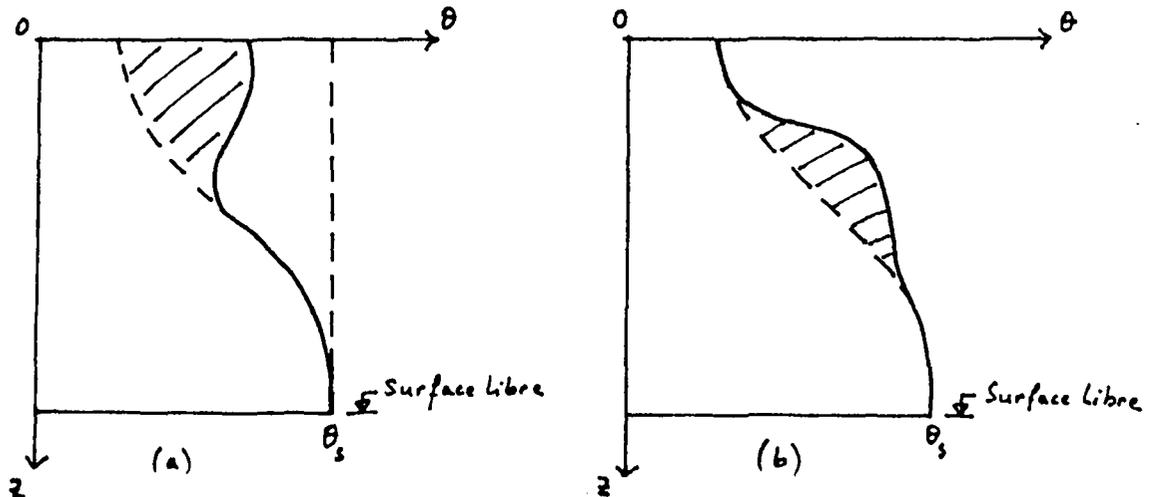


Fig. 8 - Profils hydriques dans le cas de percolation verticale

IV. 6 - Résolution par analyse numérique :

La solution numérique de l'équation (13) par rapport à $H = \Psi - Z$ nécessite la connaissance des relations $C(H) = \frac{\partial \theta}{\partial H}$ et $K(\theta)$.

La relation $K(\theta)$ peut s'obtenir en même temps que l'on construit la courbe de succion ou de pF , $\log \Psi = f(\theta)$. (cf. IV.4.). Pour chaque valeur de Ψ , on calcule un flux moyen \bar{q} (méthode de succion constante, débit variable)

$$K(\theta) = \frac{\bar{q}}{\partial \Psi / \partial Z} \dots \dots \dots (29).$$

L'inconvénient de cette méthode est qu'on mesure θ après le drainage tandis que \bar{q} correspond au débit moyen pendant le drainage.

Une autre technique consiste à utiliser deux profils hydriques $\theta = f(Z)$ successifs à un intervalle de temps suffisamment petit. (Fig. 9).

On écrit pour $t \approx t$

$$q_{\theta_t} = -K(\theta) \left(\frac{\partial \Psi}{\partial Z} \right)_{\theta_t} \dots \dots \dots (30)$$

$$q_{\theta_{t+\Delta t}} = -K(\theta)_{t+\Delta t} \left(\frac{\partial \Psi}{\partial Z} \right)_{\theta_{t+\Delta t}} \dots \dots \dots (31)$$

$$q_{\theta_{t+\Delta t}} - q_{\theta_t} \approx -K \left(\theta_t + \frac{\Delta t}{2} \right) \left[\left(\frac{\partial \Psi}{\partial Z} \right)_{\theta_{t+\Delta t}} - \left(\frac{\partial \Psi}{\partial Z} \right)_{\theta_t} \right] \dots \dots (32)$$

$q_{\theta_{t+\Delta t}} - q_{\theta_t}$ s'obtient par l'intégral de la différence entre deux profils hydriques multiplié par le volume total de l'échantillon. La courbe $\Psi = f(Z)$ est construite en remplaçant θ par $\Psi = f(\theta)$ sur le profil hydrique.

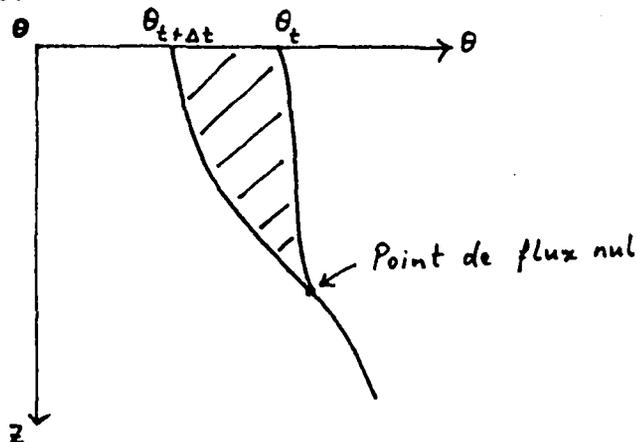


Fig. 9 - Calcul de K(theta)

Ainsi dispose-t-on d'une série de couples de valeurs $K = f(\theta)$. En adoptant le modèle de Hillel,

$$K(H) = K_s \cdot \frac{A}{A + |H|^B} \dots\dots\dots (33)$$

on détermine les paramètres K_s , A et B par une méthode analytique ou graphique.

La fonction de capacité d'infiltration $C(H) = \frac{\partial \theta}{\partial H}$ peut s'obtenir à partir de $\theta = f(H)$.

En adoptant le modèle suivant pour la courbe de pF :

$$\theta = \theta_s \cdot \frac{\alpha}{\alpha + |H|^B} \dots\dots\dots (34)$$

On obtient :

$$C(H) = \frac{\partial \theta}{\partial H} = - \theta_s \frac{\alpha \beta |H|^{\beta-1}}{(\alpha + |H|^\beta)^2} \dots\dots\dots (35)$$

Ainsi l'équation de Richards (13) s'exprimera en fonction de seul potentiel total, H, et pourra être résolue par une méthode numérique.

Le principe de la Méthode implicite et itérative des directions alternées (A.D.I.P.I.T.) est donné dans ANNEXE.

V - CONCLUSION

Nous avons présenté dans cette communication les modélisations expérimentale et mathématique que nous envisageons de réaliser en vue d'étudier la percolation des eaux chargées à partir d'un puits d'infiltration d'un système d'assainissement individuel. Cette étude préparatoire montre que l'on pourrait suivre cet écoulement dans la zone non-saturée jusqu'à la nappe phréatique si l'on disposait comme données la courbe de succion, pF , et la fonction de perméabilité relative qui, elles, dépendent des propriétés du sol (porosité, granulométrie, dimensions des intersections) et de celles de l'eau (densité, viscosité).

VI - REMERCIEMENTS

Mous remercions chaleureusement les responsables de l'Ecole Mohammadia d'Ingénieurs, Rabat, notamment Prof. H. KETTANI, Directeur de l'Ecole, qui ont bien voulu nous accorder les moyens nécessaires pour entamer cette étude. Nos remerciements vont également à nos collègues Prof. M. BELKHADIR et Prof. T. ZERIBI pour leurs encouragements et suggestions.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) LANOIX (J.N.), ROY (M.L.) - 1976 - Manuel du Technicien Sanitaire, Organisation Mondiale de la Santé, Genève, 1976.
- (2) ROYAUME DU MAROC, Ministère de l'Intérieur, Direction des Collectivités Locales, "Directives pour Elaboration et Mise en Oeuvre des Projets d'Assainissement".
- (3) REPUBLIQUE FRANCAISE, Ministère de la Santé Publique et de la Sécurité Sociale, "Circulaire du 7 Juillet 1970 relative à l'assainissement des agglomérations et à la protection sanitaire des milieux récepteurs".
- (4) DE WALLE (F.B.) et SCHAFF (R.M.), "Ground-water pollution by septic tank drainfields", Proc. of ASCE, Jour. Env. Eng. Div. Vol. 106, No EE3, June 1980.
- (5) JANKOVIC (S.), 1974, Manuel de Chimie de l'Environnement, Organisation Mondiale de la Santé, Genève, 1974.
- (6) VAUCLIN (M.), KHANJI (D.) et VACHAUD (G.) - 1979 - "Experimental and Numerical Study of Transient, Two-Dimensional Unsaturated Water Table Recharge Problem", Water Resources Research, Vol. 15, October 1979.
- (7) SCHNEEBELI (G.) - 1966 - Hydraulique Souterraine, Eyrolles, Paris 1966.
- (8) MOREL-SEYTOUX (H.) - "Pour une Théorie modifiée de l'Infiltration, 1ère, 2ème, 3ème, 4ème, 5ème parties" Cahiers ORSTOM, Série Hydrologie, Vol. X, No 2, 3, 1973, Vol. XI, No 1, 3, 1974 et Vol. XII, No 4, 1975.
- (9) IAHS - Hydrological Investigation of the Unsaturated Zone, Circular of the International Association of Hydrological Sciences.
- (10) BLIN-LACROIX (J. - L.) - 1978 - Etude des Ecoulements en Milieux non-saturés, Projet de Fin d'Etudes, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, Dépt. Génie Civil et Urbanisme, 1978, Lyon.

A N N E X E

- METHODE IMPLICITE ET ITERATIVE DES DIRECTIONS ALTERNÉES (A.D.I.P.T.)
APPLIQUÉE A L'EQUATION DE RICHARDS.

I. INTRODUCTION

Nous avons vu que l'écoulement non permanent en zone non saturée est régie par l'équation :

$$C(H) \frac{\partial H}{\partial t} = \text{div} [K(h) \text{grad } H]$$

Cette équation est résolue en tenant compte des conditions initiales et aux limites.

Les termes $K(h)$ et $C(h)$, fonction de H , rendent l'équation non linéaire et imposent une méthode numérique pour la résolution.

2. PRINCIPE DE LA METHODE DES DIFFERENCES FINIES

a) Principe

On discrétise le domaine à étudier en des droites parallèles à l'axe OX espacées de ΔX et des droites parallèles à l'axe OZ espacées de ΔZ , en créant ainsi des noeuds où la fonction inconnue H sera calculée.

Le principe est de remplacer les dérivées partielles par rapport au temps et à l'espace par des différences finies.

Le schéma de présentation des dérivées partielles choisi est le suivant :

soit f une fonction de x , z et t

$$\text{alors } \frac{\partial f}{\partial x} = \frac{f(x + \Delta x, Z, t) - f(x, z, t)}{\Delta x}$$

$$\frac{\partial f}{\partial Z} = \frac{f(x, Z + \Delta Z, t) - f(x, Z, t)}{\Delta Z}$$

$$\frac{\partial f}{\partial t} = \frac{f(x, Z, t + \Delta t) - f(x, Z, t)}{\Delta t}$$

b) Méthode implicite et itérative des directions alternées (A.D.I.P.I.T.)

- Principe

1.b. Les dérivées par rapport à Z sont exprimées implicitement à l'itération $2m + 1$, les dérivées par rapport à X sont exprimées explicitement donc à l'itération $2m$.

Ceci correspond à un balayage "verticale" par "verticale".

2.b. Les dérivées par rapport à X sont exprimées implicitement à l'itération $2m + 2$, les dérivées par rapport à Z sont exprimées explicitement donc à l'itération $2m + 1$.

Ceci correspond à un balayage "horizontale" par "horizontale".

c) Principe de la méthode itérative des directions alternées

Pour un pas de temps Δt donné, on effectue un nombre fini, M, d'itérations (on écrit un cycle). Chaque itération comprend un balayage vertical puis horizontal. Comme valeur initiales, on prend $H_{i,j}^{k+1,0} = H_{i,j}^k$

les $H_{i,j}^k$ sont les valeurs de H à l'instant K, $i = n^0$ de ligne

les $H_{i,j}^{k+1}$ sont les valeurs de H à l'instant $k+1$, $j = n^0$ de colonne

A la fin de M itérations, on opère le test de convergence en comparant les

$H_{i,j}^{k+1,M}$ (à l'itération M) et à l'instant $k+1$ avec $H_{i,j}^{k+1,M-1}$ (à l'itération $M - 1$ et à l'instant $k+1$).

$$\left| H_{i,j}^{k+1,M} - H_{i,j}^{k+1,M-1} \right| < \sigma$$

Si ceci est vérifié, on passe au pas de temps suivant (instant $k+2$) sinon, on recommence les M itérations avec comme valeurs initiales les valeurs $H_{i,j}^{k+1,M}$ et ainsi de suite jusqu'à obtenir la convergence.

d) Ecriture des équations en différences finies

I.d. Balayage vertical :

Soient $H_{i,j}^{k+1, 2m+1}$ les valeurs des charges aux points (i,j) inconnues à l'instant (k+1).

Rappelons l'équation de Richards : $C(h) \cdot \frac{H}{t} = \frac{\partial \theta}{\partial x} \left[K(h) \frac{\partial H}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[K(h) \frac{\partial H}{\partial z} \right]$

Le terme C(h) sera exprimé et calculé au temps moyen $k+1/2$

$$C_{i,j}^{k+1/2, 2m} = \frac{d\theta}{dH} \left(H_{i,j}^k, 2m \right) \quad \text{avec} \quad H_{i,j}^{k, 2m} = \frac{H_{i,j}^{k+1, 2m} + H_{i,j}^k}{2}$$

En utilisant le schéma aux différences finies choisi, on aura :

$$\frac{\partial}{\partial x} K(h) \frac{\partial H}{\partial x} = \frac{\left[K(h) \frac{\partial H}{\partial x} \right]_{i,j+1} - \left[K(h) \frac{\partial H}{\partial x} \right]_{i,j}}{\Delta X}$$

En prenant K(h) pour le point (i,j+1), la valeur de K au point (i,j+1/2) et au temps k et K(h) pour le point (i,j-1) la valeur de K au point (i,j-1/2) et au temps k,

on aura :

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[K(h) \frac{\partial H}{\partial x} \right] = \frac{1}{(\Delta x)^2} \left[K_{i,j+1/2}^k \left(H_{i,j+1}^{k+1, 2m} - H_{i,j}^{k+1, 2m} \right) - K_{i,j-1/2}^k \left(H_{i,j}^{k+1, 2m} - H_{i,j-1}^{k+1, 2m} \right) \right]$$

Ainsi, dans le balayage vertical (itération $2m+1$), les valeurs de $H_{i,j}$ à l'instant $k+1$ et à l'itération $2m$ sont connues, d'où les dérivées par rapport à X sont connues et explicites.

De même, en permutant $2m$ et $2m+1$, on trouve :

$$\frac{\partial}{\partial z} \left[K(h) \frac{\partial H}{\partial z} \right] = \frac{1}{(\Delta z)^2} \left[K_{i+1/2,j}^k (H_{i+1,j}^{k+1,2m+1} - H_{i,j}^{k+1,2m+1}) - K_{i-1/2,j}^k (H_{i,j}^{k+1,2m+1} - H_{i-1,j}^{k+1,2m+1}) \right]$$

qui est une dérivée implicite.

D'après ce qui a été dit

$$K_{i,j+1/2}^k = 1/2 (K_{i,j}^k + K_{i,j+1}^k) ; K_{i+1/2,j}^k = 1/2 (K_{i,j}^k + K_{i+1,j}^k)$$

$$K_{i,j-1/2}^k = 1/2 (K_{i,j-1}^k + K_{i,j}^k) ; K_{i-1/2,j}^k = 1/2 (K_{i,j}^k + K_{i-1,j}^k)$$

On ajoute à l'équation un terme pour accélérer la convergence.

$$\text{Terme} = \text{Im } \bar{K}_k (H_{i,j}^{k+1,2m+1} - H_{i,j}^{k+1,2m})$$

On aura donc en posant

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[K(h) \frac{\partial H}{\partial x} \right]_{i,j} = \Delta x (K^k \Delta x \cdot H^{k+1,2m})_{i,j}$$

et

$$\frac{\partial}{\partial z} \left[K(h) \frac{\partial H}{\partial z} \right]_{i,j} = \Delta z (K^k \Delta z \cdot H^{k+1,2m+1})_{i,j}$$

$$C_{i,j}^{k+1/2,2m} \frac{H_{i,j}^{k+1,2m+1} - H_{i,j}^k}{\Delta t} + \text{Im } \bar{K}_k (H_{i,j}^{k+1,2m+1} - H_{i,j}^{k+1,2m}) =$$

$$\Delta x (K^k \Delta x \cdot H^{k+1,2m})_{i,j} + \Delta z (K^k \Delta z \cdot H^{k+1,2m+1})_{i,j}$$

2.d. Balayage "horizontal" par "horizontale"

Dans ce cas, les inconnues seront les $H_{i,j}^{k+1,2m+2}$

Les valeurs $H_{i,j}^{k+1,2m+1}$ du balayage vertical seront connues,

De même, en permutant $2m+1$ et $2m+2$, on trouve :

$$C_{i,j}^{k+1/2,2m} \frac{H_{i,j}^{k+1,2m+2} - H_{i,j+1}^k}{\Delta t} + I_m \bar{K}_k \cdot (H_{i,j}^{k+1,2m+2} - H_{i,j}^{k+1,2m+1}) = A$$

avec $A = \Delta x (K^k \cdot \Delta x \cdot H_{i,j}^{k+1,2m+2})_{i,j} + \Delta z (K^k \cdot \Delta z \cdot H_{i,j}^{k+1,2m+1})_{i,j}$

et

$$\Delta x (K^k \Delta x H_{i,j-1}^{k+1,2m+2})_{i,j} = \frac{1}{(\Delta x)^2} \left[K_{i,j+1/2}^k (H_{i,j+1}^{k+1,2m+2} - H_{i,j}^{k+1,2m+2}) - K_{i,j-1/2}^k (H_{i,j}^{k+1,2m+2} - H_{i,j-1}^{k+1,2m+2}) \right]$$

$$\Delta z (K^k \Delta z H_{i,j}^{k+1,2m+1})_{i,j} = \frac{1}{(\Delta z)^2} \left[K_{i+1/2,j}^k (H_{i+1,j}^{k+1,2m+1} - H_{i,j}^{k+1,2m+1}) - K_{i-1/2,j}^k (H_{i,j}^{k+1,2m+1} - H_{i-1,j}^{k+1,2m+1}) \right]$$

$$K_k = K_{i+1/2,j}^k + K_{i-1/2,j}^k + K_{i,j+1/2}^k + K_{i,j-1/2}^k$$

terme qui est connu à l'instant k.

Le terme I_m ajouté pour la convergence doit être judicieusement choisi pour respecter le principe de conservation de masse. On choisira $I_m = R^m$ avec $R < 1$.

L'écart σ entrant dans le critère de convergence doit être choisi très faible.

3. TRANSFORMATION DES EQUATIONS

a) Cas du balayage "verticale" par "verticale":

Les inconnues sont $H_{i,j}^{k+1,2m+1}$ et les valeurs connues sont

$H_{i,j}^{k+1,2m}$. On aura : (de l'équation du paragraphe I.d)

$$-\frac{K_{i+1/2,j}^k}{(\Delta Z)^2} H_{i-1,j}^{k+1,2m+1} + \left[\frac{K_{i+1/2,j}^k + K_{i-1/2,j}^k}{(\Delta Z)^2} + \frac{C_{i,j}^{k+1/2,2m}}{\Delta t} + I_m \bar{K}_k \right] H_{i,j}^{k+1,2m+1} + \frac{K_{i+1/2,j}^k}{(\Delta Z)^2} H_{i,j}^{k+1,2m+1} = \frac{C_{i,j}^{k+1/2,2m}}{\Delta t} + H_{i,j}^k + I_m \bar{K}_k H_{i,j}^{k+1,2m} + \Delta x (K^k \cdot \Delta x \cdot H_{i,j}^{k+1,2m})$$

Equation qui peut s'écrire :

$$A_{i,j} \cdot H_{i-1,j}^{k+1,2m+1} + B_{i,j} \cdot H_{i,j}^{k+1,2m+1} + C_{i,j} \cdot H_{i+1,j}^{k+1,2m+1} = D_{i,j}$$

Les termes $A_{i,j}$, $B_{i,j}$, $C_{i,j}$, sont connus et constants à l'instant $k+1$.

b) Balayage "horizontale" par "horizontale":

Dans ce cas, les inconnues sont $H_{i,j}^{k+1,2m+2}$ qui seront exprimées en fonction de $H_{i,j}^{k+1,2m+1}$ qui sont connues (& a). On retrouve une équation semblable à celle en (a) :

$$- K_{i,j-\frac{\Delta x}{2}}^k \cdot H_{i,j-\frac{\Delta x}{2}}^{k+1,2m+2} + \left[\frac{K_{i,j+\frac{\Delta x}{2}}^k + K_{i,j-\frac{\Delta x}{2}}^k}{(\Delta x)^2} + I_m \overline{K}_k + \frac{C_{i,j}^{k+1/2,2m}}{\Delta t} \right] \times$$

$$H_{i,j}^{k+1,2m+2} - K_{i,j+\frac{\Delta x}{2}}^k \cdot H_{i,j+\frac{\Delta x}{2}}^{k+1,2m+2} = \frac{C_{i,j}^{k+1/2,2m}}{\Delta t} \cdot H_{i,j}^k$$

$$+ I_m \overline{K}_k \cdot H_{i,j}^{k+1,2m+1} + \Delta z \cdot (K^k \Delta z H^{k+1,2m+2})_{i,j}$$

Equation qu'on peut écrire sous la forme :

$$A_{i,j} H_{i,j-\frac{\Delta x}{2}}^{k+1,2m+2} + B_{i,j} H_{i,j}^{k+1,2m+2} + C_{i,j} H_{i,j+\frac{\Delta x}{2}}^{k+1,2m+2} = D_{i,j}$$

Donc, dans chaque balayage, on sera amené à résoudre un système d'équations en tenant compte des conditions aux limites.

4. CONDITIONS AUX LIMITES

On distingue 2 types de conditions aux limites.

4.1. Conditions de Dirichlet :

Dans ce cas, on connaît la charge en un noeud.

Supposons que

$$H_{2,j}^{k+1,2m+1} = H_D$$

alors pour le balayage vertical dans le cas de $i=3$, on aura l'équation du paragraphe 3.a. :

$$A_{3,j} \cdot H_{2,j}^{k+1,2m+1} + B_{3,j} \cdot H_{3,j}^{k+1,2m+1} + C_{3,j} \cdot H_{4,j}^{k+1,2m+1} = D_{3,j}$$

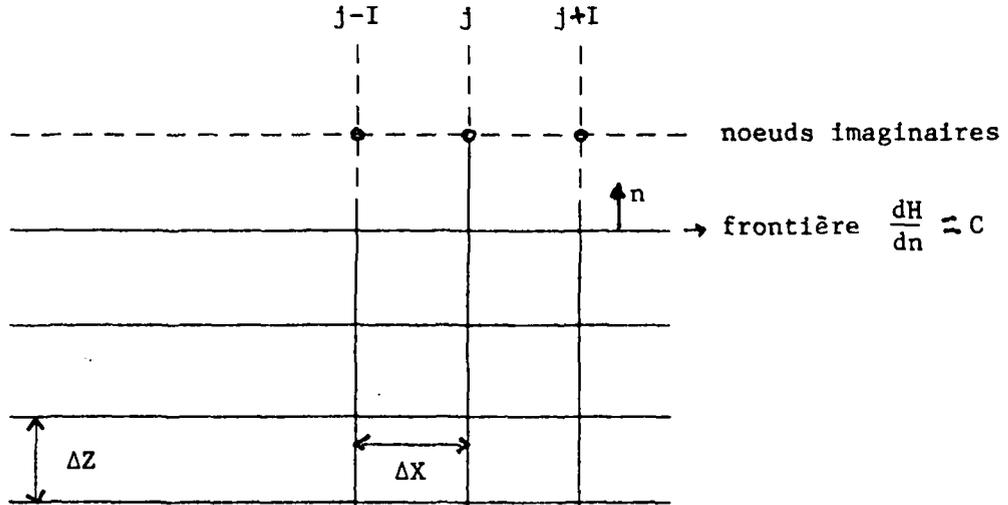
qui peut se mettre sous la forme :

$$B_{3,j} \cdot H_{3,j}^{k+1,2m+1} + C_{3,j} \cdot H_{4,j}^{k+1,2m+1} = D_{3,j} - A_{3,j} \cdot H_D^{k+1,2m+1}$$

4.2. Condition de Neumann :

Dans ce cas, on connaît le flux volumique

$$Q = -K \frac{dH}{dn} \quad \text{sur des points situés sur la frontière du domaine.}$$



D'après la loi de Darcy :

$$\left(\frac{\partial H}{\partial z} \right)_{2,j}^{k+1, 2m+1} = - \frac{Q}{K_{2,j}^k}$$

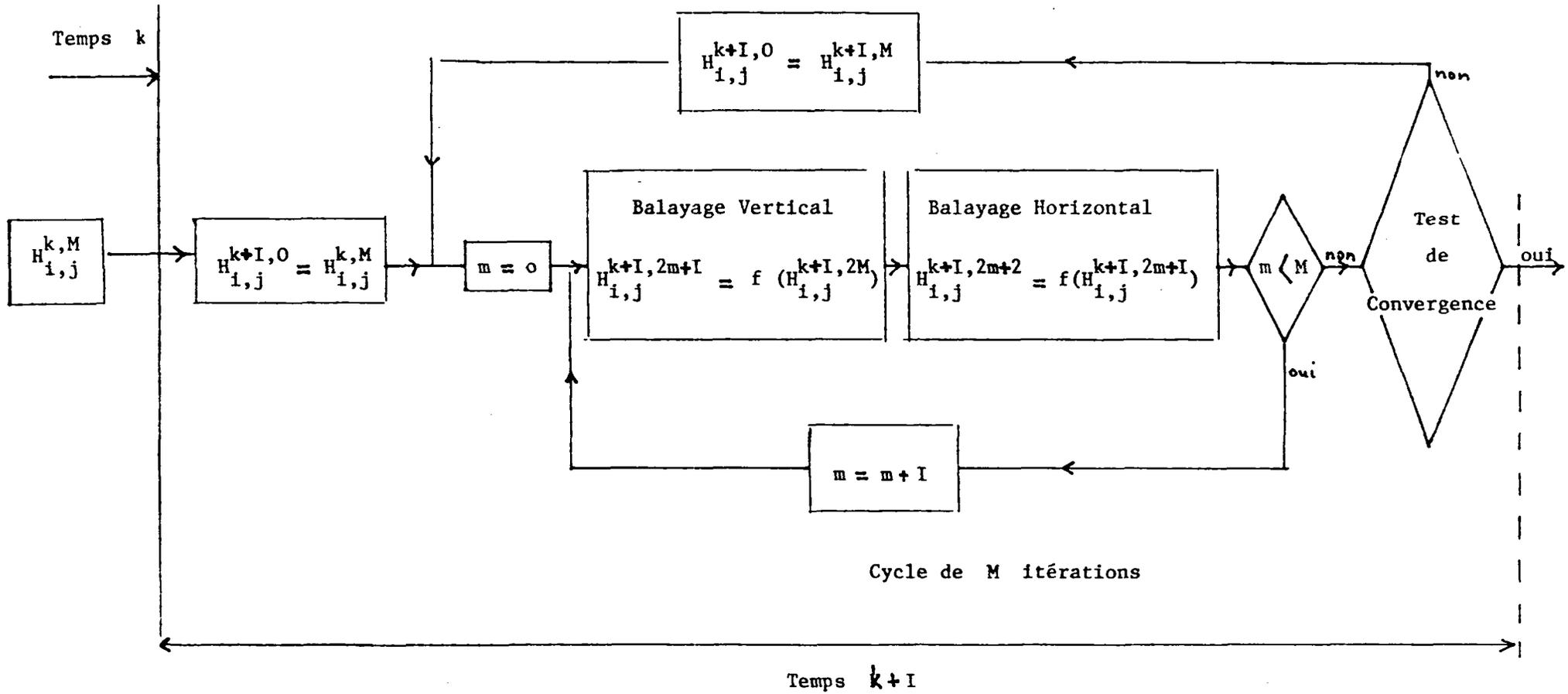
d'où la nécessité d'introduire une rangée de noeuds imaginaires où la charge a pour valeur :

$$H_{1,j}^{k+1, 2m+1} = H_{3,j}^{k+1, 2m+1} + \frac{Q}{K_{2,j}^k} \cdot 2 \cdot \Delta Z$$

pour la ligne 1, l'équation s'écrit :

$$B_{2,j} \cdot H_{2,j}^{k+1, 2m+1} + (C_{2,j} + A_{2,j}) \cdot H_{3,j}^{k+1, 2m+1} = D_{2,j} - \frac{Q}{K_{2,j}^k} \cdot 2 \cdot \Delta Z \cdot A_{2,j}$$

ORGANIGRAMME SCHEMATIQUE



Séminaire sur la technologie appropriée
pour l'assainissement en milieu rural

MOR/BSM 003

Rabat, 1er-5 décembre 1980

TECHNOLOGIE DE L'ASSAINISSEMENT EN MILIEU RURAL

par
M. Viguié
Ingénieur sanitaire
Direction départementale des Affaires sanitaires et sociales
d'Indre-et-Loire, France

TABLE DES MATIERES

	<u>Page</u>
Introduction	41
1. Principe général : prétraitement et évacuation	42
2. Modalités d'évacuation	42
2.1 Epanchage souterrain	42
2.2 Puits filtrant	43
2.3 Filtre à sable	43
2.4 Tertre d'infiltration	44
3. Détermination des modalités d'évacuation	44
3.1 Etude de perméabilité	45
3.2 Etude pédologique	46
3.3 Etude géologique	46
4. Modalités de prétraitement	46
4.1 Cas d'une seule habitation	47
4.2 Cas d'une zone d'habitation agglomérée à faible population	49
5. Entretien des installations et traitement des matières de vidange	50
ANNEXE I à XIX	53

Introduction

Quel que soit l'équipement sanitaire d'une région, celui qui conçoit un projet d'assainissement doit essayer de réduire le plus possible le risque en matière de santé publique, Il sera guidé par le souci d'observer les principes suivants :

a) Eviter le contact des personnes avec les eaux usées. En effet, les excréta et, dans une moindre mesure, les eaux ménagères peuvent contenir des germes pathogènes (virus : hépatite, poliomyélite, etc.; bactéries : vibriion cholérique, salmonelles, etc.; protozoaires : amibes, etc.; vers : nématodes, strongles, etc.).

b) Evacuer loin des habitations, en évitant les risques de contamination du milieu.

Il faut éviter le risque de souillure des eaux (souterraines ou de surface) ainsi que la stagnation des rejets, qui représente un facteur non négligeable de contamination directe ou indirecte (mouches, insectes, rats, etc.).

Moyens de lutte contre les maladies à transmission hydrique, les techniques d'assainissement ont pour but de recycler dans le milieu (sol, eaux superficielles) des eaux auxquelles elles auront assuré un niveau d'épuration acceptable pour le milieu.

On distingue classiquement deux modes d'assainissement, l'un collectif, l'autre individuel :

- l'assainissement collectif dessert des populations agglomérées, relativement importantes, et suppose l'existence d'un réseau de collecte des effluents aboutissant à une station d'épuration;
- l'assainissement individuel est destiné à l'assainissement d'une habitation.

Entre ces deux modes d'assainissement, il existe un mode d'assainissement dit semi-collectif, qui s'adresse à des populations agglomérées de faible importance, combinant les deux modes d'assainissement précédents.

Le concepteur d'un projet d'assainissement devra :

- faire l'inventaire des rejets (excréta humains, animaux, nature et volume des eaux ménagères, des eaux pluviales, etc.);
- se renseigner sur le milieu récepteur (sol, rivière, etc.) ainsi que sur la destination ultérieure de ce milieu (alimentation en eau potable, baignade, pisciculture, etc.);
- faire le choix du mode d'assainissement et de la technologie à mettre en oeuvre, compte tenu non seulement des données définies ci-dessus, mais aussi d'autres éléments d'appréciation indispensables, comme les contraintes économiques et sociologiques.

Enfin, il devra avoir présent à l'esprit le fait que la réussite du projet nécessitera l'éducation sanitaire des populations et qu'avant de lancer un programme sur une vaste échelle, il conviendra dans bien des cas de faire un essai localisé à petite échelle.

Le présent exposé se situe dans le cadre de l'assainissement individuel, il ne traite que des rejets humains, à l'exclusion de tout autre rejet, et enfin, il décrit essentiellement la mise en oeuvre de techniques de traitement à base de fosses septiques et de fosses étanches.

1. Principe général

L'assainissement individuel à base de fosses (septiques et étanches) distingue deux catégories d'eau :

- les eaux de WC;
- les autres eaux ou eaux ménagères.

Dans son principe général, il met en oeuvre des fosses de collecte des effluents dont le rôle est essentiellement de piéger les matières en suspension ainsi que les corps flottants (graisses, etc.) et de rejeter un surnageat liquide (sauf pour les fosses étanches).

La fonction de ces fosses est de prétraiter l'effluent avant son évacuation. Cette évacuation doit en priorité se faire par épandage souterrain ou par d'autres systèmes, si l'épandage n'est pas possible (voir l'Annexe I).

2. Modalités d'évacuation

2.1 L'épandage souterrain

Les sols ont généralement un bon pouvoir épurateur lié à leur capacité de filtration. L'épandage souterrain assure l'infiltration des effluents dans le sol. Il se réalise soit en tranchée filtrante, soit en lit filtrant (voir l'Annexe II).

Le lit filtrant doit être réservé à des sols de bonne perméabilité, de type sableux.

La longueur de chaque tronçon de tranchée filtrante ne doit pas excéder 30 m pour assurer une bonne répartition de l'effluent.

Enfin, sous réserve de ne pas se trouver dans un terrain de trop grande perméabilité (voir ci-dessous), la distance de 35 m des puits par rapport à l'épandage garantira la qualité de l'eau de ces puits.

L'épandage souterrain n'est pas possible partout, en raison de :

- la trop grande perméabilité de certains sols (voir l'Annexe III et le paragraphe 3.3, étude géologique);
- l'imperméabilité de certains sols;
- la présence d'eau en saison pluvieuse dans certains terrains, du fait notamment :
 - . de l'accumulation des eaux de pluie sur une couche imperméable peu profonde (voir l'Annexe IV et le paragraphe 3.2, étude pédologique;
 - . de la situation en zone inondable.

Dans ce cas-là, le concepteur doit faire appel à d'autres systèmes d'évacuation qui sont :

- le puits filtrant
- les filtres à sable
- le tertre d'infiltration.

2.2 Le puits filtrant (voir l'Annexe V et le paragraphe 3.3)

Ce dispositif permet de traverser une première couche de terrain imperméable pour évacuer dans une formation perméable plus profonde.

La mise en service d'un tel dispositif nécessite une bonne connaissance de la géologie locale, pour éviter toute contamination due à un rejet dans une couche sous-jacente trop perméable ou fissurée.

Le puits filtrant doit être étanche de la surface du sol jusqu'à 50 cm au-dessous du tuyau d'amenée des effluents. Il doit être garni de sable et graviers. La surface développée au droit de la couche perméable doit être au minimum de l'ordre de 1 m^2 par usager desservi. Il doit, tout comme l'épandage, se trouver à plus de 35 m de tout puits.

La transformation d'un ancien puits en puits filtrant doit être interdite.

2.3 Les filtres à sable

Ces dispositifs permettent d'assurer une filtration poussée de l'effluent avant rejet superficiel dans un exutoire (fossé, réseau pluvial, etc.). Il convient de s'assurer de l'écoulement de l'exutoire (pente) et d'entretenir ce dernier (curage).

Deux types de filtres peuvent être utilisés :

a) Filtre à sable horizontal (voir Annexe VI : le schéma-type et une note sur le filtre biologique horizontal établie par la Direction régionale des Affaires sanitaires et sociales, en collaboration avec les Directions départementales des Affaires sanitaires et sociales des Pays de Loire, France).

Ce filtre donne une épuration très poussée de la pollution organique, et un abattement de l'ordre de 4 à 5 logarithmes de la pollution bactérienne. Ce type de filtre convient bien pour les rejets d'une habitation.

b) Filtre à sable vertical (voir Annexe VII)

Il donne une épuration moins poussée que le précédent, mais il convient mieux pour les rejets de plusieurs habitations. Le dimensionnement courant conseillé est de l'ordre de 10 m^2 pour 4 usagers.

A titre indicatif, nous donnons ci-dessous les résultats d'un filtre à sable vertical de 31 m^2 installé après un décanteur digesteur desservant 56 habitants (ces résultats ont été obtenus par la Direction départementale des Affaires sanitaires et sociales de la Sarthe, France) :

Analyses effectuées le 22 février 1979 sur filtre desservi par un décanteur digesteur n'ayant pas été vidangé depuis un an :

	<u>Sortie décanteur digesteur</u>	<u>Sortie filtre</u>
Matières en suspension	208 mg/l	35 mg/l
DCO 5	720 mg/l	246 mg/l
DBO 5	312 mg/l	32 mg/l
MTK	168 mg/l	104 mg/l

2.4 Le tertre d'infiltration (voir Annexe VIII)

Il s'agit d'un dispositif d'épandage dans un sol artificiel en élévation par rapport au terrain naturel. Ce type d'évacuation peut être utilisé lorsque le terrain est imperméable et qu'il n'y a pas d'exutoire. L'effluent peut alors s'infiltrer dans les premiers centimètres du terrain qui, généralement, ne sont pas perméables.

Il y a lieu dans ce cas de faire attention à la cote de sortie des tuyaux d'évacuation lors de la construction de la maison, si l'on veut avoir un écoulement gravitaire. Sinon, il faut installer une pompe de relevage.

NB. Tous ces dispositifs assurent l'évacuation des eaux après passage dans des fosses de collecte. Ces fosses, si elles sont mal entretenues (non vidangées) ou mal dimensionnées, risquent de relâcher des matières qui peuvent à la longue colmater le dispositif d'évacuation. Il est donc conseillé de préfiltrer l'effluent avant évacuation, à la sortie des fosses de collecte (voir en Annexe IX le schéma d'un préfiltre).

Nous donnons en annexe les schémas d'une installation type avec fosse toutes eaux (voir paragraphe 4.1, 3ème cas) avec les différents modes d'évacuation suivants :

- épandage (Annexe X)
- filtre à sable horizontal (Annexe XI)
- filtre à sable vertical (Annexe XII)
- tertre filtrant (Annexe XIII)

A noter sur ces schémas la ventilation haute des fosses.

3. Détermination des modalités d'évacuation

Comme nous l'avons vu, l'épandage souterrain n'est pas possible partout. On peut retenir en fait trois cas de figures :

- 1) l'épandage souterrain est possible, et ce, en toute saison;
- 2) l'épandage est possible, sauf en période défavorable à cause de la formation d'une nappe superficielle;
- 3) l'épandage est impossible (vulnérabilité de la nappe, imperméabilité du sol, etc.).

Ces trois cas de figures sont essentiellement régis par trois phénomènes :

- la perméabilité du sol à laquelle il faut adapter le dimensionnement de l'épandage;

- la nature du sol, que l'on apprécie par ses caractéristiques pédologiques, lesquelles conditionnent la présence ou l'absence de nappe superficielle;
- les données géologiques et hydrogéologiques du sous-sol, permettant d'apprécier les risques de vulnérabilité des nappes phréatiques sous-jacentes.

Par conséquent, l'approche technique d'un assainissement individuel va supposer :

- a) une étude de perméabilité
- b) une étude pédologique
- c) une étude des données géologiques et hydrogéologiques.

Il ne faut pas hésiter à demander conseil à des pédologues ou des géologues connaissant la région, et à se renseigner auprès des habitants du pays (au sujet, par exemple, du comportement du terrain en période hivernale), tout en gardant un esprit critique, de façon à ne pas donner foi à des renseignements erronés, volontairement ou non.

3.1 Etude de perméabilité

Cette étude passe par des essais du type "test de percolation", c'est-à-dire par une mesure d'infiltration d'eau propre dans le terrain. En reportant cette mesure sur une courbe de corrélation, on obtient une indication sur la quantité d'eaux usées que peut absorber le terrain. Suivant la profondeur de l'essai, on est en ambiance aérobie (50 cm) ou anaérobie (au-delà de 50 cm).

3.1.1 Méthodes utilisées

Deux méthodes peuvent être utilisées pour ces essais :

- a) Méthode à niveau variable (voir Annexe XIV)

On creuse un trou de 30 cm de diamètre environ.

On le maintient en eau pendant 4 heures avant de faire une mesure de la vitesse à laquelle baisse le niveau.

On se reporte alors à la courbe donnée en Annexe XIV et on lit le nombre de litres d'eau admissibles par m² par jour dans le terrain.

Cette phase d'imbibition de 4 heures correspond à une épreuve de la structure du sol par l'eau. On constate en effet une baisse de la mesure pendant les premières heures, plus ou moins importante suivant les types de sol, avant d'arriver à un palier. Ce laps de temps standardisé de 4 heures correspond au temps nécessaire pour être sûr d'avoir atteint le palier, dans la plupart des cas.

- b) Méthode à niveau constant (voir Annexe XV)

L'avantage de cette méthode est de pouvoir utiliser un appareillage pratique, facile à l'emploi.

Avec cet appareil, on mesure la perméabilité du sol.

On se reporte alors à la courbe donnée en Annexe XV et on lit le nombre de litres admissibles par m² par jour dans le terrain.

3.1.2 Dimensionnement de l'épandage (voir texte en Annexe XIV et XV)

La charge hydraulique donnée par l'abaque (nombre de litres admissibles par m² par jour) est une charge en eau relativement propre. Avec des effluents issus d'installations individuelles, on divise cette quantité par 2.

La superficie alors calculée à partir du nombre de litres admissibles est celle d'un épandage en lit filtrant. La longueur en mètres linéaires du même épandage en tranchée sera obtenue en divisant la surface par 1,5, compte tenu du pouvoir d'absorption des parois de la tranchée.

3.2 Etude pédologique

Le critère déterminant est le critère d'hydromorphie. Il est caractérisé par la présence à une profondeur donnée de taches de rouille dues à des concrétions d'oxydes ferriques.

Le fer sert ainsi de traceur du plus haut niveau de la nappe superficielle. Naturellement présent dans le sol, lors de la saison des pluies cet élément se solubilise à l'état ferreux dans la nappe et se dissémine ainsi dans tout le volume occupé par cette même nappe. Au moment du retrait de cette dernière, il passe sous la forme oxydée insoluble, ferrique, et précipite donc en place en donnant naissance dans le temps à de petites taches couleur rouille qui servent ainsi de traceur.

3.3 Etude géologique

Il importe de connaître la nature géologique du terrain et de savoir quelles sont les réserves en eau, de façon à appréhender le risque de contamination.

Ainsi, par exemple, une même perméabilité (forte) en terrain sableux n'aura pas la même signification qu'en terrain calcaire. Le sable, en effet, pourra filtrer l'effluent sans risque sur une épaisseur de quelques mètres.

Une épaisseur de 6 m au-dessus du plus haut niveau de la nappe semble apporter toutes les garanties nécessaires. Le terrain calcaire peut présenter une perméabilité de fissure, donc un risque de contamination de nappe.

Dans le premier cas, on pourra réaliser un épandage, si l'épaisseur de sable est suffisante, alors qu'on ne pourra pas le réaliser dans le second cas.

4. Modalités de prétraitement

En ce qui concerne les appareillages de prétraitement à mettre en oeuvre, il faut distinguer deux cas :

- le cas d'une seule habitation ou de quelques logements groupés (assainissement individuel);
- le cas d'une zone d'habitat aggloméré à faible population, de l'ordre de 500 habitants (assainissement semi-collectif).

Il faut également considérer que l'on peut se trouver dans des zones desservies ou non par réseau de distribution d'eau publique.

4.1 Cas d'une seule habitation (assainissement individuel)

4.1.1 Zones non desservies par un réseau d'eau

A. WC

Ils peuvent être de deux sortes :

a) Latrines

En terrain trop perméable ou fissuré, elles peuvent présenter un risque d'infiltration d'effluents et de contamination de nappe d'eau. De plus, il est difficile avec ce système d'éviter la présence de mouches et éventuellement les odeurs.

b) WC sur fosse étanche (Annexe XVI)

La fosse de réception des eaux de WC est étanche et il n'y a pas de rejet d'eau, ce qui supprime le risque de contamination par les eaux de WC. Cette fosse doit être desservie par un WC à clapet à effet d'eau (1 à 5 l), pour éviter qu'elle ne se remplisse trop vite. Le WC doit se trouver au-dessus de la fosse, de façon que les excréta tombent directement dedans. Le dimensionnement de la fosse est de 1 m³ par usager desservi. Son entretien consiste en une vidange annuelle. En plus de l'élimination du risque d'infiltration, la fosse étanche évite les odeurs par son système de ventilation haute pour évacuer le gaz produit, et elle élimine la prolifération de mouches.

B. Eaux ménagères

L'évacuation des eaux ménagères (toilette, vaisselle, lessive, etc.) doit se faire avec ou sans prétraitement, en évitant la stagnation sur le terrain, soit par infiltration, soit par écoulement vers un exutoire avec ou sans filtration préalable.

Le prétraitement de ces eaux se fait par passage à travers un bac débourbeur dégraisseur (voir Annexe XVI). Ce bac a pour but de piéger les particules décantables ainsi que les corps flottants (graisses) qui se trouvent dans les eaux ménagères. Le dimensionnement de ce bac est de l'ordre de 200 à 300 l. Son entretien consiste à enlever, tous les mois, les particules décantées et les graisses piégées.

4.1.2 Zones desservies par un réseau d'eau

Dans ces zones-là, on peut évidemment trouver le cas de figure précédent.

On peut également prétraiter les effluents avant leur évacuation, et le tableau ci-dessous résume les trois cas de figure possibles :

		NATURE DES EAUX	
		Eaux de W.C.	Eaux ménagères
Appareil- lages	: 1er cas	fosse étanche	bac débourbeur dé- graisseur
	: 2e cas	fosse septique	bac débourbeur dé- graisseur
	: 3e cas	fosse toutes eaux	

Premier cas : voir paragraphe 4.1.1.

Deuxième cas (voir Annexe XVII)

a) Les eaux de WC sont envoyées dans une fosse septique. A l'intérieur de la fosse, il y a un dépôt de matières décantables et piégeage de flottants. Une fermentation anaérobie se développe au sein des matières ainsi accumulées, dont une partie se liquéfie (on a donc une réduction du volume des matières piégées) et se retrouve dans l'effluent liquide issu de la fosse. Le volume de cette fosse est de 1000 l pour quatre usagers. Son entretien consiste en une vidange tous les 18 mois à 2 ans.

Le cloisonnement de cette fosse en deux compartiments (2/3 et 1/3) permet d'éviter les à-coups de débit et leur conséquence sur la qualité de l'effluent et d'atténuer l'entraînement hors de la fosse de particules remises en suspension par les dégagements gazeux qui se produisent au sein des boues décantées. En effet, dans le deuxième compartiment, on aura moins de boues, donc moins de dégagement gazeux et moins de risque de remise en suspension de matières.

En l'état actuel de nos connaissances, il semble que l'on puisse obtenir des rendements d'épuration de plus de 90% sur les MES, 60 à 70% sur la DBO 5 et la DCO (Cahiers techniques No.2 1979 de la Direction de la Prévention des Pollutions, Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie, France).

Le dimensionnement de la fosse est de 250 l par usager, avec une capacité minimale de 1000 l. Cette fosse peut desservir jusqu'à 50 usagers, Au-delà, il vaut mieux utiliser des décanteurs digesteurs (voir 4.2.2).

La différence essentielle avec la fosse étanche réside dans l'existence d'un rejet d'eaux usées par trop-plein. De plus, la fosse septique nécessite un WC à chasse d'eau (10 à 20 l) qui assure le transport hydraulique des matières. Elle peut donc être relativement éloignée du WC. Comme la fosse étanche, elle supprime la prolifération de mouches et autres insectes, ainsi que les odeurs (de par son système de ventilation haute).

b) Les eaux ménagères sont envoyées dans un bac débourbeur dégraisseur.

Les eaux issues de la fosse septique ainsi que celles issues du bac débourbeur dégraisseur sont ensuite envoyées dans l'étage d'évacuation.

Troisième cas (voir Annexe XVIII)

Dans ce cas, l'ensemble des eaux usées est envoyé dans une fosse septique de plus grande dimension, appelée fosse toutes eaux. Son volume est de 2000 à 3000 l pour quatre usagers. L'avantage de ce système est triple :

- on constate en effet que la concentration en ammoniacale dans les fosses septiques arrive à inhiber l'action des bactéries qui dégradent les matières. La dilution apportée par les eaux ménagères a un effet bénéfique en diminuant cette concentration. De plus, les produits ménagers (eau de javel/détergents) utilisés aux doses habituelles d'emploi n'entravent pas le fonctionnement de la fosse;
- le fait d'utiliser un plus grand volume de traitement pour les eaux ménagères entraîne une meilleure efficacité de la décantation et du piégeage des flottants;
- l'entretien se résume à une vidange tous les 18 mois à 2 ans, et l'on n'est plus astreint au nettoyage mensuel du bac débourbeur dégraisseur.

Il semblerait que les rendements soient légèrement inférieurs à ceux de la fosse septique classique : 65% des MES et 50% de la DCO et DBO 5, mais il faut voir que dans ce cas, le rendement est relatif à l'ensemble des eaux usées, alors que dans le cas de la fosse classique, il ne s'adresse qu'aux eaux de WC, les eaux ménagères ne subissant qu'un dégraissage avant rejet. Le bilan global reste donc en faveur de la fosse toutes eaux (Cahiers techniques No.2, 1979, de la Direction de la Prévention des Pollutions du Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie).

Les eaux issues de la fosse toutes eaux sont ensuite envoyées dans l'étage d'évacuation.

4.2 Cas des zones d'habitat aggloméré à faible population

4.2.1 Zones non desservies par un réseau d'eau

- A. Pour les W.C., on peut utiliser des latrines ou des fosses étanches.
- B. Pour les eaux ménagères, il faut faire en sorte qu'elles ne stagnent pas, en procédant :
 - soit par infiltration sur place, avec ou sans prétraitement préalable, et sans risque de pollution de nappe d'eau sous-jacente;
 - soit par évacuation, avec ou sans prétraitement préalable, dans un réseau de collecte (caniveau ou réseau pluvial) hors de la zone habitée. Dans ce cas, il est souhaitable de prétraiter, car on limite ainsi le risque de dépôt dans le réseau de collecte.

4.2.2 Zones desservies par un réseau d'eau (assainissement semi-collectif)

On peut à ce niveau combiner les techniques d'assainissement individuel examinées plus haut avec des techniques d'assainissement collectif basées sur l'utilisation de décanteurs digesteurs (voir Annexe XIX).

Le décanteur digesteur reçoit l'ensemble des eaux usées (eaux de WC et eaux ménagères). Tout comme la fosse septique, il est basé sur le principe de la digestion anaérobie des matières retenues, le temps de séjour de l'effluent étant toutefois beaucoup moindre, de l'ordre de 24 heures, contre plusieurs jours pour la fosse septique.

Son entretien consiste en des vidanges de périodicité plus grande que dans le cas de la fosse septique (une vidange par an environ). Cet appareil peut desservir une fourchette de 30 à 100 usagers. Il doit être dimensionné sur la base de 165 litres par usager, répartis comme suit :

- 40 litres pour la zone de décantation
- 100 litres pour la zone réservée à la digestion
- 25 litres pour la zone réservée aux flottants.

Les eaux issues des décanteurs digesteurs doivent être préfiltrées avant évacuation (infiltration dans le sol ou filtration sur filtre à sable vertical et rejet dans un exutoire). Le rendement d'épuration est de l'ordre de 30% pour la DBO 5 et de 80% pour les matières en suspension.

Desservant plusieurs habitations, le décanteur digesteur nécessite un réseau de collecte des effluents, les eaux usées des habitations étant directement rejetées dans ce réseau. Si le réseau pluvial sert de réseau de collecte, il faut prévoir un déversoir d'orage avant le décanteur, de façon à écrêter le débit d'eaux de pluie et éviter le lessivage du décanteur.

5. Entretien des installations d'assainissement individuel et traitement des matières de vidange

L'entretien des installations suppose :

- le nettoyage des préfiltres et éventuellement le changement du garnissage;
- la vidange des matières accumulées dans les fosses.

Les bourbes décantées et les graisses piégées dans les bacs débourbeurs décanteurs ne posent pas de problème particulier, sinon que pour des raisons d'hygiène évidentes, il vaut mieux les enfouir aussitôt.

La vidange des fosses peut se faire éventuellement avec des moyens de fortune, du type récipient muni de long manche. Elle peut de faire également à l'aide de pompes (pompes à air comprimé à membrane, ou pompes à vide).

Après la vidange, il convient de remettre de l'eau dans la fosse :

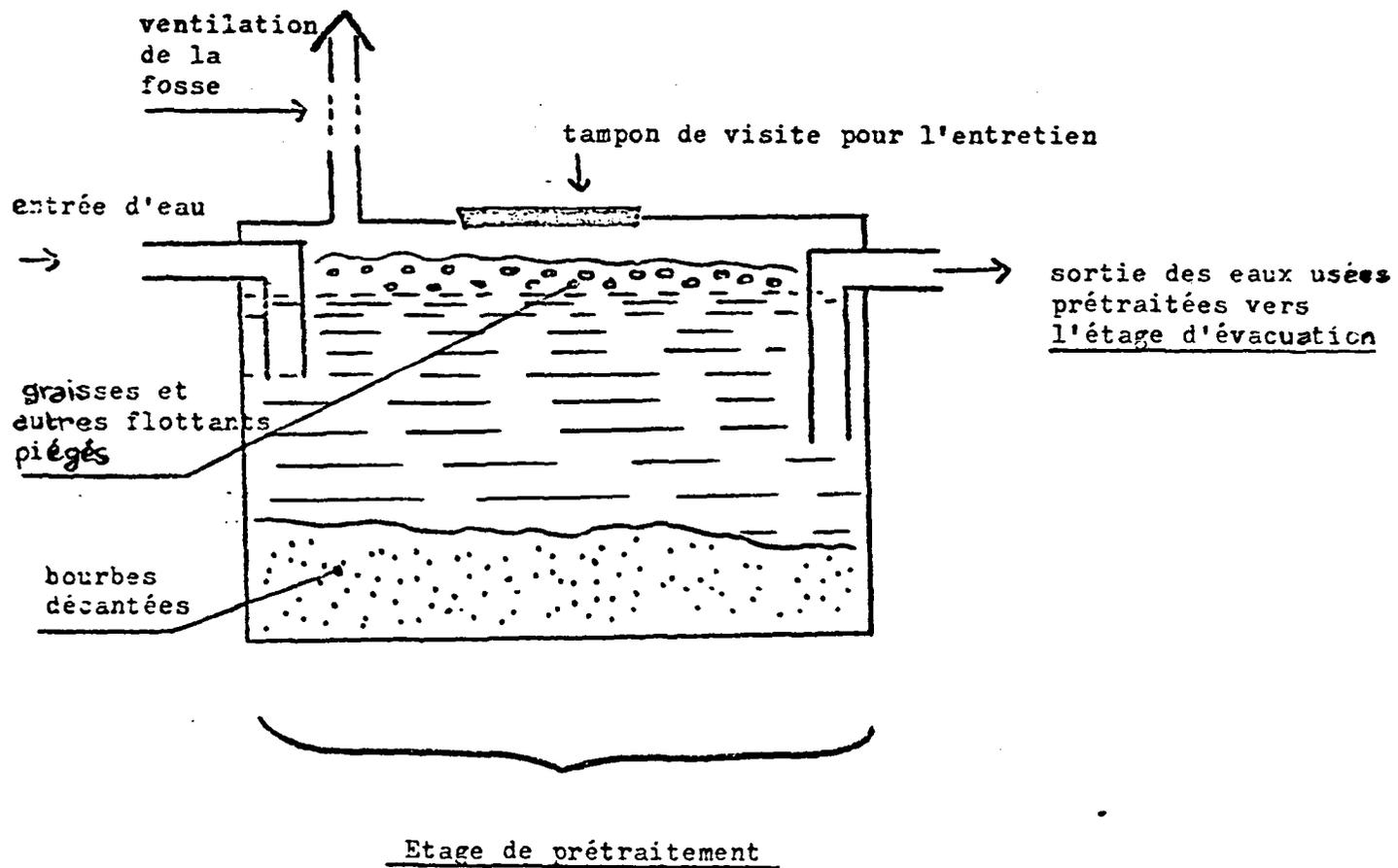
- pour assurer un bon fonctionnement dès la remise en service de la fosse;
- pour éviter qu'elle ne remonte sous l'effet d'une poussée hydrostatique dans les terrains gorgés d'eau.

Le traitement des matières de vidange peut se concevoir essentiellement de deux façons, par épandage agricole ou par compostage.

a) Pour des raisons d'hygiène, l'épandage agricole ne doit pas se pratiquer sur des cultures légumières destinées à être consommées crues. De même, il faudra éviter les épandages sur pâtures, Il pourra se pratiquer à raison de 50 à 100 m³/ha. Après épandage, il faut enfouir les matières par un labour.

b) Le compostage consistera à déverser les matières de vidange sur des supports organiques fermentescibles, tels que pailles ou débris végétaux. A une humidité voisine de 60%, la fermentation démarre et engendre une température de l'ordre de 60°C à 70°C qui va assurer une bonne "désinfection" du mélange. Au bout de quelques mois de compostage, on pourra utiliser le produit dans les champs.

SCHEMA DE PRINCIPE
DE L'ASSAINISSEMENT INDIVIDUEL
A BASE DE FOSSES (SAUF FOSSE ETANCHE)



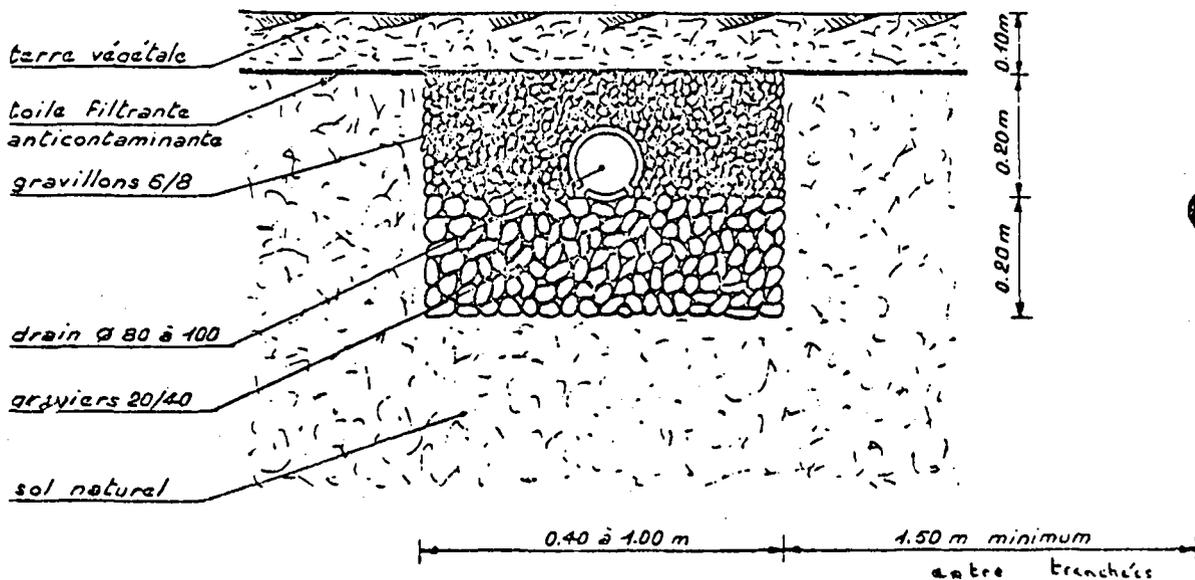
Annexe I

Annexe II

ÉPANDAGE EN TRANCHÉE FILTRANTE. (SCHÉMA TYPE)

(A RÉALISER EN TRONÇONS PARALLÈLES DE 30 MÈTRES AU PLUS)

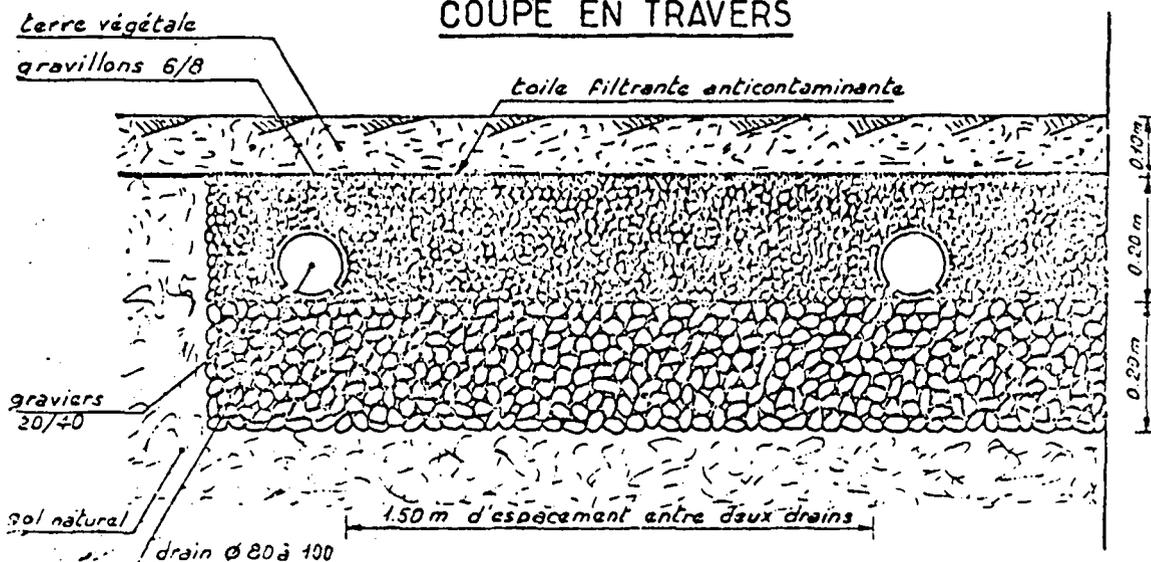
COUPE EN TRAVERS



TUYAU D'ÉPANDAGE SOIT EN BÉTON
SOIT EN P.V.C. RIGIDE } AVEC PENTE DE 1mm/m.

ÉPANDAGE EN LIT FILTRANT (SCHÉMA TYPE)

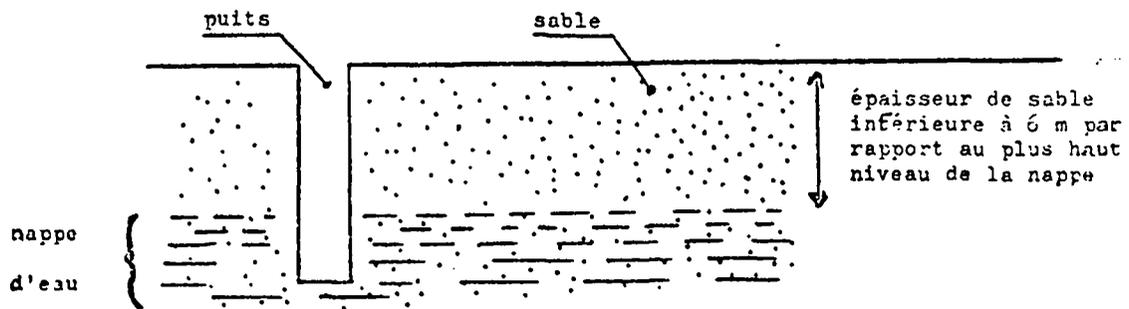
COUPE EN TRAVERS



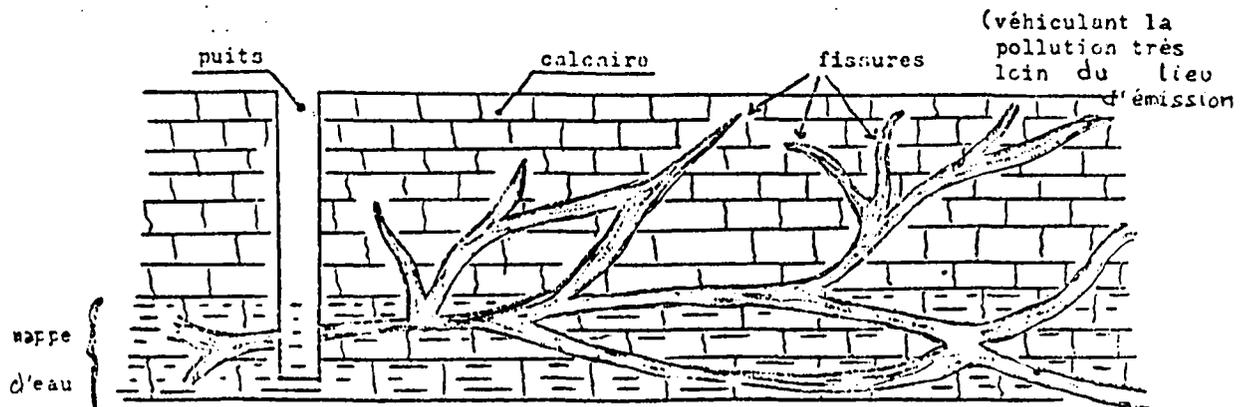
Annexe III

ILLUSTRATION DU RISQUE DE CONTAMINATION
DE NAPPES D'EAUX SOUTERRAINES
EN TERRAIN TROP PERMEABLE

1°) Terrain sableux

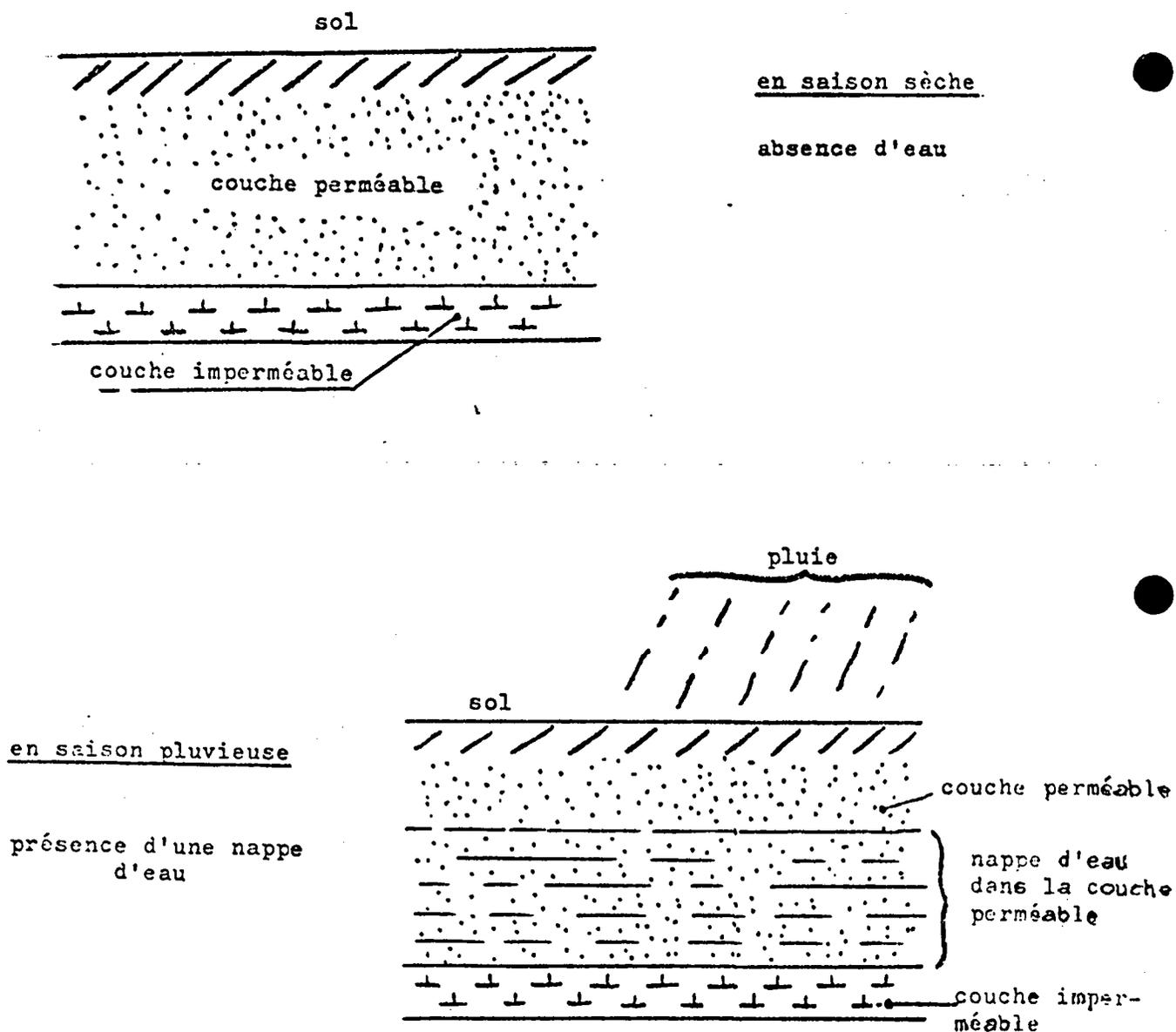


2°) Terrain calcaire (perméabilité de fissure)

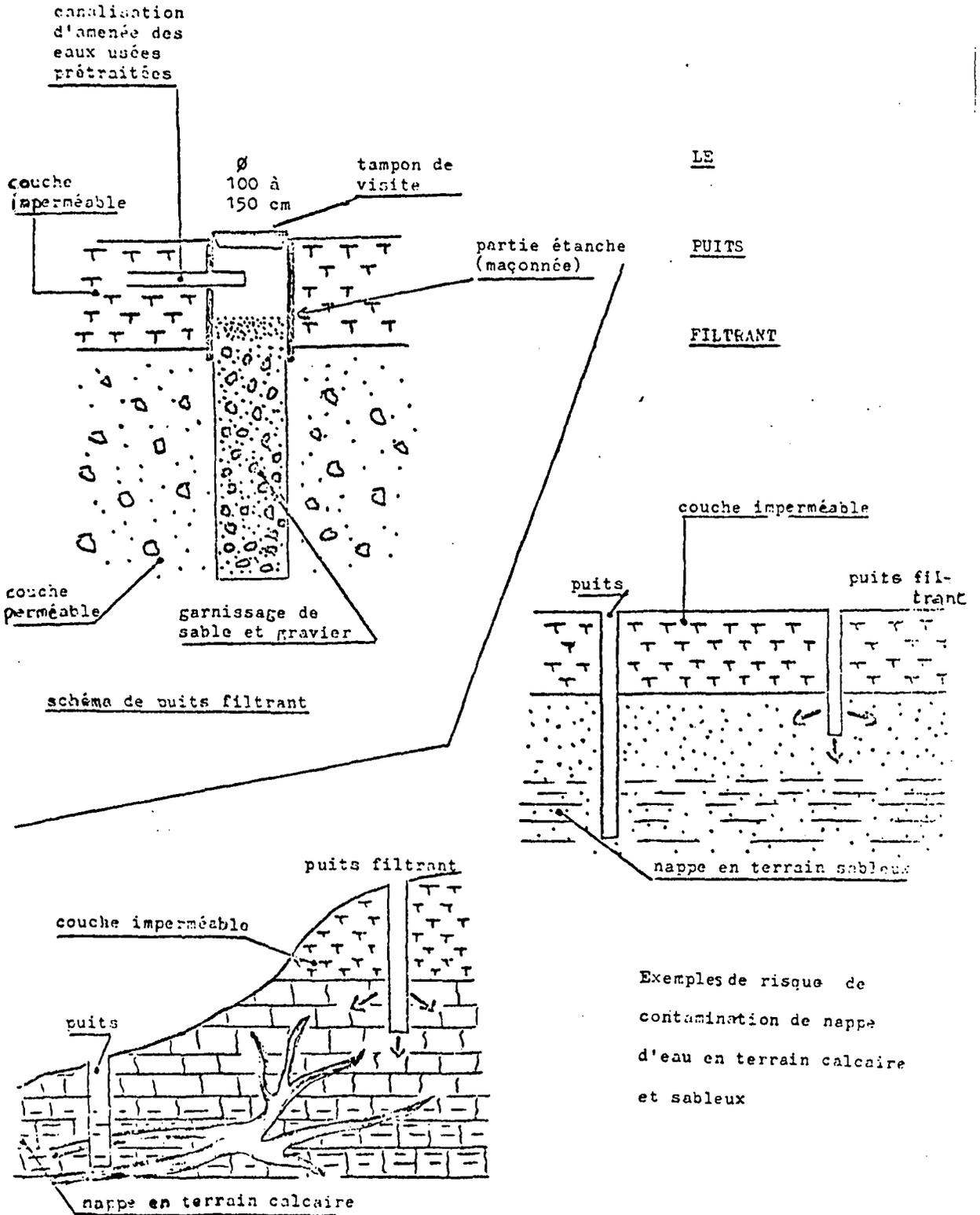


Annexe IV

SCHEMA ILLUSTRANT LA FORMATION D'UNE NAPPE
TEMPORAIRE SUPERFICIELLE DU FAIT DE
L'ACCUMULATION D'EAUX DE PLUIE SUR UN
SUBSTRAT IMPERMEABLE PEU PROFOND

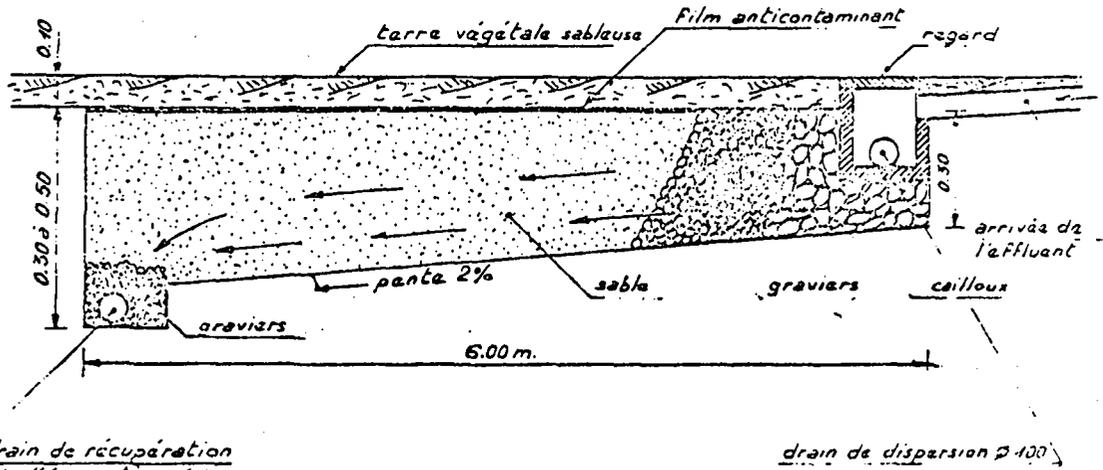


Annexe V

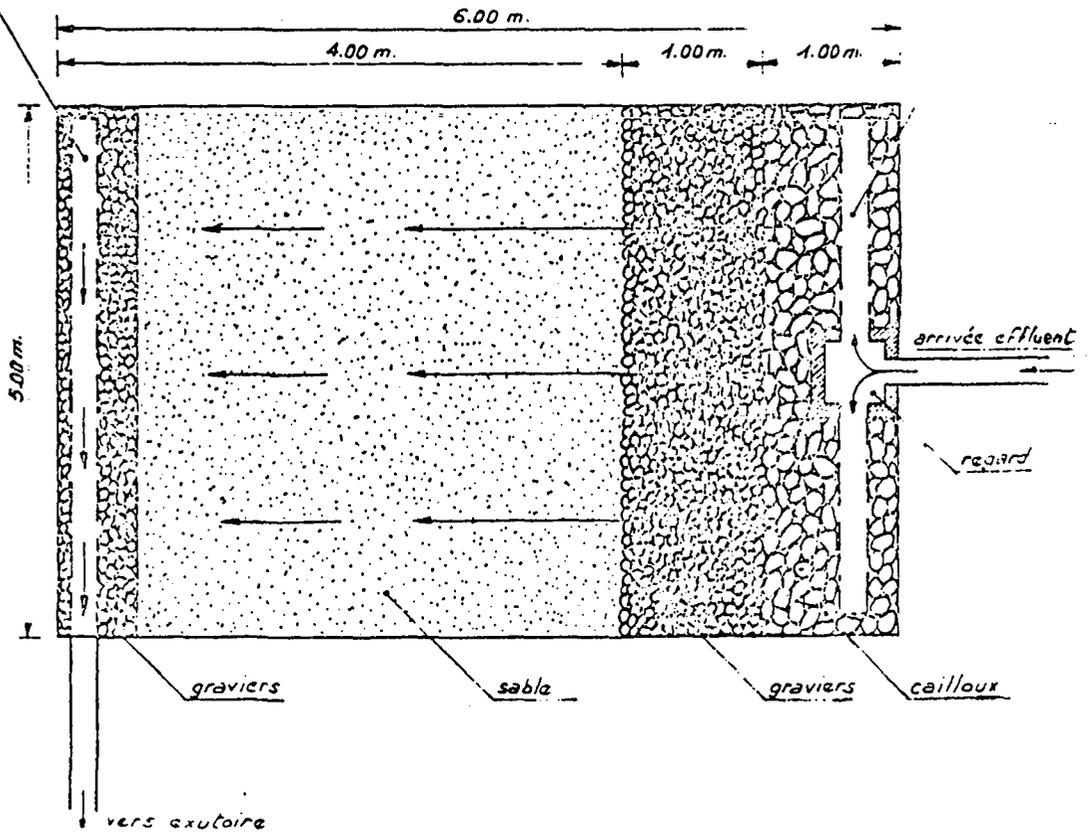


FILTRE A SABLE HORIZONTAL (SCHEMA TYPE)

COUPE LONGITUDINALE



VUE EN PLAN



Annexe VI

LE FILTRE BIOLOGIQUE HORIZONTAL

Une variante du filtre à sable classique est actuellement en cours d'expérimentation par les services d'hygiène des Directions départementales des Affaires sanitaires et sociales (DDASS) des Pays de Loire, en France.

Cette variante vise à simplifier la mise en oeuvre du filtre dit vertical, à augmenter ses performances par réduction des vitesses de transit de l'effluent et augmentation de l'épaisseur de la couche filtrante. Elle permet, en outre, une grande souplesse quant à l'utilisation de matériaux filtrants d'efficacité différente.

PRINCIPE - DESCRIPTION

L'effluent prétraité par voie aérobie (microstation) ou anaérobie (fosses septiques toutes eaux) est admis en tête d'un dispositif filtrant, simple excavation de très faible profondeur (de l'ordre de 0,50 m) exécutée dans le sol et remplie de sable. Sa largeur est de l'ordre de 5 m, sa longueur en fonction du débit admis.

La répartition de l'effluent à l'admission s'effectue par un lit de gros cailloux (20/70). Compte tenu de la perte de charge dans le sable (de l'ordre de 0,12 m pour 5 m pour le sable de Loire lavé), cette répartition est automatiquement régulière sur toute la longueur de l'excavation.

Cette ligne piézométrique est rabattue en extrémité aval du filtre par un drain de pied, simple drain agricole placé dans un lit de gravier.

L'alimentation du filtre est discontinue dans le cas général de pavillons unifamiliaux. La zone d'admission constitue une capacité tampon permettant en outre une rétention des colloïdes et une dégradation aérobie des matières, l'air pénétrant dans ce milieu lorsque le niveau des eaux s'abaisse.

Les fluctuations de la ligne piézométrique dans le sable permettent de la même manière un appel d'air dans les couches actives du sable. L'ensemble s'apparente donc à un lit bactérien filtrant.

La durée de vie du système est fonction du colmatage par rétention des boues minéralisées. Ce colmatage est évidemment progressif et plus prononcé en amont qu'en aval. Il s'accompagne d'une augmentation des pertes de charge dans le sable, la pente de la ligne piézométrique s'accroît alors et la vitesse de l'effluent tend à croître. La rétention des germes diminue, mais une compensation partielle s'établit par accroissement de la capacité d'adsorption de ceux-ci plus particulièrement sur la zooglye qui enrobe les grains de sable.

Il suffit de dimensionner largement la longueur de filtration pour obtenir une capacité de stockage de boues minéralisées adaptée à la périodicité d'entretien.

Le colmatage plus intense du front de sable, limite entre la zone de répartition et le filtre proprement dit, est compensé également par la mise en place d'un lit superficiel de cailloux 20/40 sur une largeur d'environ 1,80 m comme l'indique le schéma ci-dessous.

Annexe VI
(suite)

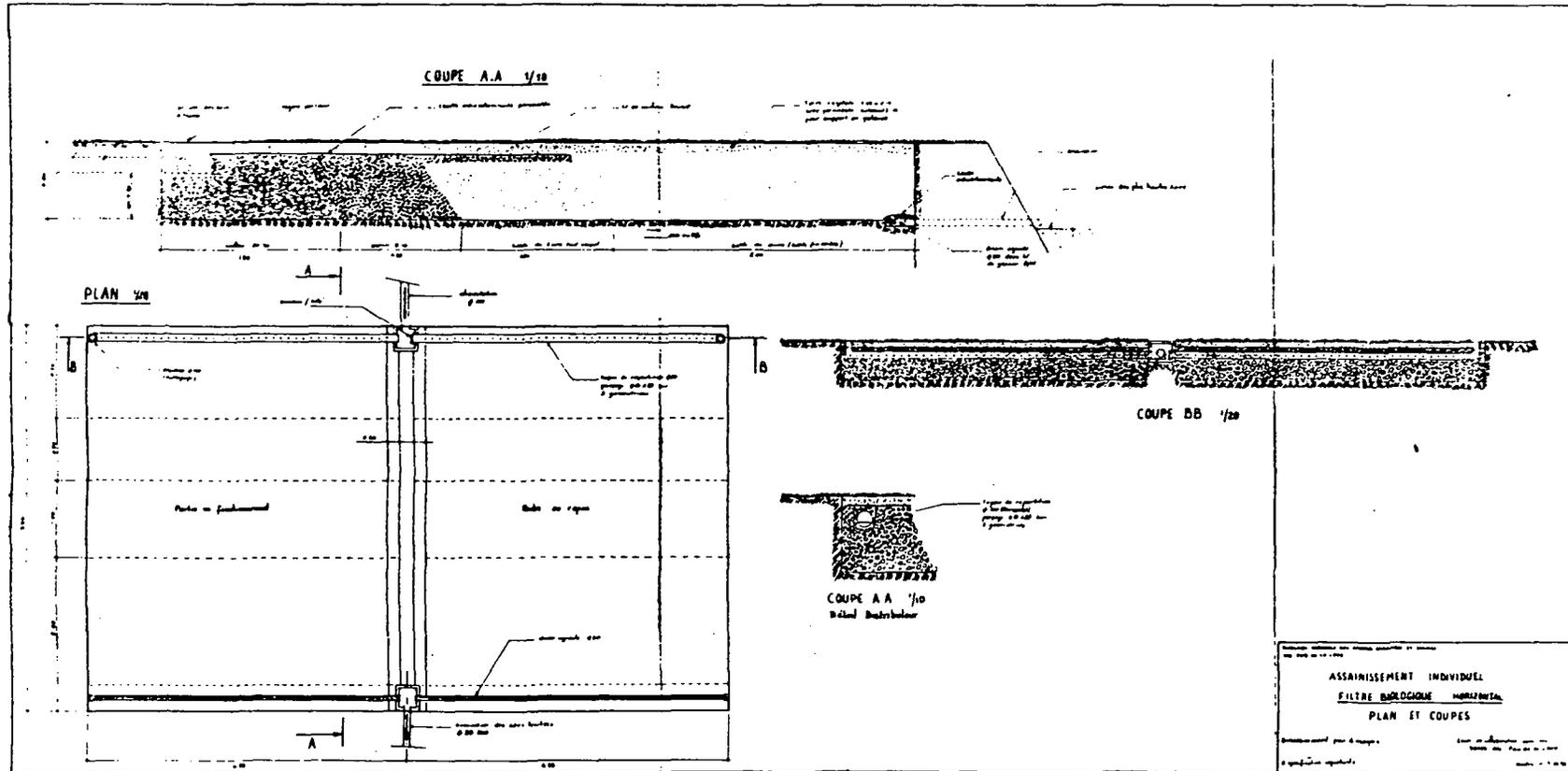
Remarque

Le décolmatage partiel du dispositif est enfin obtenu par la mise en repos pendant plusieurs mois, de préférence au printemps et en été. Le système doit alors être doublé, ce qui ne constitue pas une sujétion importante, compte tenu du faible coût du dispositif dû à sa simplicité de mise en oeuvre et aux faibles volumes de matériaux utilisés.

L'ensemble du dispositif est recouvert de terre végétale sableuse. La perméabilité à l'air de cette couche facilite la pénétration d'air dans les zones actives, lorsque le niveau des eaux s'abaisse en période creuse (non alimentation, la nuit essentiellement). Un film anticontaminant perméable doit être placé au-dessus de la zone de cailloux comme l'indique le schéma.

Le système peut être placé sous pelouse. Il est également possible d'y faire pousser une végétation (massifs de fleurs, etc.); l'évapotranspiration qui en résulte pendant l'été permettra de réduire les vitesses de transfert et d'accroître l'efficacité de la rétention en germes et d'exporter partiellement les nutriments.

Le dispositif devra être protégé du ruissellement des eaux pluviales des surfaces voisines, leur admission se traduisant par une augmentation considérable des débits et donc un entraînement des matières retenues et des microorganismes en particulier.



Annexe VI
(suite)

ANNEXE VI

Annexe VI
(suite)

DIMENSIONNEMENT ET PERFORMANCES

1. Dimensionnement

Compte tenu des essais déjà effectués, il est possible de dégager le dimensionnement provisoire suivant :

a) Fonctionnement permanent (sans véritable période de repos)

- longueur du filtre (dans le sens de l'écoulement des eaux) 5 mètres dont 4 mètres de sable;
- largeur du front (dans le sens de la répartition des effluents) :

usagers jusqu'à	4	6	8
largeur (m)	5	6	7

b) Fonctionnement temporaire : résidences principales (période de repos de l'ordre de 6 mois)

usagers jusqu'à	4	6	8
largeur (m)	2 fois 4	2 fois 5	2 fois 6

Ce dimensionnement est donné pour des systèmes établis sur les bases du schéma ci-dessus et, notamment, celles qui concernent les qualités de matériaux filtrants.

2. Performances

Un tel dimensionnement permet d'obtenir les performances suivantes :

a) Chimie

DBO5 inférieure à 25 mg/l (de 6 à 25)
DCO inférieure à 100 mg/l (de 40 à 100)
MES inférieures à 10 mg/l (de 0,5 à 10)
nitrification partielle de l'ordre de 50%.

b) Bactériologie

En toute sécurité, on peut affirmer que les valeurs suivantes seront respectées pendant 80% du temps (et 100% en période estivale)

coliformes totaux	10 000/100 ml
coliformes fécaux	5 000/100 ml
streptocoques fécaux	1 000/100 ml

Mais, en général, les valeurs suivantes ne seront pas atteintes :

coliformes totaux	1 000/100 ml
coliformes fécaux	500/100 ml
streptocoques fécaux	300/100 ml

Annexe VI
(suite)

Un abattement des germes fécaux de l'ordre de 10^5 peut donc être régulièrement obtenu, ce qui se traduit par une probabilité très faible de dissémination de germes pathogènes dans l'environnement. Un tel dispositif permet donc d'envisager raisonnablement un rejet de ces effluents dans les réseaux pluviaux (fossés).

Un abattement encore meilleur est attendu par l'utilisation au niveau du drain de pied d'une faible couche de tourbe constamment immergée.

Des études visent également à réduire les quantités de nutriments rejetés.

AVANTAGES DE CETTE SOLUTION PAR RAPPORT AUX TECHNIQUES CLASSIQUES

- Ce système est fiable et apporte toute la sécurité souhaitée lorsque des sujétions d'entretien sont attendues sur les appareils de prétraitement. Cette fiabilité est particulièrement intéressante quant à la rétention des germes.
- Ce système peu profond permet dans tous les cas un rejet dans le réseau pluvial, même en terrain très plat.
- La surface faible du dispositif permet la mise en place d'une étanchéité à peu de frais et donc une protection intéressante des nappes le cas échéant (réseau pluvial également étanche).
- La mise en place de ces filtres est très réalisable dans tous les cas de figures (terrains exigus) et notamment sur les installations existantes défectueuses (grande majorité des cas) et dans les zones argileuses.
- La périodicité d'entretien du filtre ne devrait pas être inférieure à 5 ans. Il est fort probable qu'elle soit supérieure à 10 et même 15 ans, notamment lorsqu'il s'agit de systèmes doubles, avec mise en repos temporaire.
- L'exécution des travaux est très simple, ne nécessite pas l'intervention de spécialistes et peut être effectuée par les propriétaires eux-mêmes. Il en est de même de l'entretien. Il en résulte un coût d'installation faible et une charge annuelle d'entretien insignifiante.
- Le filtre placé sous pelouse ou massif de végétation est particulièrement discret. Aucune nuisance (odeur) n'est perceptible.
- Les performances du dispositif dépassent celles des autres systèmes, surtout pour ce qui concerne la rétention des germes. La réduction des risques de dissémination des germes d'agents pathogènes dans l'environnement est très importante.
- Le dispositif ne consomme pas d'énergie.

Annexe VI
(suite)

QUELQUES RESULTATS EXPERIMENTAUX

a) Cholet (Maine-et-Loire)

- 6 usagers permanents
- fosse septique toutes eaux 3000 l
- filtre double : 2 fois 6 x 5 (filtration sur 5 m)
- fond argileux - pente 0,20/5 m
- mise en service : juin 1978.

Résultats de sortie

1) 4 décembre 1978

MES	DCO	DBO5	N _k	NH ₄	NO ₂	NO ₃	PO ₄	Col.totaux	Col.fécaux	Strept.
9	5?	7,5	-	16,4	0,04	114,4	4	-	1000	100

2) Janvier 1979

MES	DCO	DBO5	N _k	NH ₄	NO ₂	NO ₃	PO ₄	Col.totaux	Col.fécaux	Strept.
0,5	13,7	10,6	-	-	-	18,9	-	6,10 ⁵	24,10 ⁴	?

Remarque

Le résultat de janvier est très mauvais en bactériologie, parce que le système n'est pas suffisamment protégé contre le lessivage par les eaux pluviales des surfaces alentour.

b) La Barre de Monts (Vendée)

- 2 usagers permanents
- 6 usagers dont 2 enfants en bas âge en juillet et août
- fosse eauxvannes 1500 l
- dégraisseur 200 l inachevé et inefficace jusqu'au 26 septembre 1978
- filtre : largeur de front 3 m (sens de répartition de l'effluent)
longueur de filtre 5 m dont : cailloux 0/50 1,20 m
graviers ronds 0/10 0,80 m
sable de Loire 1,00 m
sable de dune fin 2,00 m
- mise en service de l'ensemble : 1er mai 1978
- consommation d'eau : 200 l/jour (très régulière).

Les résultats figurent dans le tableau suivant :

R E S U L T A T S

	A 19 mai	B(1) 8 juin	C(2) 29 juin	D 3 août	E 17 août	F 31 août	G 19 sept	H 26 sept 11 H.	I 24 oct 14 H.	J 9 nov 14 H.	K(4) 23 nov brut.	L(5) 23 nov brut.	M 23 nov 17 H.	N 23 nov 18 H.	O 23 nov 18 H.	P 7 déc 14 H.
PH	-	-	7,53	-	-	-	7,5	7,69	-	-	6,9	7,39	-	7,34	-	-
Test de Guerrés	3	1	-	1-2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DBO ⁵ mg/l	-	-	26	-	22	24	10	23	-	24	268	8,32	-	26	-	-
DCO mg/l	-	-	114	60	60	76	82	114	-	91	855	1787	-	88	-	-
MES mg/l	-	-	180	-	2,5	10	4	4	-	30	52	1100	-	4	-	-
N Kjeldahl mg/l	-	-	40	-	37	35	-	26	-	18,7	65,8	233	-	29	-	-
NH 4 mg/l	-	1,3 test	4,2	-	-	31	44	19	-	-	64	0,38	-	41,8	-	-
NO 2 mg/l	-	-	-	-	-	0,24	0,95	3,7	-	-	0	0	-	0,22	-	-
NO 3 mg/l	5	4	-	-	-	0,55	-	15,4	-	216	0,41	0,24	-	169	-	-
PO 4 mg/l	test	test	-	-	44	-	-	-	-	64	4	4,87	-	3,12	-	-
Coliformes totaux N/100 ml	-	-	-	-	-	-	5000	<0,3	90	160	1,1.10 ⁷	1,1.10 ⁷	5000	11000	11000	700
Coliformes fécaux N/100 ml	-	-	-	-	-	-	5000	<0,3	15	160	> " "	> " "	5000	" "	" "	" "
Streptocoques fé- caux - N/100 ml	-	-	-	-	-	-	<0,3	<0,3	0,3	290	15.10 ³	500.000	230	900	2.000	90
clostridium sul- fito-réducteurs N/100 ml	-	-	-	-	-	-	<0,3	<0,3	0,3	0	0	0	0	0	0	0
RELEVES DES CONSOMMATIONS D'EAU M3								64	70							

- 1 - Période pluvieuse 2 - Prélèvement effectué dans un seau, âge de l'effluent non défini, développement d'algues
 - Jusqu'au 26.09 tous les prélèvements, sauf C ont été effectués en période de temps sec prolongé.
 - Aucune eau parasite ne peut provenir du sol lui-même
- 3 - Prélèvement dans un seau laissé en remplissage pendant une matinée (ceci peut expliquer la concentration en MES)
- 4 - Effluent brut du dégraisseur 5 - Effluent brut on tête du dispositif de filtration (2/3 provenant de la fosse, 1/3 du dégraisseur)
 Apport brutal d'eau supérieur à 200 l après nettoyage du tuyau d'épandage (orifices trop petits)
- 6 - Prélèvement sur débit de sortie voisin de 6 litres /heure.

Annexe VI
(suite)

Annexe VI
(suite)

c) La Chapelle Heulin (Loire-Atlantique)

- 3 usagers permanents
- fosse toutes eaux de 3000 l (2 fois 1500 l) avec :
 - admission des eaux-vannes dans la 1ère fosse
 - " des eaux ménagères dans la 2ème fosse
 - " des eaux issues de la 1ère en tête de la 2ème fosse
- mise en service de la fosse eaux-vannes : janvier 1977
- " " " eaux ménagères : juin 1977
- filtre : longueur de la zone de répartition : 1,20 m
longueur de filtration : 4 m (sable de Loire)
pente du fond argileux : 0,30 m/4 m
mise en service : juin 1978

Résultats en sortie :

1) 12 septembre 1978

MES	DCO	DBO5	N _k	NH ₄	NO ₂	NO ₃	Col.totaux	Col.fécaux	Strept.
18	40	6	-	39	0,2	35,2	184,10 ⁴	120,10 ⁴	3,10 ⁴

2) 28 novembre 1978

MES	DCO	DBO5	N _k	NH ₄	NO ₂	NO ₃	Col.totaux	Col.fécaux	Strept.
11	60	12	5,2	2,2	0,04	25,3	45,10 ³	66,10 ²	3,10 ²

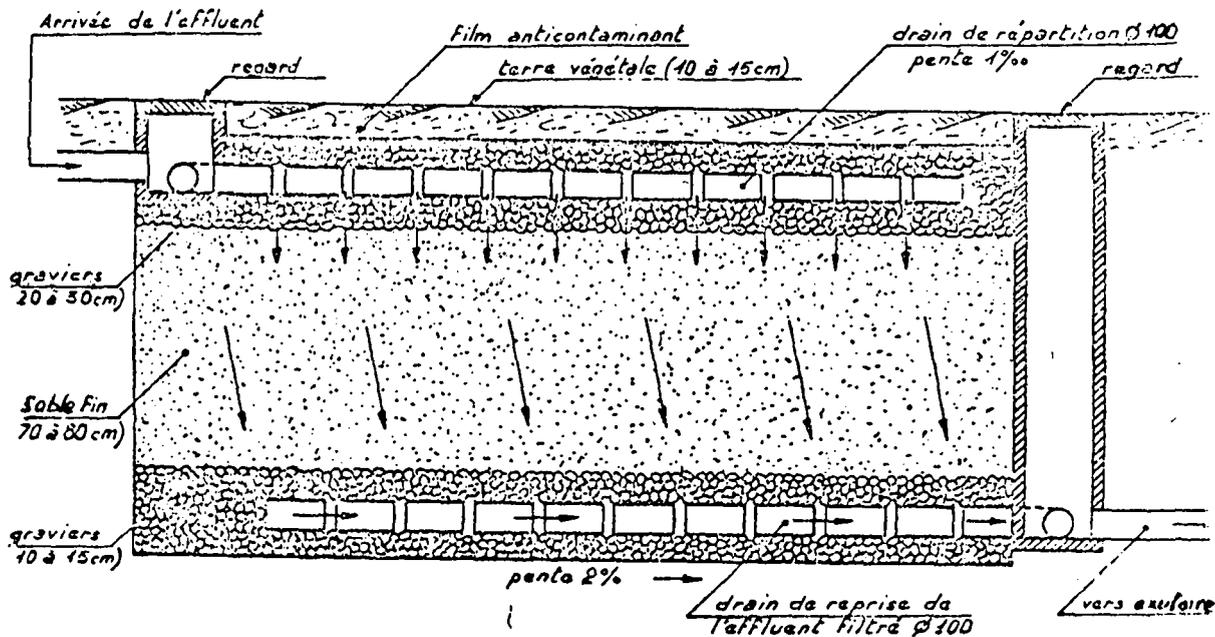
Remarques

- Prélèvement du 12 septembre effectué dans des conditions non satisfaisantes.
- Pente du dispositif trop forte, la vitesse importante de passage de l'effluent explique la pollution bactérienne.

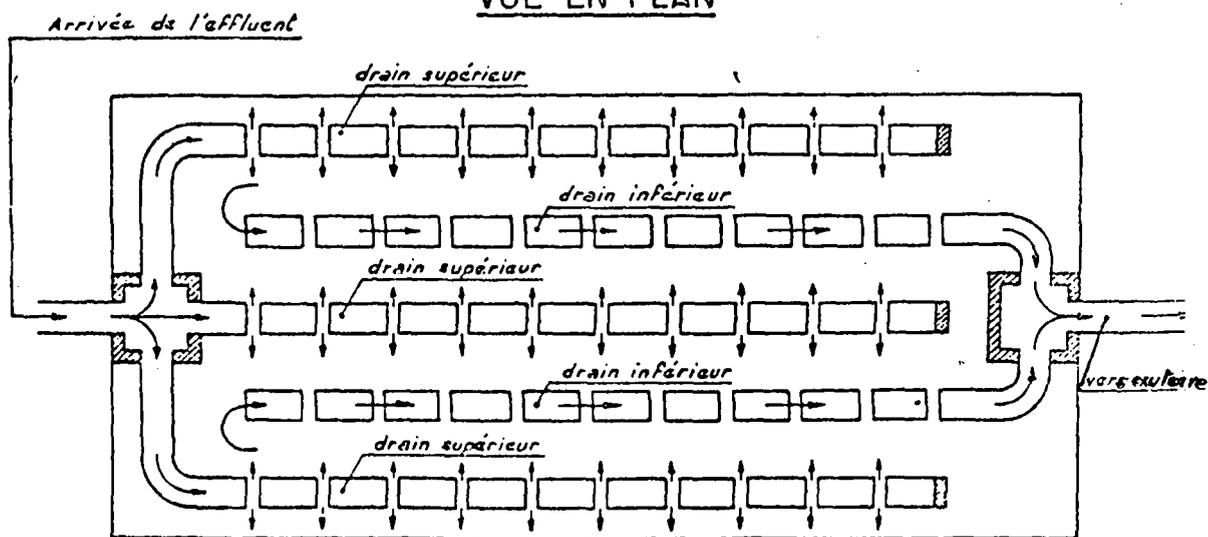
Annexe VII

FILTRE A SABLE VERTICAL (SCHÉMA TYPE)

COUPE LONGITUDINALE



VUE EN PLAN



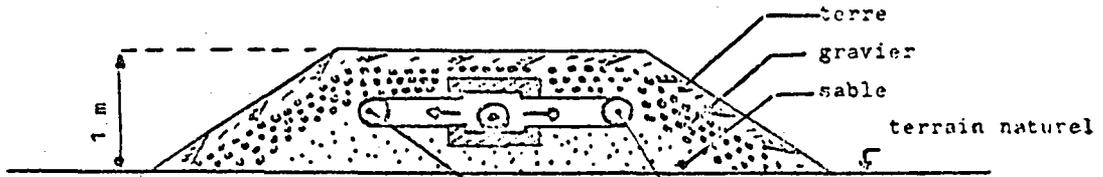
2,50 M2 PAR HABITANT POUR FOSSE SEPTIQUE

2 M2 PAR HABITANT POUR DÉCANTEUR DIGESTEUR

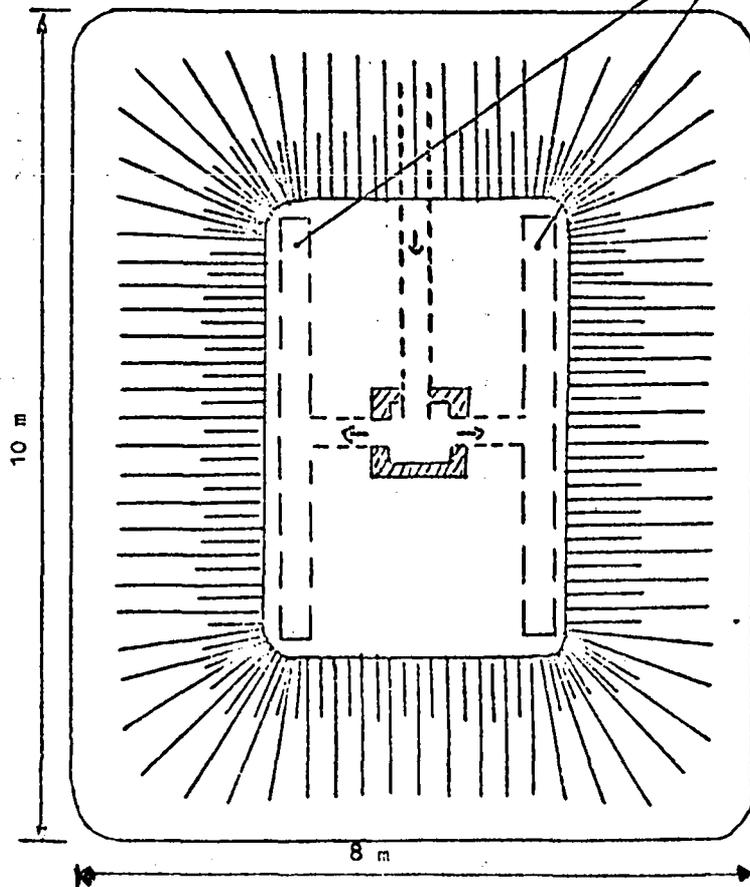
Annexe VIII

REJET EN TERRE FILTRANT (SCHEMA TYPE)

COUPE EN TRAVERS



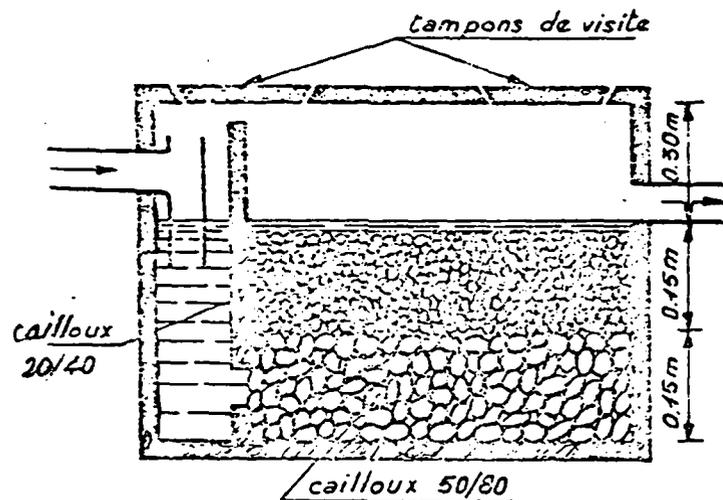
VUE EN PLAN



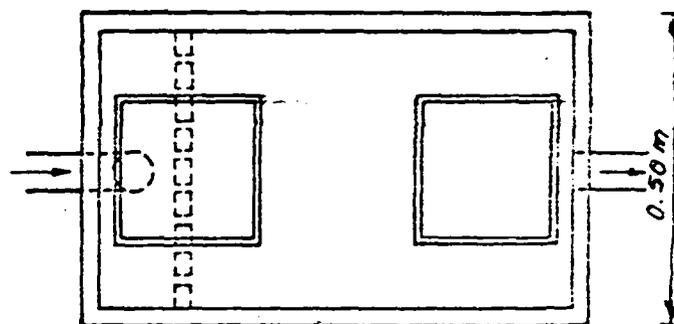
tuyaux d'épandage

PRÉFILTRE

COUPE VERTICALE

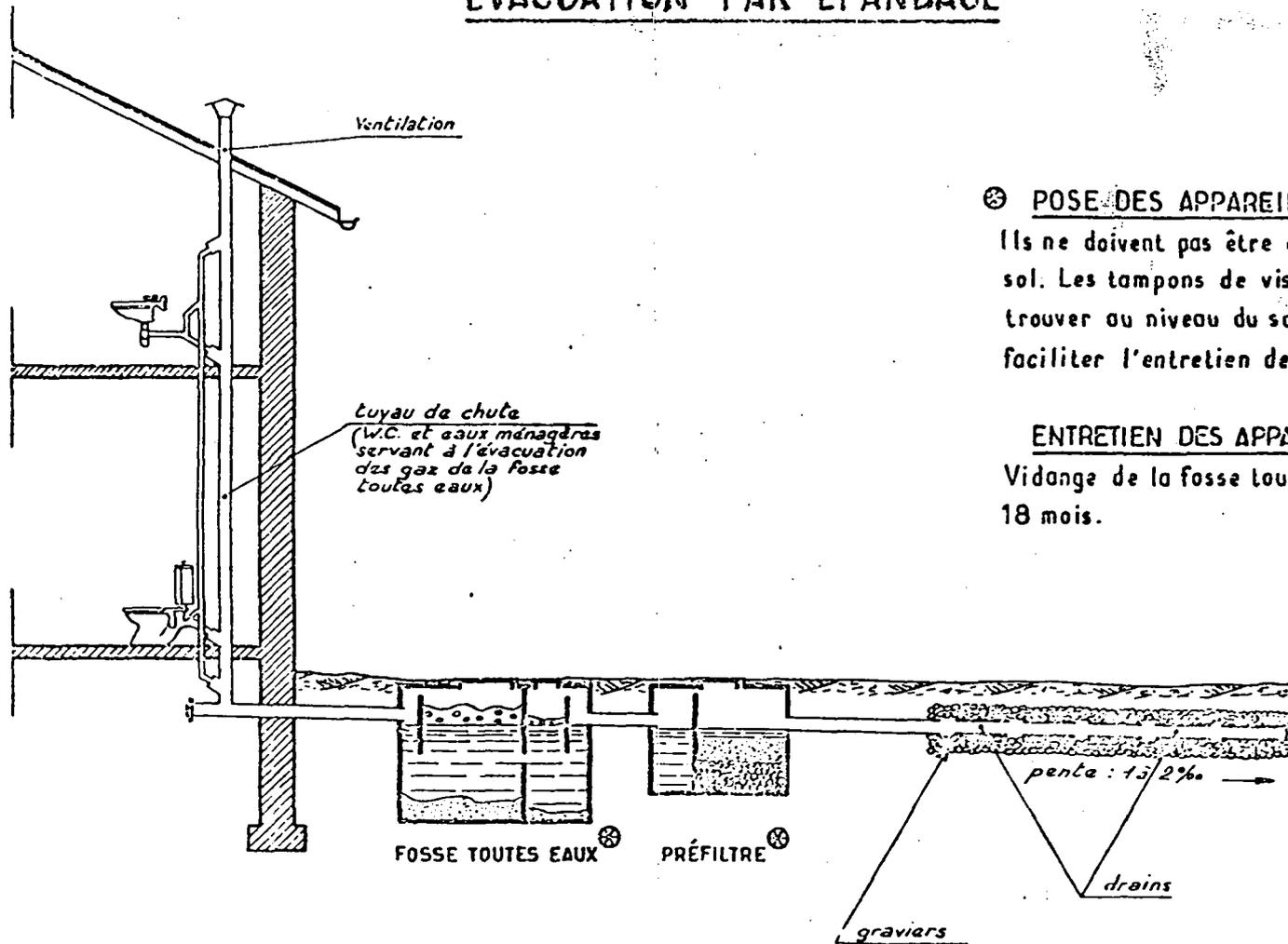


VUE DE DESSUS



- 30 à 35 litres de garnissage par usager après fosse septique ou fosse toutes eaux.
- 20 litres de garnissage par usager après décanteur digesteur
- contenance minimum 100 litres.

ÉVACUATION PAR ÉPANDAGE



⊗ POSE DES APPAREILLAGES

Ils ne doivent pas être enfouis dans le sol. Les tampons de visite doivent se trouver au niveau du sol afin de faciliter l'entretien de l'installation.

ENTRETIEN DES APPAREILLAGES

Vidange de la fosse tous les 12 à 18 mois.

Annexe XI

REJET PAR FILTRE A SABLE HORIZONTAL

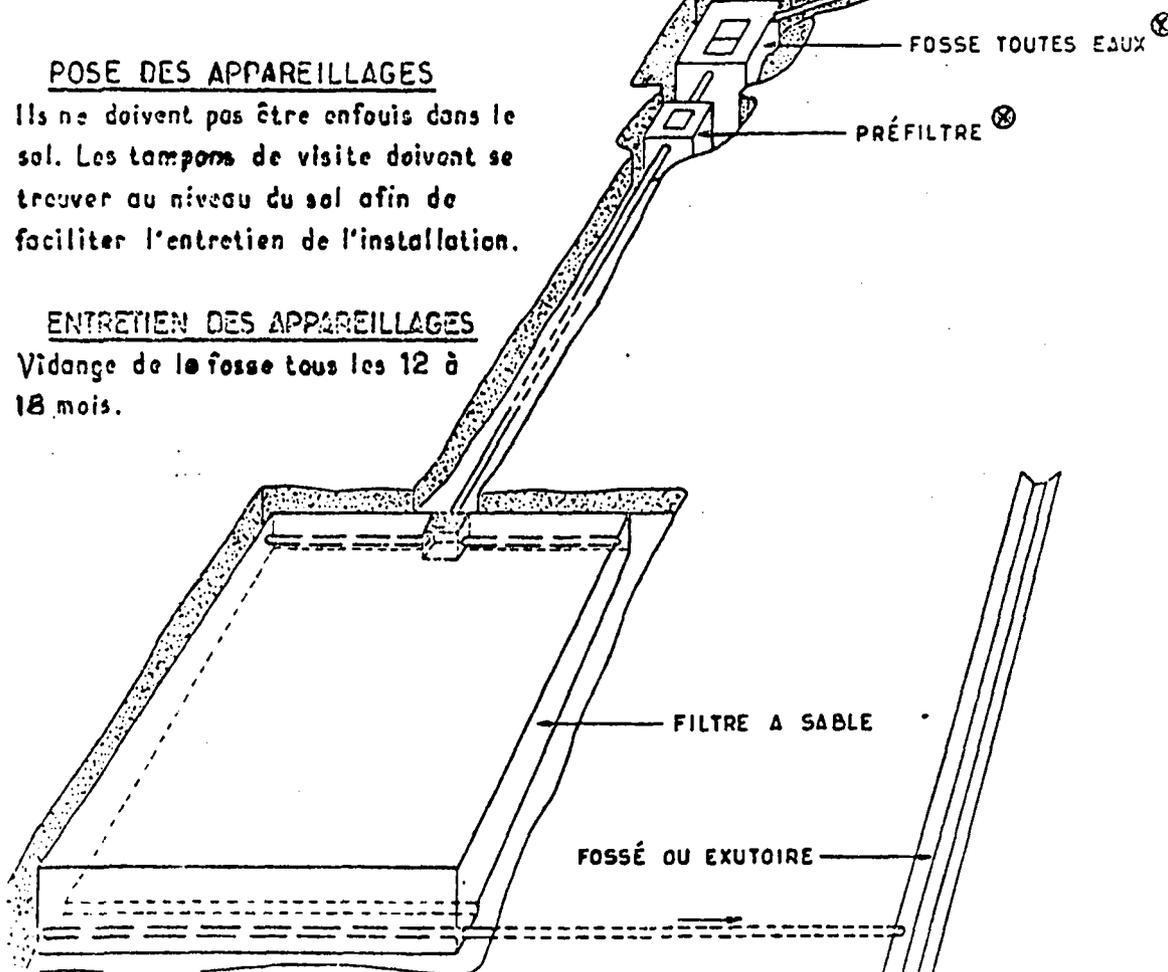


POSE DES APPAREILLAGES

Ils ne doivent pas être enfouis dans le sol. Les tampons de visite doivent se trouver au niveau du sol afin de faciliter l'entretien de l'installation.

ENTRETIEN DES APPAREILLAGES

Vidange de la fosse tous les 12 à 18 mois.



Annexe XII

REJET A FILTRE A SABLE VERTICAL

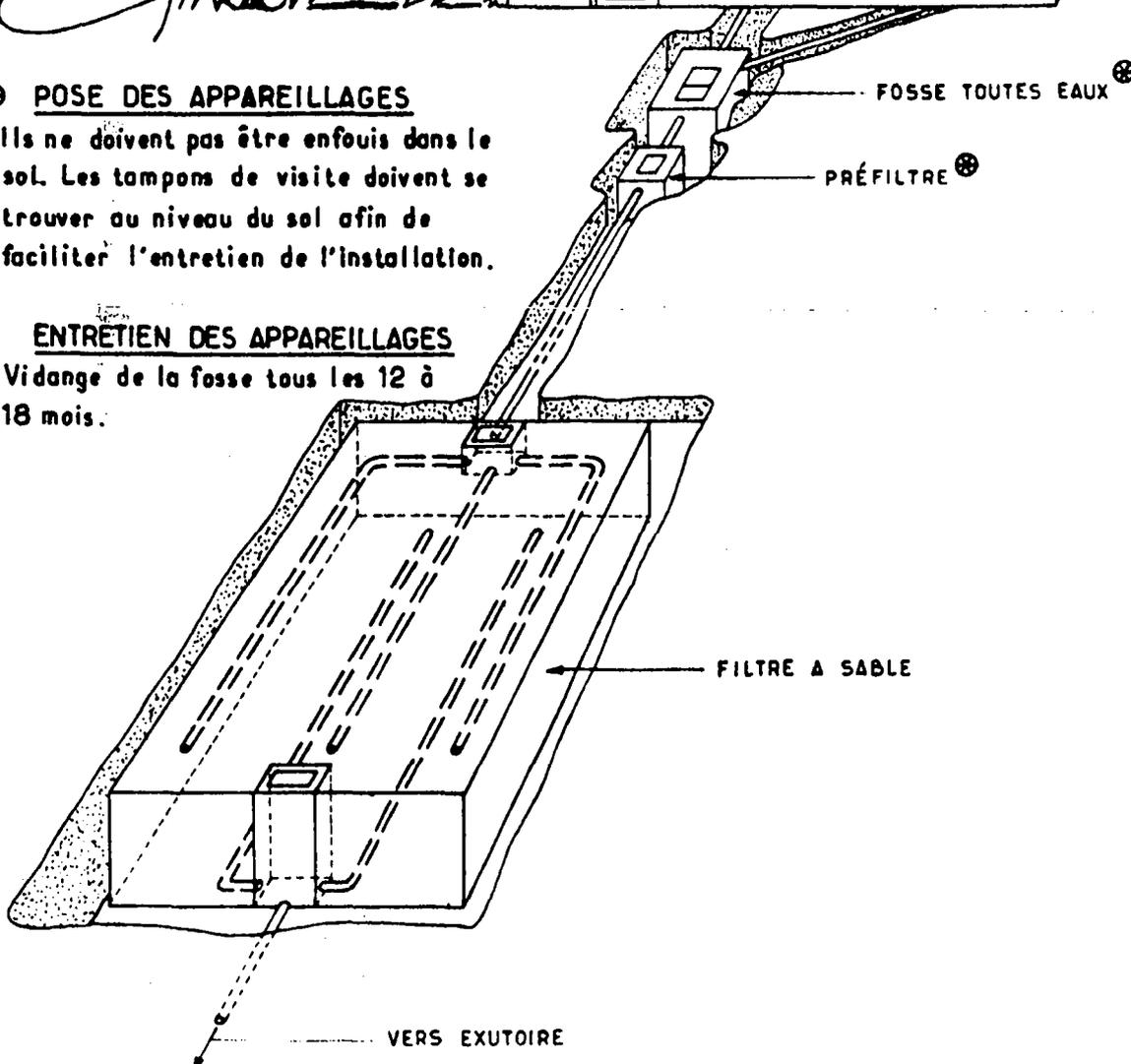


⊗ POSE DES APPAREILLAGES

Ils ne doivent pas être enfouis dans le sol. Les tampons de visite doivent se trouver au niveau du sol afin de faciliter l'entretien de l'installation.

ENTRETIEN DES APPAREILLAGES

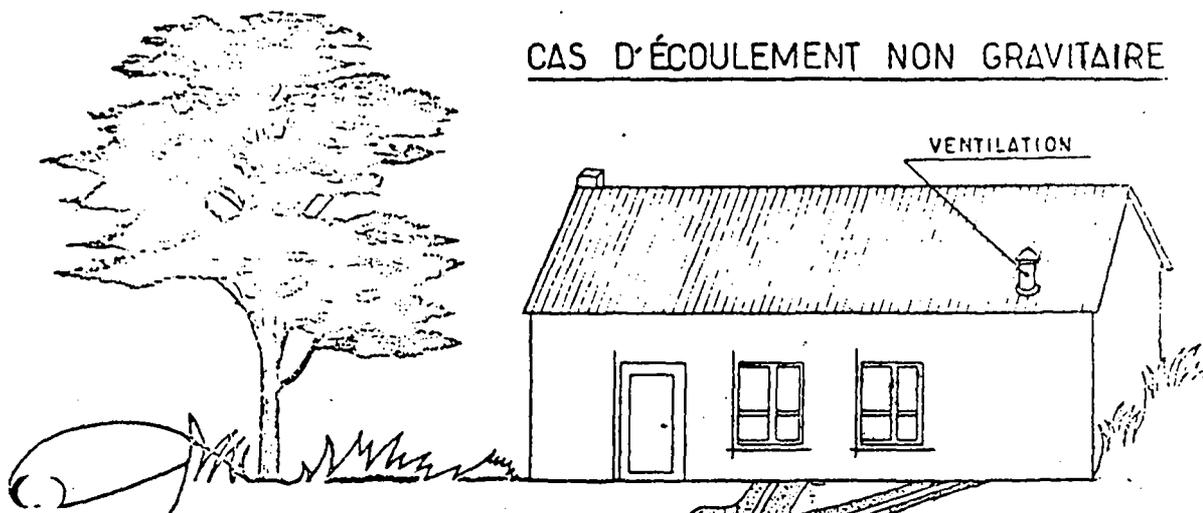
Vidange de la fosse tous les 12 à 18 mois.



Annexe XIII

REJET EN TERTRE FILTRANT

CAS D'ÉCOULEMENT NON GRAVITAIRE



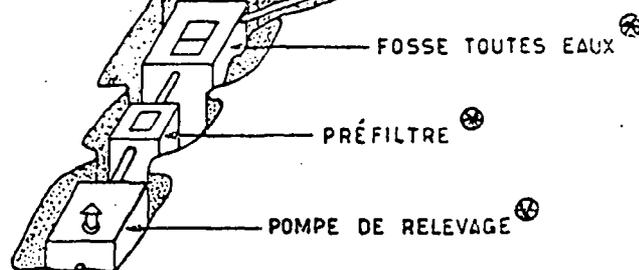
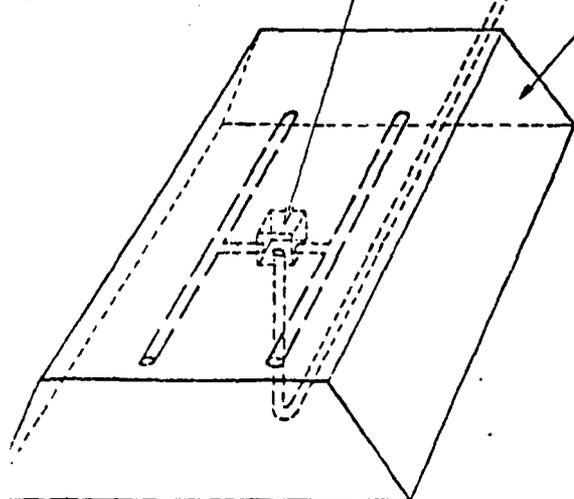
⊗ POSE DES APPAREILLAGES

Ils ne doivent pas être enfouis dans le sol. Les tampons de visite doivent se trouver au niveau du sol afin de faciliter l'entretien de l'installation.

ENTRETIEN DES APPAREILLAGES

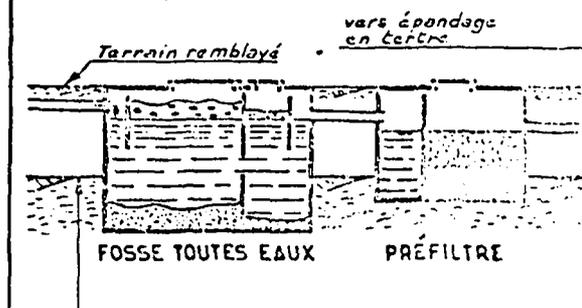
Vidange de la fosse tous les 12 à 18 mois.

BÂCHE DE RÉPARTITION



TERTRE FILTRANT

ÉCOULEMENT GRAVITAIRE



Annexe XIV

C.T.G.R.E.F.

I N F O R M A T I O N S T E C H N I Q U E S

CAHIER 18

Juin 1975

No 7 ***

L'EPANDAGE SOUTERRAIN DES EFFLUENTS DE FOSSES SEPTIQUES

Bien que de nouveaux procédés (mini stations d'épuration, etc.) aient fait depuis une dizaine d'années leur apparition sur le marché, le système à fosse septique reste le plus répandu lorsqu'il s'agit de traiter les rejets domestiques d'un très petit nombre d'usagers. S'il est bien conçu, et d'un volume suffisant, il peut fonctionner régulièrement sans surveillance quotidienne.

Un tel système comprend deux éléments : la fosse septique elle-même, qui retient les matières décantables, et l'élément épurateur qui traite l'effluent septique. Les deux éléments du système participent ainsi à l'épuration, mais la plus grosse part du traitement reste à effectuer à la sortie de la fosse.

Or l'expérience prouve que le traitement de l'effluent septique par plateau absorbant ou par lit bactérien est peu satisfaisant, sinon inefficace.

Reste alors la possibilité d'utiliser le sol en installant un épandage souterrain. Quelques règles empiriques simples, tirées d'une longue expérience aux USA et au Canada (1), permettent d'adapter les dimensions d'une telle installation aux caractéristiques du terrain lorsque celui-ci présente certaines conditions minimales d'utilisation. Leur application en France améliorerait sans doute de façon appréciable les performances des installations individuelles et semi-individuelles.

TEST DE PERCOLATION

Le premier paramètre à prendre en compte est la vitesse d'absorption que le sol peut assurer en régime permanent. Bien souvent en effet le mauvais fonctionnement d'un épandage souterrain provient d'une surélévation de la charge admissible en litres d'effluent par jour et par mètre carré de terrain.

Le test suivant, expérimenté aux USA et au Canada, permet d'obtenir une vitesse d'infiltration qui caractérise le sol de façon suffisamment fiable.

- 1) Creuser dans le périmètre prévu pour la future installation au moins six trous répartis de façon aussi uniforme que possible. Ces trous doivent avoir de 10 à 30 cm de diamètre et atteindre le niveau de l'épandage souterrain projeté. Scarifier les parois des trous pour éliminer les surfaces souillées ou lissées qui gêneraient l'infiltration de l'eau. Oter la poussière et les petits éboulements de terre du fond du trou et y placer 5 cm de sable grossier ou de gravier fin pour éviter le colmatage.

(1) Alfred P. Bernhart, cité par Steven Goldstein et Walter J. Moberg dans "Wastewater Treatment Systems for Rural Communities" (Washington, 1973) livre dont sont extraites la plupart des règles décrites dans cette note.

Annexe XIV
(suite)

- 2) Verser au moins 30 cm d'eau propre dans chaque trou. Ajouter de l'eau aussi souvent que nécessaire pour maintenir le niveau de l'eau à plus de 30 cm au-dessus du gravier pendant au moins 4 heures, et si possible jusqu'au lendemain en période sèche.

Cette phase d'imbibition du terrain doit être menée convenablement pour assurer la validité du résultat final. Il importe en particulier que le trou ne soit jamais asséché. Si de plus le test est effectué en saison sèche, le sol doit être abondamment mouillé pour reproduire les conditions qui existent pendant la saison la plus humide.

- 3) Ajuster le niveau d'eau à 15 cm au-dessus du gravier. Observer l'abaissement du niveau de l'eau toutes les 30 mn en réajustant à chaque observation le niveau à sa valeur initiale. Arrêter le test dès que les relevés se stabilisent. L'abaissement du plan d'eau mesuré sur une demi-heure en régime permanent permet de calculer directement la vitesse de percolation. Il est inutile de prolonger ces relevés pendant plus de 4 heures; on pourra donc toujours utiliser la vitesse d'infiltration enregistrée au cours de la huitième demi-heure, sans menacer la fiabilité du résultat.
- 4) Cependant, dans les sols sableux où l'eau s'infiltrerait rapidement, il faut ramener la durée maximale d'essai à 1 h avec une observation toutes les 10 mn, l'abaissement du plan d'eau pendant les 10 dernières minutes servant à calculer la vitesse d'infiltration.
- 5) La vitesse d'infiltration caractéristique de la parcelle est alors obtenue en faisant la moyenne des valeurs obtenues pour chaque trou.

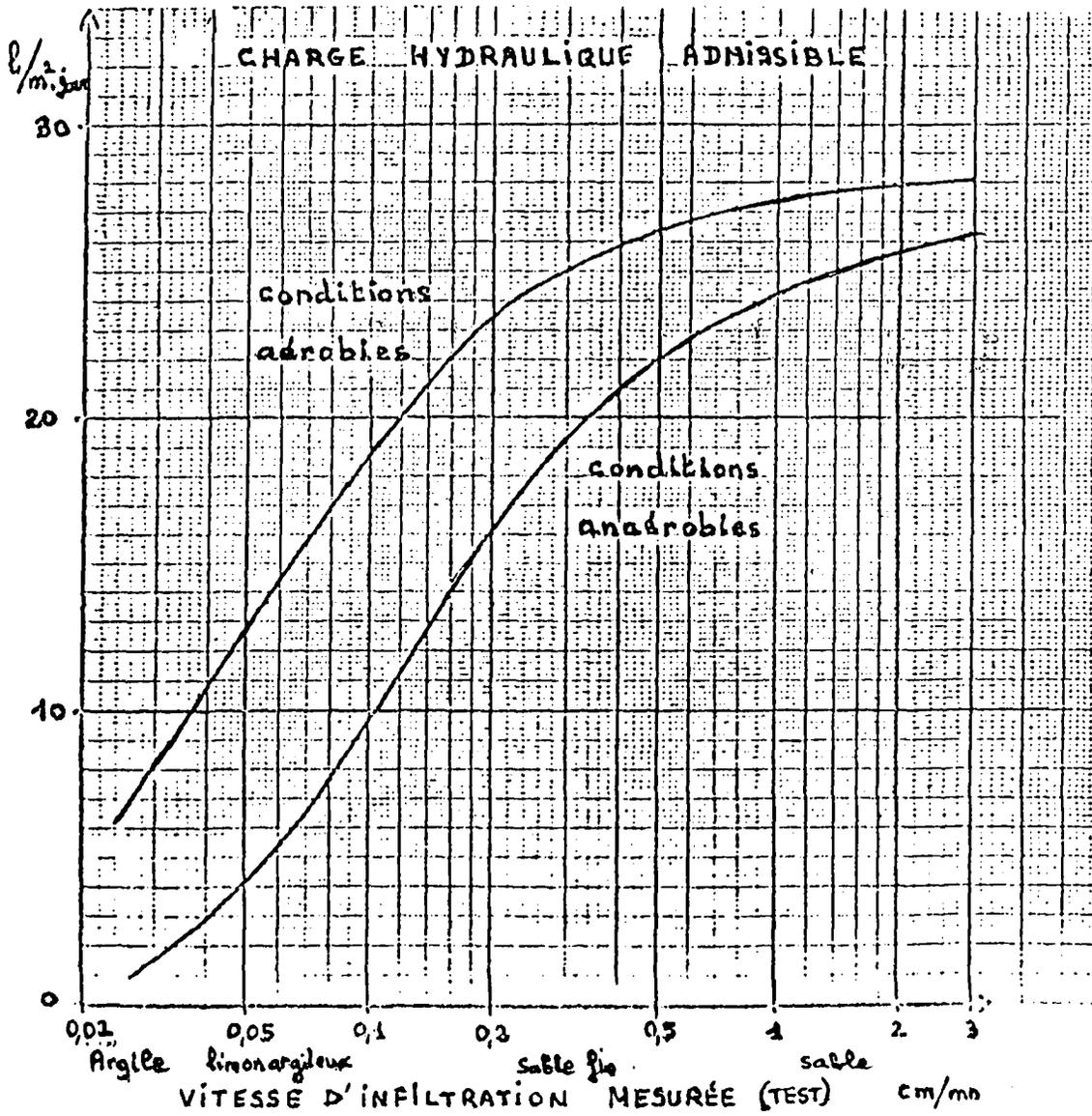
CALCUL DE LA SURFACE D'INFILTRATION NÉCESSAIRE

Il est clair que la vitesse réelle d'infiltration de l'effluent pour une installation destinée à fonctionner sur une longue période est nettement inférieure à celle qui est obtenue par le test normalisé qui précède (eau propre, courte durée). Pour déterminer la surface d'infiltration nécessaire, il faut tenir compte de la perméabilité du sol, du caractère aérobie ou anaérobie de l'évolution des effluents dans le sol, et de la qualité des effluents à infiltrer.

- 1) En l'absence d'expérimentation locale dans les mêmes conditions, on se reportera au graphique de la page suivante, qui permet de passer de la vitesse mesurée par le test à la charge hydraulique réellement admissible C (en litres par mètre carré de terrain et par jour), en ne tenant pas compte de l'évapotranspiration souvent faible.

Une des limites essentielles au pouvoir absorbant du sol est le colmatage des pores. Ce dernier dépend de l'effluent, de l'évolution qu'il subit en percolant, et en particulier du développement des microorganismes. C'est pourquoi le graphique distingue le cas d'un épandage anaérobie et celui d'un épandage aérobie, qui exige moins de superficie mais de grandes précautions d'installation et d'entretien pour permettre une bonne pénétration de l'air au niveau du drain.

Annexe XIV
(suite)



Annexe XIV
(suite)

- 2) Pour tenir compte de la charge en matières minérales ou organiques de l'effluent, on affecte le débit journalier de l'effluent à infiltrer D (en litres/jour) d'un coefficient k qu'on prend égal au rapport
- $$\frac{\text{DBO} + \text{MES}}{120}$$
- si celui-ci est supérieur à 1, ou à 1 dans le cas contraire.

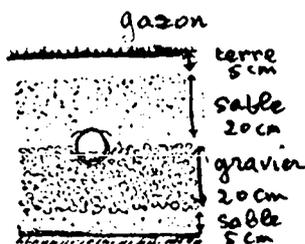
Nota: DBO = concentration moyenne de la DBO en mg/l
MES = concentration moyenne des MES en mg/l.

On obtient alors finalement la surface d'infiltration nécessaire A, à prendre en compte pour dimensionner l'installation par

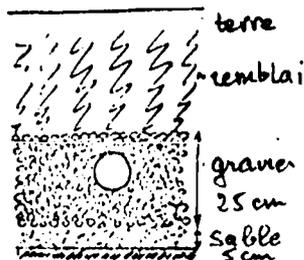
$$A = \frac{kD}{C} \text{ (en mètre carré)}$$

- 3) Notons enfin qu'il semble illusoire de vouloir utiliser un épandage souterrain si le test de percolation a fourni une vitesse inférieure à 0,03 cm/mn. Pour des vitesses de l'ordre de 0,1 cm/mn, il sera bon de s'assurer une possibilité d'extension éventuelle du système à l'issue d'une période initiale d'expérimentation.

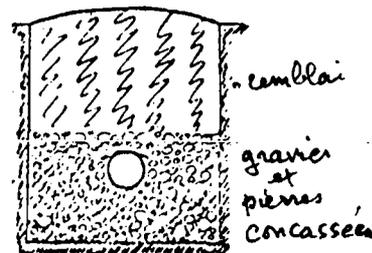
DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES (voir schémas)



Lit aérobique



Lit anaérobique



Tranchée

L'effluent est envoyé dans des drains de 10 cm de diamètre entourés d'un lit de graviers et protégés des chutes de sable et fines particules de terre par une feuille de papier bitumé placée au-dessus.

L'objectif visé est la répartition aussi uniforme que possible de l'effluent. La pente des drains doit donc rester faible, de 2 à 3‰, et leur longueur ne pas dépasser 30 m. L'alimentation doit se faire par chasses brusques et non par suintement continu, de façon à ce que toute la longueur du drain soit utilisée : dans le cas d'installations regroupant plusieurs logements, il est souhaitable de prévoir un dispositif de chasse ou un poste de pompage assurant artificiellement un débit saccadé.

Pour limiter les risques de colmatage par les matières en suspension, il semble préférable que les eaux ménagères comme les eaux-vannes passent par la fosse septique dont les dimensions sont calculées en conséquence.

Annex XIV
(suite)

On distingue deux catégories de dispositifs d'épandage : les tranchées filtrantes, pour lesquelles chaque drain et son lit de gravier sont dans une galerie individuelle, et les lits filtrants, pour lesquels la couche de graviers ne présente pas de discontinuité entre les drains.

a) Lits filtrants

Les drains doivent être disposés de telle sorte que l'effluent soit bien réparti: la distance maximale entre deux drains est de 1,50 m.

La surface d'infiltration à prendre en compte pour le calcul est alors la superficie du lit. Cependant l'effluent peut s'infiltrer latéralement. Aussi doit-on respecter une distance minimale de 3 m entre deux lits filtrants adjacents.

Dans le cas d'un "lit anaérobie", les drains sont disposés au milieu d'un lit de gravier d'environ 25 cm reposant sur 5 cm de sable, et l'ensemble est recouvert par un remblai quelconque d'au moins 30 cm d'épaisseur.

Dans le cas d'un "lit aérobie" par contre, il faut assurer une bonne circulation de l'air entre la surface et les drains; pour cela on doit trouver successivement de haut en bas : 5 cm de terre engazonnée, 20 cm de sable, 20 cm de gravier et 5 cm de sable, les drains étant placés à mi-hauteur (à la limite du sable et du gravier).

b) Tranchées filtrantes

La largeur optimale de tranchée compte tenu de la présence d'un drain unique se situe entre 45 et 60 cm. En tout état de cause, la tranchée aura au plus 90 cm.

Le drain repose sur au moins 15 cm de gravier et est couvert d'au moins 5 cm de ce même gravier. Le tout est recouvert de 30 cm de remblai. Il peut être utile de prévenir le colmatage des graviers par ce remblai en disposant une couche d'un tissu de fibre de verre (ou autre) au-dessus du gravier.

La distance minimale à respecter entre deux tranchées parallèles est de 1,50 m, mais on choisira autant que possible une distance de 2 à 3 m. La détermination de la surface d'infiltration à prendre en compte pour le dimensionnement est toujours approximative, car le fond des tranchées se colmate plus ou moins et l'infiltration se fait pour une part importante par les parois latérales, moins sujettes au colmatage à cause des variations de niveau de l'eau.

On peut cependant admettre d'utiliser encore le graphique correspondant aux lits filtrants dans des conditions anaérobies, en considérant que la surface d'infiltration est de 1,5 à 2 m² par mètre linéaire de tranchée (suivant la largeur de la tranchée).

Exemple :

On se propose d'infiltrer les effluents de 100 habitants (à 150 l/hab/jour), soit $D = 100 \times 150 = 15\ 000$ litres/jour :

- a) dans un sable fin (vitesse d'infiltration 0,5 cm/mn)
- b) dans un limon argileux (vitesse d'infiltration 0,04 cm/mn).

Annexe XIV
(suite)

Lit filtrant

	Sable fin		limon argileux	
	aérobie 26,4 l/m ² j	anaérobie 22 l/m ² j	aérobie 10,8 l/m ² j	anaérobie 3 l/m ² j
Charge hydraulique admissible C				
surface d'infiltration nécessaire . effluent de station : k=1 (à 30 mg/l DBO et 30mg/l MES)	570 m ²	680 m ²	1390 m ²	5000 m ²
A . effluent de fosse septique : k=2 (à 180 mg/l DBO et 60 mg/l MES)	1140 m ²	1360 m ²	2780 m ²	10000 m ²

Tranchées filtrantes

	Sable fin	limon argileux
Charge hydraulique admissible C	22 l/m ² j	3 l/m ² j
. surface d'infiltration A (effluent septique)	1360 m ²	10000 m ²
. linéaire de tranchées à 1,5 m ² /ml	900 m	6700 m

PRECAUTIONS A PRENDRE POUR LE CHOIX DU SITE

1) Couches imperméables

La présence d'horizons imperméables à une profondeur de plus de 1 m par rapport au fond des tranchées ou lits filtrants ne semble pas devoir compromettre le fonctionnement du système. Le sol ne convient pas pour l'épandage souterrain (tel qu'il est envisagé ici) si un horizon imperméable est à moins de 50 cm du fond des lits ou tranchées.

2) Remblai

La zone d'épandage doit être installée sur un sol de capacité d'absorption aussi homogène que possible pour éviter les écoulements préférentiels. On évitera donc les remblais.

3) Niveau de la nappe

Le niveau de la nappe ne doit jamais s'élever à moins de 50 cm du fond des tranchées ou des lits filtrants. Il est même souhaitable que cette distance reste supérieure à 1 m.

4) Pente du sol superficiel

Les risques de résurgence de l'effluent en surface imposent de ne pas installer d'épandage souterrain si la pente du terrain est supérieure à 15%, en particulier en sol peu perméable.

5) D'une façon générale, on n'installera pas d'épandage

- dans une zone inondable
- à moins de 35 m des puits destinés à l'alimentation humaine
- à moins de 15 m des cours d'eau et autres milieux aquatiques.

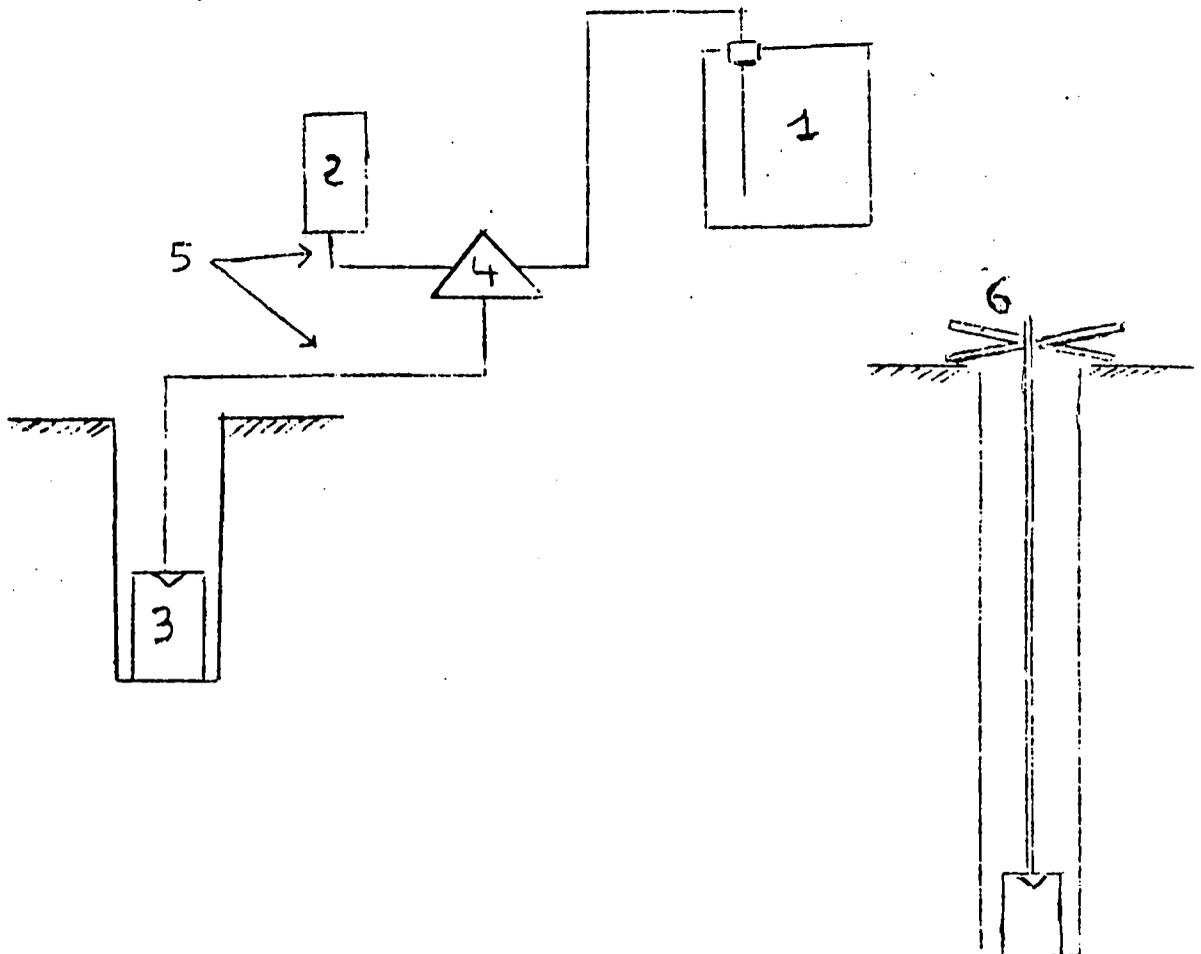
Annexe XV

METHODE DE PERCOLATION
NIVEAU CONSTANT

Description de l'appareillage

L'appareillage se compose de :

- 1° une réserve d'eau de 25 l environ
- 2° une cellule de mesure
- 3° un régulateur de niveau
- 4° un robinet 3 voie (option "manuel") ou une électrovanne commandée par un système électronique 12 V (option automatique)
- 5° tuyaux souples munis de raccords rapides
- 6° une tige laiton permettant de descendre le régulateur de niveau dans des trous forés de profondeur 1,50 à 2 m



Annexe XV
(suite)

Mise en place de l'appareil

- forage des trous de l'essai (50 à 70 cm en général pour une étude d'assainissement)
- pose et branchement des différentes parties de l'appareil
- écoulement de l'eau de la réserve dans le trou foré. Le niveau de l'eau monte alors jusqu'à atteindre le régulateur de niveau.

Mesure de la perméabilité

1°) phase d'imbibition

Pendant la phase d'imbibition d'une durée de 4 heures, la régulation de niveau est reliée à la réserve d'eau. Ce laps de temps de 4 heures correspond à une épreuve de la structure du sol par l'eau. On constate en effet que la perméabilité mesurée diminue plus ou moins en fonction des types de sol, mais que d'une façon générale la valeur mesurée se stabilise au bout de 4 heures.

2°) phase de mesure

En fin de la période d'imbibition de 4 heures on relie le régulateur de niveau à la cellule de mesure.

Dans les conditions suivantes (1) :

- diamètre du trou..... 15 cm
- hauteur d'eau régulée..... 15 cm
- temps de la phase de mesure.. 10 mm, la perméabilité (K) mesurée s'exprime par la formule :

$$K \text{ (mm/h)} = H \text{ (mm)} \times 0,45$$

H étant la baisse du niveau d'eau en mm dans la cellule

(1) La formule générale utilisée est la suivante :

$$Q = KS$$

avec Q = débit infiltré

K = coefficient de perméabilité

S = étant la section mouillée

N. B. : dans l'option "automatique", le système électronique effectue les deux phases ci-dessus en l'absence de l'opérateur

Annexe XV
(suite)

Utilisation de l'appareil pour des études d'assainissements autonomes

L'appareillage peut être utilisé lors d'études d'installations d'assainissements autonomes.

Le rejet des eaux après passage dans les appareillages autorisés (fosses septiques etc...) doit faire l'objet en priorité d'épandage souterrain à faible profondeur. La possibilité d'un tel épandage est essentiellement lié à deux caractéristiques du sol :

- 1) sa perméabilité que l'on peut appréhender par la mise en oeuvre de l'appareil ci-dessus,
- 2) la présence ou l'absence de nappe superficielle à faible profondeur en période hivernale. Un examen pédologique in situ des échantillons de sol remontés par la tarière lors du forage du trou de l'essai, permet de déceler ce risque.

En fonction de la connaissance de ces deux critères, on peut définir les modalités de rejet à mettre en oeuvre.

Interprétations des résultats (en matière d'évacuation d'eaux usées)

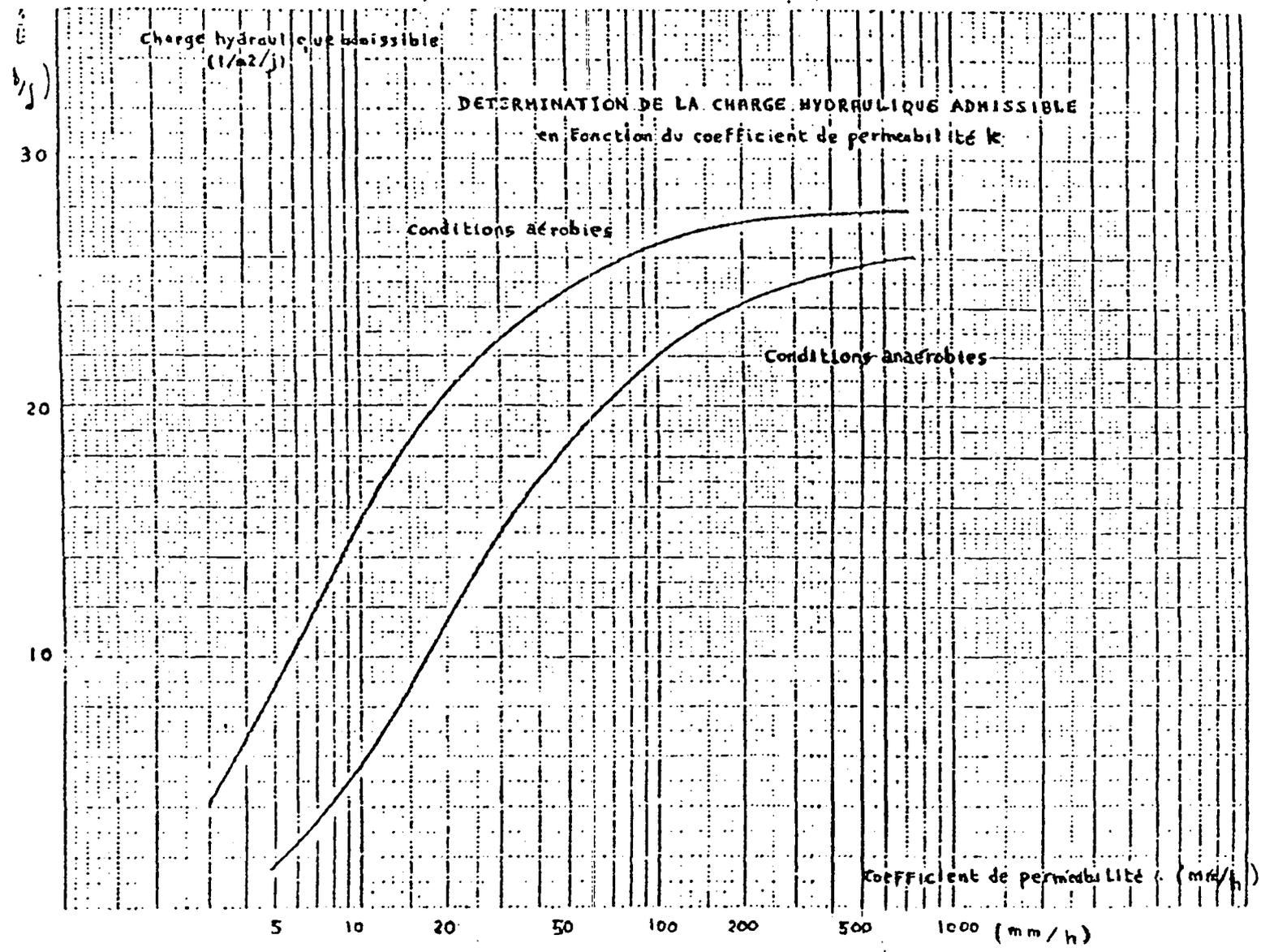
La charge hydraulique admissible donnée par l'abaque ci-jointe est à diviser par un coefficient $A = \frac{DBO + MES}{120}$ si ce rapport est supérieur à 1, ou égal à 1 dans le cas contraire.

Pour des effluents de fosse septique on prend $A = 2$

La superficie alors calculée à partir du nombre de litres admissibles par m² par jour est celle d'un épandage en lit filtrant. La longueur en mètres linéaires du même épandage en tranchée filtrante, est obtenue en divisant la surface du lit par 1,5

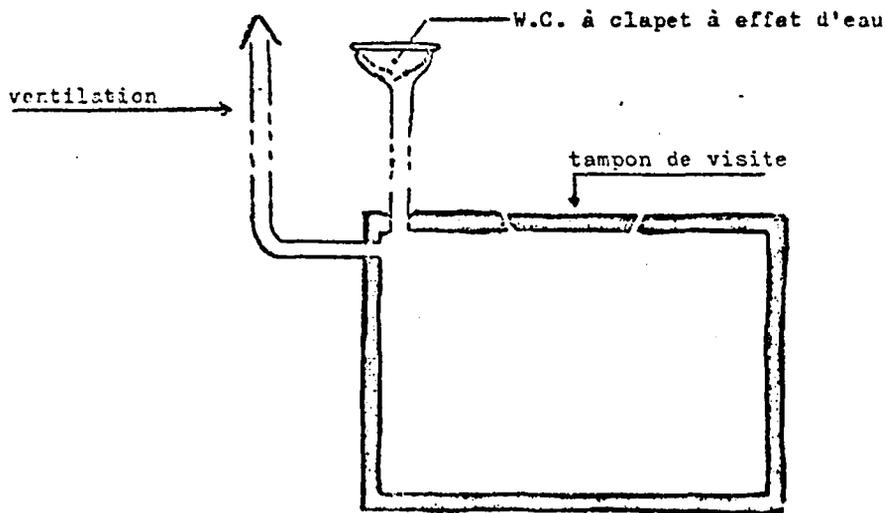
L'épandage est en condition aérobie à une profondeur de 50 cm. Au-delà de cette profondeur, il est en condition anaérobie.

N B. : La faisabilité de l'épandage est également fonction des caractéristiques propres au terrain (remontée d'eau - pente - vulnérabilité de nappes phréatiques). Ces caractéristiques sont à apprécier à partir des données pédologiques, géologiques et topographiques.



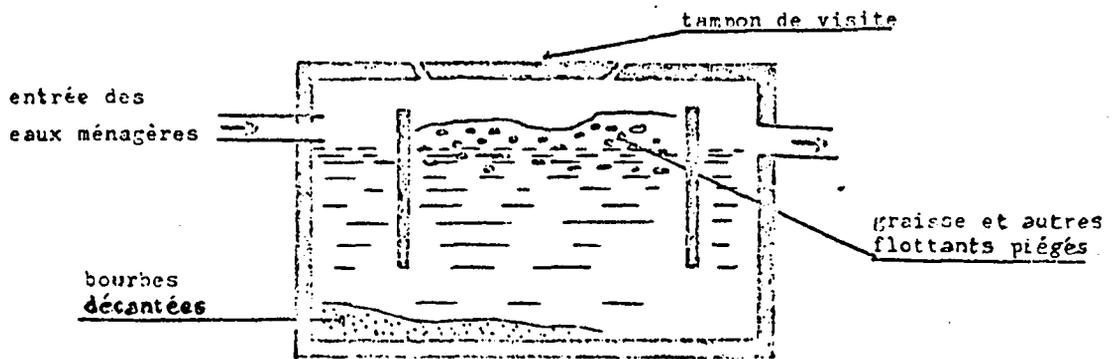
Annexe XVI

SCHEMA DE FOSSE ETANCHE
ET DE SAC DEBOURBEUR DEGRAISSEUR



FOSSE ETANCHE

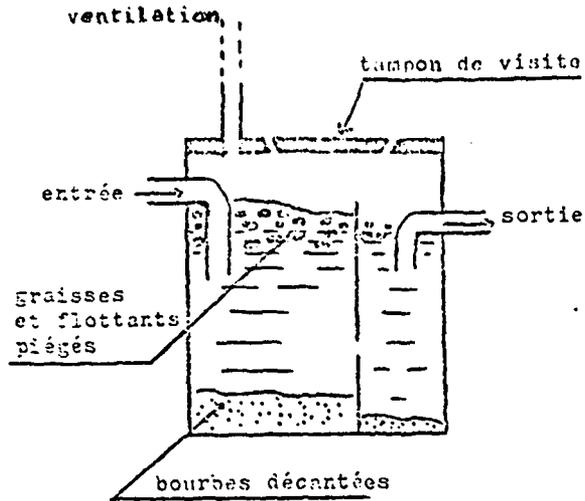
volume : 1 m³ par usager



SAC DEBOURBEUR DEGRAISSEUR

volume : 200 à 300 litres

Annexe XVII

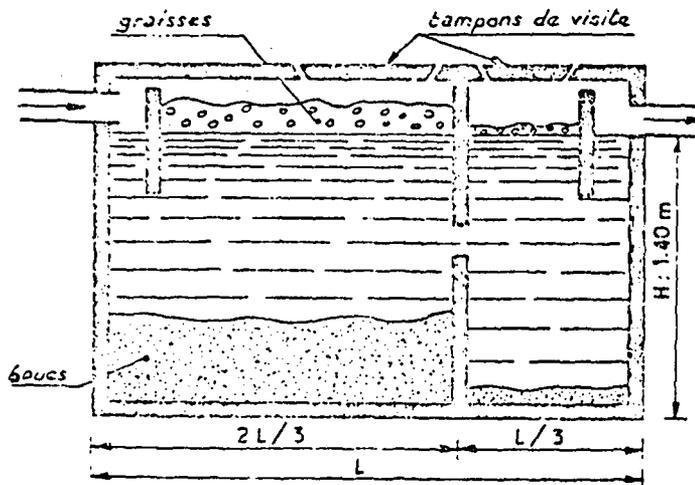


FOSSE SEPTIQUE
(eau de W.C. seulement)

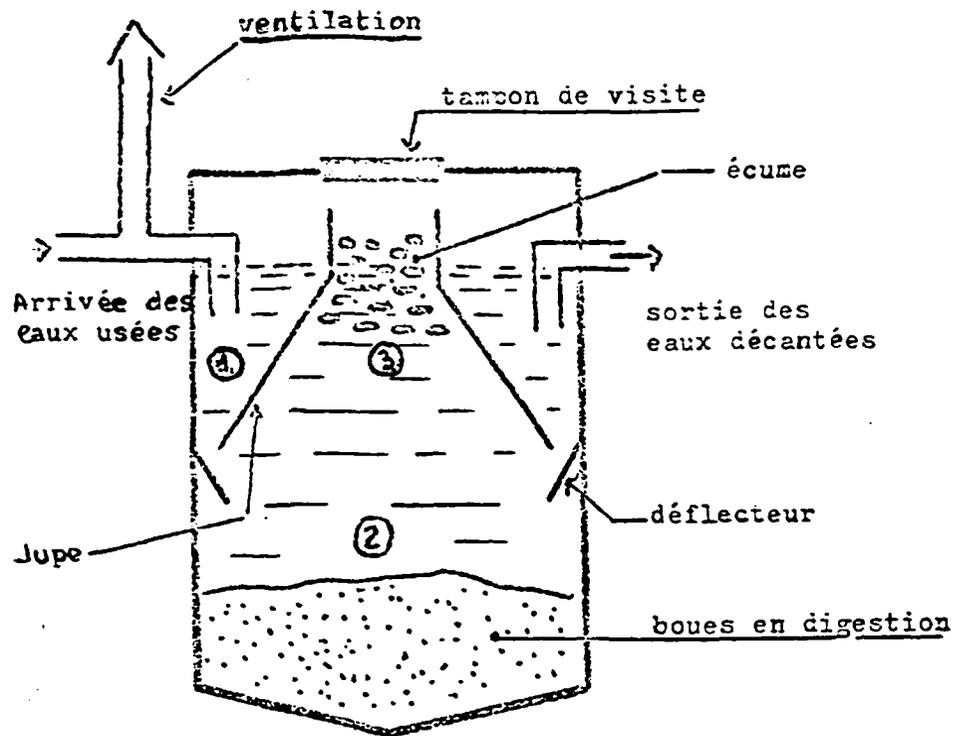
nombre d'usagers	volume
4	1 000 l
5	1 250 l
6	1 500 l

Annexe XVIII

FOSSE TOUTES EAUX



nombre d'usagers	volume
4	2 000 à 3 000 l
5	2 500 à 3 750 l
6	3 000 à 4 500 l



SCHEMA
DE
DECANTEUR DIGESTEUR

Annexe XIX

Les particules en suspension décantent dans le compartiment ① et glissant le long de la jupe, elles tombent dans le compartiment de digestion ②.

Le déflecteur empêche les remontées de gaz et d'écume dans le décanteur. L'écume va s'accumuler dans la zone des flottants ③.

Séminaire sur la technologie appropriée
pour l'assainissement en milieu rural

MOR/BSM 003

Rabat, ler-5 décembre 1980

EAU ET ASSAINISSEMENT PARMIS LES SOINS DE SANTE PRIMAIRES

par
M. Bennouna
Ingénieur sanitaire
Ministère de la Santé publique
Rabat, Maroc

SOMMAIRE

	<u>Page</u>
1. Introduction : Les soins de santé de base	91
2. L'eau et l'assainissement, éléments essentiels dans les soins de santé primaires	91
3. Conséquences	92
3.1 Des techniques scientifiquement valables	92
3.2 Des techniques accessibles et socialement acceptables	93
4. Conclusion	94
ANNEXE L'expérience du Ministère de la Santé publique du Maroc Méthode du pot simple	95

1. Introduction : Les soins de santé de base

L'expérience acquise en matière de services de santé développés dans le style classique dans certains pays et de services de santé de base développés dans d'autres pays a abouti à l'élaboration d'une nouvelle approche permettant de rendre les soins essentiels accessibles à tous. Cette nouvelle approche a été définie par la Conférence internationale sur les soins de santé primaires tenue à Alma Ata (URSS) en 1978. Cette conférence, en réaffirmant le droit de chaque individu à la santé, a désigné les soins de santé primaires comme étant le moyen indispensable pour réaliser l'un des principaux objectifs sociaux de la communauté internationale : "assurer à tous les peuples du monde d'ici l'an 2000 un niveau de santé qui leur permette de mener une vie socialement et économiquement productive".

Ces soins de santé primaires ont pour vocation de maîtriser les principaux problèmes de santé de la collectivité et englobent :

- des actions de promotion
- des actions de prévention
- des actions de soins curatifs
- des actions de réadaptation.

2. L'eau et l'assainissement, éléments essentiels dans les soins de santé primaires

La teneur de ces actions dépend du pays et de la collectivité. Ces soins primaires comprennent un certain nombre d'activités, parmi lesquelles deux actions de promotion et de prévention nous intéressent dans le cadre de ce séminaire :

- a) Promotion d'un approvisionnement convenable en eau saine
- b) Promotion de mesures d'assainissement de base.

L'eau et l'assainissement apparaissent donc comme deux éléments essentiels pour la réalisation de "la santé pour tous d'ici l'an 2000". L'importance sanitaire de ces deux éléments a d'ailleurs été amplement détaillée par M. Azizi dans sa conférence de la première journée de ce séminaire.

Vouloir dispenser ces deux soins de santé à toute la population, et en particulier à celle du milieu rural, qu'elle soit groupée ou dispersée, peut relever de l'utopie, si l'on pense en termes de l'eau qui coule du robinet et de la chasse d'eau avec le système du tout-à-l'égout.

Toutefois, la Conférence internationale tenue en 1977 à Mar del Plata (Argentine), a recommandé d'instaurer de 1981 à 1990 la Décennie internationale de l'eau potable et de l'assainissement avec comme objectif "la mobilisation de tous les efforts pour approvisionner en eau saine et doter de systèmes d'assainissement adéquats toutes les populations d'ici 1990". Cet objectif demande une nouvelle approche pour assurer à tous un niveau de service satisfaisant.

3. Conséquences

Envisagée sous l'angle des soins de santé primaires, la promotion de l'approvisionnement en eau saine et de l'assainissement doit être fondée sur : "la mise au point de méthodes et techniques scientifiquement valables et socialement acceptables, rendues universellement accessibles aux individus et aux familles au sein de la communauté, grâce à leur pleine participation, et à un coût que la communauté et le pays peuvent supporter à tous les stades de leur développement, et dans un esprit d'autoresponsabilité et d'autodétermination".

Autrement dit, le processus de planification du secteur prendra en considération l'élaboration de "technologies appropriées" et la participation effective de la population.

3.1 Des techniques scientifiquement valables

Une technologie appropriée ne signifie pas des techniques désuètes ou "de second ordre", mais des techniques fiables permettant de répondre aux objectifs fixés :

- Fournir une eau de boisson :
 - . d'accès facile
 - . en quantité suffisante
 - . exempte au moins de germes pathogènes et de substances toxiques.
- Fournir des systèmes d'évacuation des excréta :
 - . préservant le sol superficiel et les eaux de toute contamination empêchant l'accès des vecteurs aux excréta.

Exemples

a) Aménagement sanitaire d'un puits individuel ou collectif

- Emplacement en dehors de toute source de pollution
- Creusement du puits
- Revêtement du puits, étanche sur les 3 premiers mètres à partir du sol
- Margelle de 70 cm de haut, au-dessus du sol
- Plate-forme en béton avec déclivité vers l'extérieur et système de drainage
- Couvercle
- Système d'exhaure étanche (pompe manuelle)
- Système de désinfection.

Ces aménagements transforment un puits ordinaire en un système fiable d'approvisionnement en eau saine.

b) Construction d'un cabinet à fosse

Ce type de latrine bien placée par rapport à l'habitation et à la source d'approvisionnement en eau, bien conçue et exécutée, servira convenablement à emmagasiner et à isoler les excréta.

3.2 Des techniques accessibles et socialement acceptables

La détermination des techniques susceptibles d'être généralisées et acceptées suppose la participation effective de la population aux différents stades de la planification.

Il ne suffit pas de trouver les moyens financiers nécessaires à la réalisation des solutions techniques pour contribuer à l'amélioration de l'assainissement de base au niveau d'une collectivité, plus particulièrement lorsqu'il s'agit du milieu rural. En effet, toute collectivité rurale possède, en général, ses propres systèmes traditionnels d'approvisionnement en eau et d'évacuation des excréta (puits, citernes, oueds, ghdir, fosse, milieu extérieur). De même, des habitudes, des attitudes et des comportements se sont développés vis-à-vis de ces systèmes. "L'amélioration" que l'on conçoit et projette en tant que technicien constitue donc une modification plus ou moins révolutionnaire du mode de vie des populations dans sa globalité. Cette modification peut engendrer, de la part de la collectivité concernée, une résistance aux nouvelles pratiques se traduisant par le refus, l'indifférence ou l'acceptation par complaisance.

Il est évident que cette résistance inhibera tous les résultats escomptés d'un programme d'assainissement de base. De ce fait, la connaissance des caractéristiques sociales, culturelles, économiques, sanitaires de la population cible, et de ses aspirations, ses besoins, ses ressources disponibles et potentielles, est d'une grande utilité pour les planificateurs, afin de motiver la collectivité à participer pleinement à toutes les phases de la planification allant de :

- l'identification des problèmes, la formulation des objectifs, la détermination des stratégies, à
- l'identification des ressources, la planification des activités, et à
- la réalisation, la gestion et l'évaluation des actions.

Cette participation permet à la collectivité :

- de développer son sens des responsabilités à l'égard des programmes d'assainissement de base;
- de saisir l'utilité et l'incidence bénéfique de ces programmes;
- de choisir la solution qu'elle peut légitimer, accepter, réaliser, utiliser et protéger.

Elle permet aux planificateurs :

- d'identifier et de mobiliser les ressources locales existantes et potentielles (main-d'oeuvre, procédés locaux de construction, etc.) pour mettre au point des techniques à un coût abordable pour la collectivité;
- d'introduire de nouveaux comportements et habitudes, moyennant un programme continu d'éducation sanitaire pour l'utilisation judicieuse et l'entretien adéquat des installations du nouveau mode d'assainissement.

4. Conclusion

En conclusion, ces "prestations de soins" que sont l'eau et l'assainissement, façonnées pour et avec la collectivité éviteront de rencontrer ces situations malheureusement fort fréquentes en milieu rural :

- des systèmes mis en place, mais dont le taux de couverture reste faible;
- des systèmes fréquemment en panne, faute d'entretien régulier et de personnel qualifié;
- une absence de désinfection, faute d'un approvisionnement régulier en réactifs.

Enfin, l'éducation pour la santé doit dorénavant être une composante de base dans les programmes d'approvisionnement en eau et d'assainissement en milieu rural.

Annexe

L'EXPERIENCE DU MINISTERE DE LA SANTE PUBLIQUE DU MAROC

Le Ministère a eu souvent à entreprendre des actions dans le cadre de la prévention des maladies à transmission hydrique. L'une des actions est la désinfection des points d'alimentation en eau, particulièrement en milieu rural.

Un programme a été spécialement élaboré pour la surveillance des points d'eau dans les régions épidémiologiquement vulnérables, ce programme comprenant une composante éducative : sensibiliser les collectivités locales aux maladies liées à l'eau et à la nécessité de prendre, entre autres, des mesures de désinfection des points d'eau. Ce programme a contribué à réduire considérablement l'incidence des maladies à transmission hydrique pendant la saison critique.

L'auteur voudrait souligner une technique qui a été utilisée à grande échelle, sans prétendre la nommer comme une technologie appropriée. Il s'agit de la technique de désinfection par pot simple.

FICHE TECHNIQUE DE DESINFECTION DES PUIITS PAR POTS

METHODE A POT SIMPLE

1. Trouver au marché un pot en terre cuite de fabrication locale, d'une capacité de 10 litres environ, à grande ouverture.
2. Percer dans le fond du pot 6 à 8 trous d'un diamètre de 6 mm environ.
3. Remplir le pot sur une profondeur de 4 cm d'une couche de gros gravier de 1 à 2 cm de diamètre et ajouter une deuxième couche d'une profondeur de 4 cm de petits graviers de 0,5 à 1,0 cm de diamètre.
4. Mélanger 1,5 kg de chlorure de chaux avec 3 kg de sable gros et sec. Verser le mélange dans le pot.
5. Remplir le pot avec du gros gravier jusqu'à l'ouverture, qui doit être bouchée.
6. Attacher une corde au pot pour le tenir immergé à 1,5 m environ au-dessous de la surface de l'eau du puits. Fixer la corde à un clou dans la margelle, de façon que cette corde soit à une portée facile.

NOTE

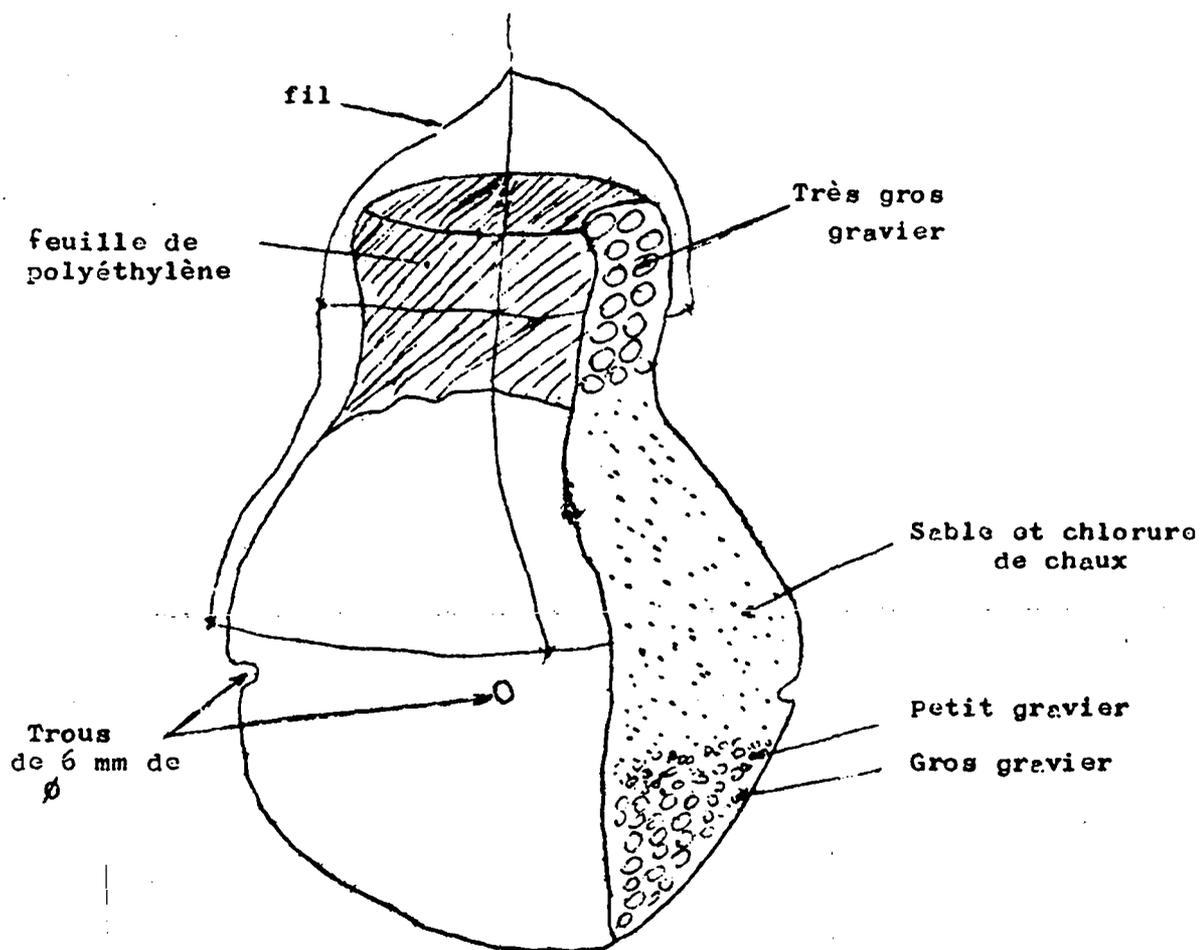
Pour un puits desservant 40 à 60 personnes par jour (9000 à 13000 litres d'eau dans le puits) le pot fournira 0,2 mg/l de chlore pendant 2 semaines.

Il sera nécessaire de tenir deux pots immergés, dans le cas d'un puits d'une plus grande capacité.

En appliquant cette méthode, le taux de chlore résiduel nécessaire ne se formera qu'après un ou deux jours, mais en période d'urgence, il est indispensable d'avoir une désinfection rapide et immédiate. Pour ce faire, il faudra verser une quantité suffisante de chlorure de chaux directement dans le puits immédiatement après l'immersion du pot.

Annexe
(suite)

LE DIFFUSEUR DE CHLORE (Pot simple)



Caractéristiques :

- Capacité : 10 litres
- Nbre de trous : 6 à 8 de 6 mm de ϕ
- Sable + chlorure de chaux : 3 kg + 1,5 kg à déposer sur une couche de gros gravier de 4 cm (ϕ : 1 à 2 cm) et de petits graviers de 4 cm (ϕ : 0,5 à 1 cm) et de très gros graviers jusqu'à l'ouverture.

Séminaire sur la technologie appropriée
pour l'assainissement en milieu rural

MOR/BSM 003

Rabat, 1er-5 décembre 1980

EVACUATION DES EXCRETA EN MILIEU RURAL
SOLUTIONS POUR LE MAROC

par
El-Madani Belkhadir
Professeur à l'Ecole Mohammadia d'Ingénieurs
Rabat, Maroc

PREAMBULE

L'objectif de cette intervention est de montrer, d'une part, que l'évacuation saine des excréta humains est une action prioritaire à entreprendre en matière de prévention sanitaire et, d'autre part, que les latrines traditionnelles, moyennant de légères modifications, constituent une solution appropriée pour le milieu rural marocain.

Pour présenter cet exposé, le plan suivant a été adopté :

SOMMAIRE

	<u>Page</u>
1. Introduction	99
2. Problèmes posés par l'évacuation des excréta	99
3. Le rôle des excréta dans la propagation des nuisances et des maladies	100
3.1 Odeurs	100
3.2 Propagation de maladies	101
4. L'évacuation des excréta - Systèmes existants	101
5. Les latrines traditionnelles au Maroc	103
6. Structure des latrines utilisées au Maroc	108
6.1 Abri	108
6.2 Fosse	108
6.3 Sièges	108
7. Conclusion et discussion	108

1. Introduction

L'amélioration des conditions de vie en milieu rural est une nécessité à la fois affective, économique et sociale.

Affective d'abord, parce qu'environ les 2/3 de la population marocaine vivent en milieu rural. Cela veut dire que la majorité d'entre nous, sinon tous, nous avons des attaches à la campagne, soit parce que nous y vivons, soit parce que nos parents ou notre proche famille y vivent, et de ce fait nous sommes sensibles à toute amélioration des conditions de vie en milieu rural.

Economique ensuite, parce que le Maroc est un pays à vocation agricole, où l'activité économique est essentiellement basée sur l'agriculture et sur l'industrie agro-alimentaire. Améliorer les conditions de vie du monde rural revient à améliorer le rendement d'un système de production primordial.

Sociale enfin, parce qu'environ 200 000 personnes quittent chaque année la campagne pour venir à la ville, augmentant ainsi le nombre de chômeurs et aggravant la crise du logement en milieu urbain. Cette migration des ruraux vers la ville (phénomène connu sous le nom d'exode rural) s'explique par un certain nombre de besoins. On quitte la campagne pour chercher : un système d'éducation adéquat pour ses enfants; du travail; des éléments de confort (eau et électricité) ou de distractions (cinéma, théâtre, télévision, cafés, etc.); ou parfois seulement pour s'approcher d'un centre de soins ou pour retrouver la santé, une santé de plus en plus menacée, car les risques de maladie sont plus grands du fait que les sources d'approvisionnement en eau de boisson sont de plus en plus polluées.

Arrivés en ville, la plupart de ces ruraux s'accumulent dans des "bidonvilles", où le risque d'attraper des maladies infectieuses est bien plus grand qu'à la campagne. Mais retourner à la campagne est considéré comme un échec.

2. Problèmes posés par l'évacuation des excréta

Les excréta humains présentent un aspect désagréable, ils constituent un danger pour la santé publique et leur évacuation est généralement entourée de tabous.

Au Maroc, la défécation est perçue comme un acte honteux; on n'en parle pas dans les familles et les mots qui désignent cet acte ne sont presque jamais prononcés : on dit "je sors". En général, la défécation est faite aux bords de chemins peu fréquentés, sous des arbres ou près de maisons abandonnées, dans des endroits bien à l'abri des regards indiscrets.

Avant de parler de la composition des excréta et de leur rôle dans la propagation des nuisances, on pourrait répondre à un argument qu'on ne manque pas d'entendre lorsqu'on essaie de parler de l'évacuation des excréta : "parler d'excréta, comme si nos ancêtres ne déféquaient pas". Ceci revient à poser les deux questions suivantes : pourquoi les excréta? et pourquoi maintenant?

1) Parce que la corrélation entre maladie et excréta n'a été scientifiquement établie que depuis un siècle et demi et que cette corrélation n'est pas encore perçue par tous, puisque nombreux sont ceux qui considèrent que la maladie est une épreuve du ciel.

2) Aujourd'hui, le problème se pose avec plus d'acuité que naguère; en effet, l'accroissement de la population mondiale et de la production d'excréments qui en résulte rend plus fréquentes les rencontres homme-germes pathogènes. En l'absence de système d'assainissement adéquat, la maladie est plus probable aujourd'hui que par le passé.

3. Rôle des excreta dans la propagation des nuisances

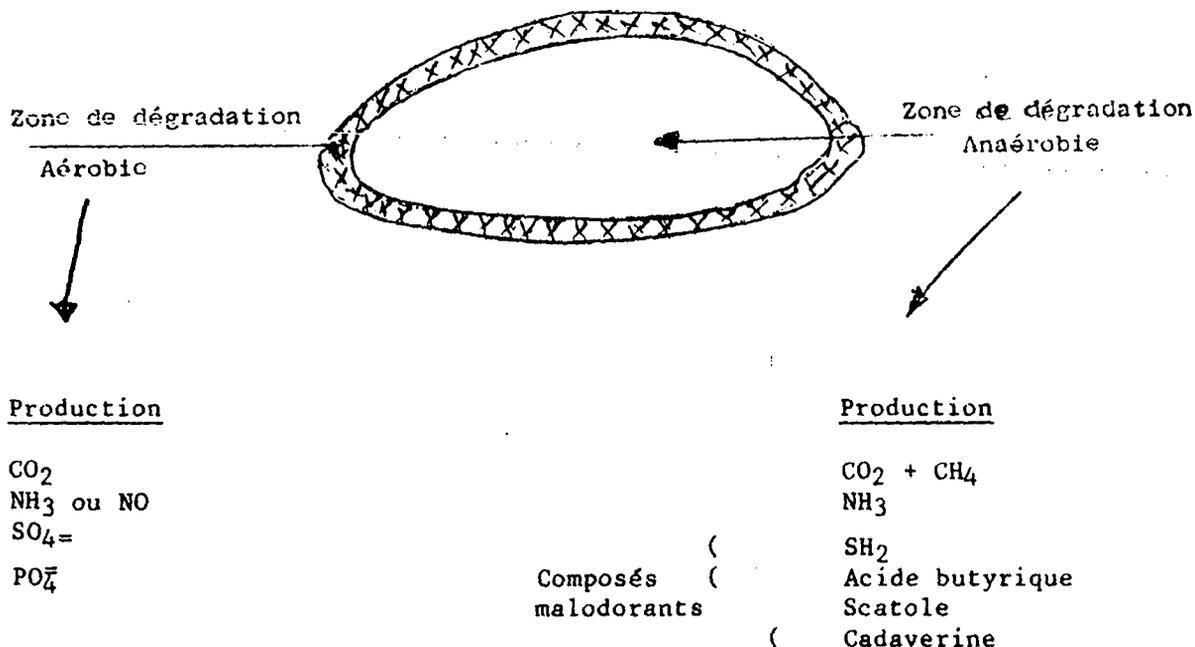
L'analyse sommaire des matières fécales montre que celles-ci renferment :

- de la matière organique non vivante, riche en protéines;
- de la matière organique vivante se présentant sous forme d'une multitude de microorganismes tels que : virus, bactéries, levures, protozoaires et autres parasites. Le nombre de microorganismes par gramme de matières fécales se chiffre par milliards. Une bonne proportion de ces microorganismes est pathogène pour l'homme ou pour des animaux.

Quand elles ne sont pas immédiatement mangées par des chiens affamés, les matières fécales sont génératrices d'un certain nombre de nuisances telles que la production de mauvaises odeurs et la propagation de maladies infectieuses.

3.1 Odeurs

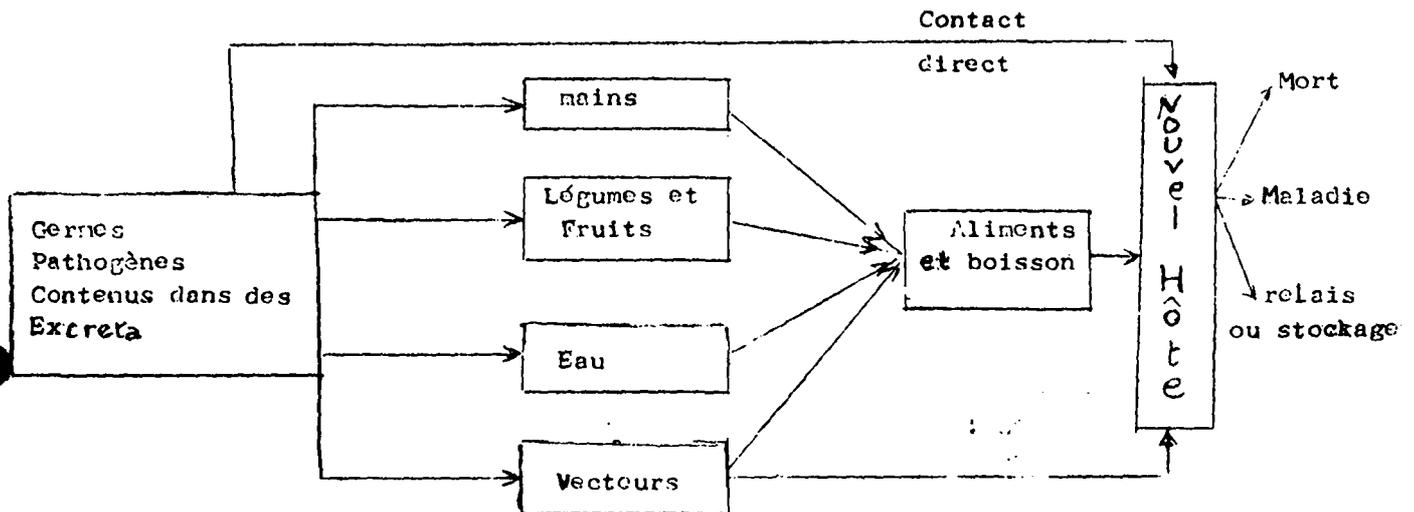
Les matières fécales renferment de la matière organique biodégradable et des microorganismes variés et, par conséquent, dès qu'elles sont déposées elles commencent à se décomposer. Cette décomposition se fait presque toujours simultanément en aérobie et en anaérobie, comme le montre la figure suivante :



Si la digestion aérobie conduit à des produits de dégradation pratiquement inodores et inoffensifs, la digestion anaérobie, par contre, conduit à la production de produits malodorants et toxiques.

3.2 Propagation de maladies

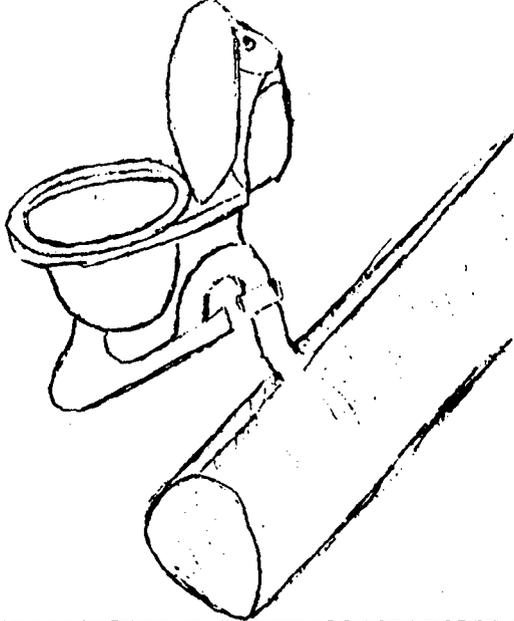
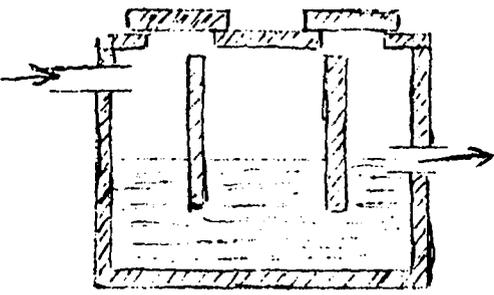
Les germes pathogènes contenus dans les matières fécales d'un malade ou d'un porteur sain peuvent atteindre un nouvel hôte et l'infecter, soit directement, soit par l'intermédiaire d'aliments ou de boissons contaminés, ou encore par l'intervention de vecteurs, comme le montre la figure suivante :



On peut remarquer que la propagation de maladies infectieuses peut être arrêtée par une évacuation sûre des matières fécales.

4. Evacuation des excreta - Systèmes existants

Selon qu'ils font, ou non, intervenir l'utilisation de l'eau et selon qu'ils nécessitent un moyen de transport ou que l'évacuation est faite sur place, les systèmes d'évacuation des excreta peuvent être classés en quatre catégories selon le schéma suivant :

	SYSTEMES AVEC EAU	SYSTEMES SANS EAU
AVEC TRANSPORT	<p>Tous les systèmes munis d'une chasse d'eau et reliés à un réseau d'égouts</p>  <p>A line drawing showing a toilet with its lid up, connected to a large pipe that runs diagonally downwards and to the right, representing a sewer network.</p>	<p>les latrines àseau</p>  <p>A line drawing of a bucket latrine, consisting of a shallow circular basin on top of a larger bucket with a handle.</p>
SANS TRANSPORT	<p>Les cabinets munis d'une chasse d'eau, mais reliés à une : fosse septique, fosse à eau ou fosse Imhoff.</p>  <p>A cross-sectional diagram of a septic tank. It shows a rectangular tank with a floating cover on top. Two vertical pipes enter and exit the tank. Arrows indicate the flow of water into and out of the tank.</p>	<p>Latrines à tranchée latrines à compost Latrines traditionnelles à fosse</p>

Il est évident que les systèmes qui utilisent l'entraînement des excréta par l'eau ne constituent pas une solution envisageable pour la plus grande partie du milieu rural marocain.

Comme on l'a mentionné plus haut, celui-ci est caractérisé par un habitat dispersé où les foyers sont situés à plusieurs centaines de mètres du point d'eau le plus proche. Dans des zones où l'eau usée est réutilisée pour abreuver les animaux domestiques, les systèmes consommateurs d'eau sont donc à proscrire.

Les cabinets à seau sont très utilisés dans les bidonvilles, notamment Ben M'sik, à Casablanca. Dans ce bidonville, les habitants n'ont pas le droit de creuser des fosses au sein de leur foyer. La plupart ont aménagé un abri où ils recueillent dans un seau les excréments de tous les membres de la famille. Ces seaux sont vidés une ou deux fois par jour dans des latrines collectives se trouvant à des distances allant de 10 à plus de 100 mètres du foyer.

Les cabinets à seau sont d'un usage courant dans de nombreux pays où la population croît au pouvoir fertilisant des excréta. En Chine, le contenu des seaux est collecté puis acheminé vers des stations de compostage.

Au Maroc, la tendance générale est de croire que les excréments sont des matières malsaines, nuisibles ou dangereuses; on a donc hâte de s'en débarrasser. Les cabinets à seau ne semblent pas convenir au milieu rural marocain.

La solution au problème de l'évacuation des excréta humains en milieu rural doit incontestablement faire appel à un système qui ne nécessite ni transport, ni eau.

Divers systèmes d'évacuation d'excreta appartenant à toutes les catégories décrites ci-dessus sont largement décrits dans la littérature spécialisée. Pour la catégorie "Assainissement sans eau", on peut citer les trois documents suivants :

- Wagner, E.G. & Lanoix, J.N., Evacuation des excréta dans les zones rurales et les petites agglomérations, Organisation mondiale de la Santé, série de monographies No.39, Genève 1960, 196 pages, format 24 x 16.
- Windblad, U., Sanitation without water, ISBN 91 7260 187 6, 116 pages, format A4.
- Lanoix, J.N. & Roy, M.L., Manuel du technicien sanitaire, OMS, Genève 1976, 193 pages, format 21 x 28.

5. Les latrines traditionnelles au Maroc

On peut tout d'abord constater qu'il y a une différence fondamentale entre posséder et utiliser une latrine. Ainsi, dans les régions de la Chaouia et de Doukkala, si la population qui utilise la latrine ou un système convenable pour l'évacuation des excréta représente moins de 2% de la population totale, la proportion des foyers disposant d'un cabinet de toilette atteint 20% et la tendance est en hausse.

Les latrines sont là, la plupart des familles rencontrées pensent qu'il est indispensable d'avoir une latrine dans son foyer, et ceux qui n'en ont pas pensent en creuser une dès que possible; mais malheureusement, cette prise de conscience n'est pas motivée par des raisons sanitaires. On construit des latrines pour les femmes et les enfants et pour les proches parents qui viennent de la ville et ne savent plus prendre leurs aises dans la nature.

Certaines latrines sont en service depuis plus de 20 ans, mais compte tenu de l'incertitude sur le taux de fréquentation, il est difficile de dégager des données pour le dimensionnement de nouvelles latrines. Il semble toutefois possible de recueillir des données plus précises non pas à la campagne, mais en ville et plus précisément dans certains bidonvilles comme Hay Mohammadi à Casablanca. Ce quartier constitue un échantillon représentatif des coutumes et habitudes de la population marocaine dans le domaine de l'évacuation des excréta.

Dans la région de Settat, où la population a l'habitude de creuser des fosses à grains, la plupart des latrines utilisées sont des latrines à fosse. Les fosses des latrines sont semblables aux fosses à grains (Figure I). Ces fosses sont utilisées selon deux principes :

- surmontées d'un plancher et d'un siège, elles reçoivent directement les excréta (Figure II), ou
- reliées à un cabinet à siphon hydraulique, elles reçoivent les excréta entraînés par de l'eau de toilette ou de l'eau résiduaire ménagère (Figure III).

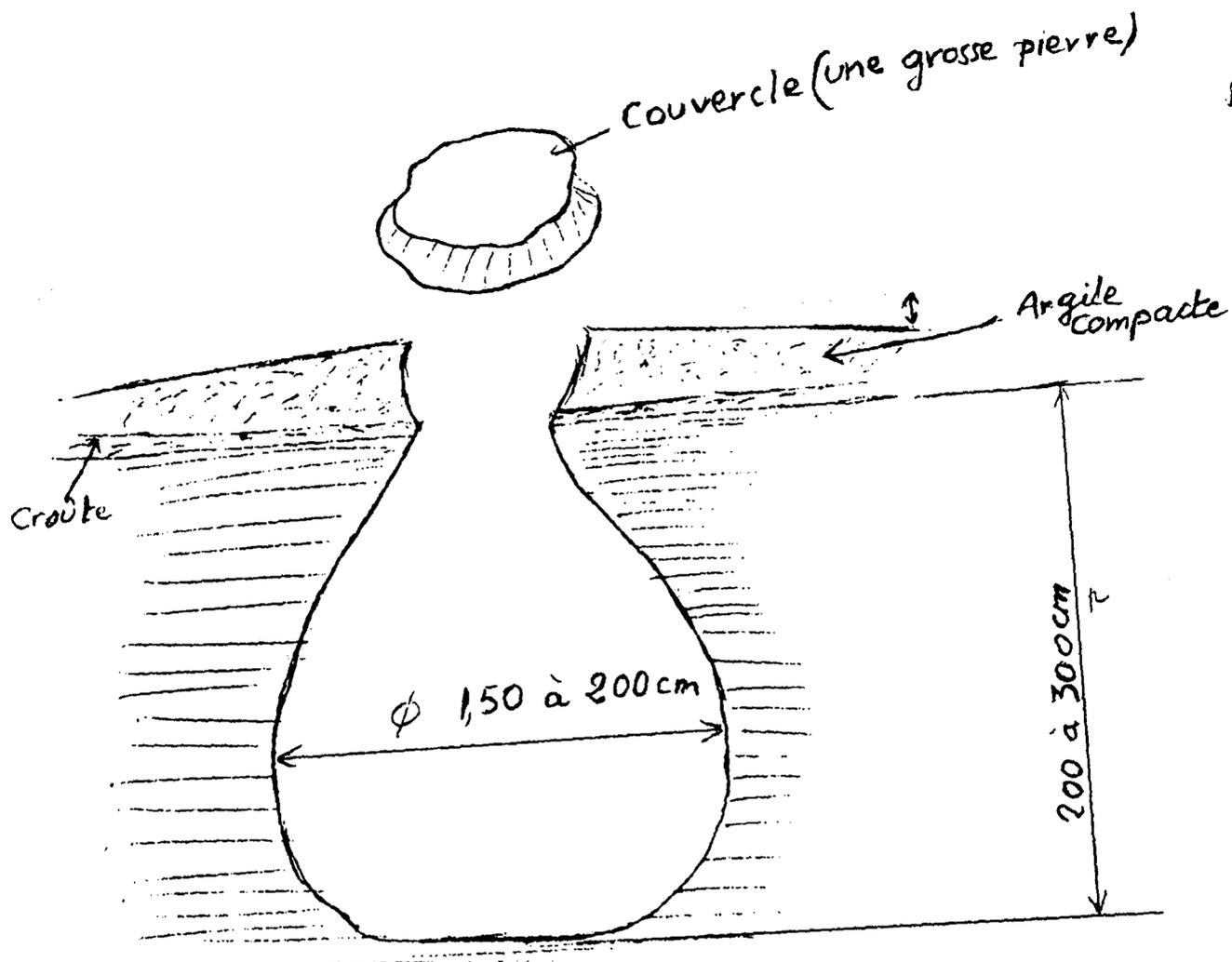


FIG. I
Fosse à grains

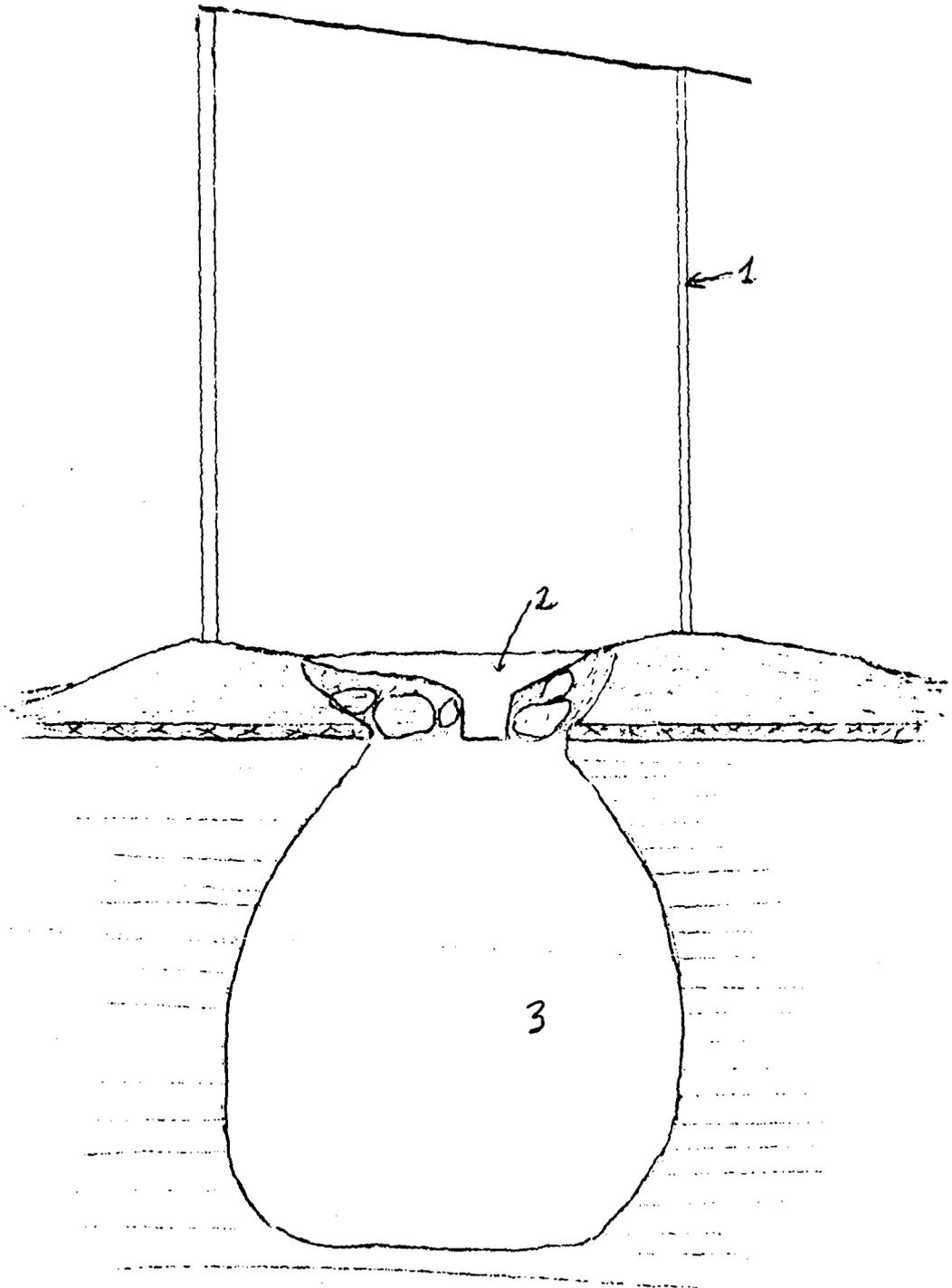
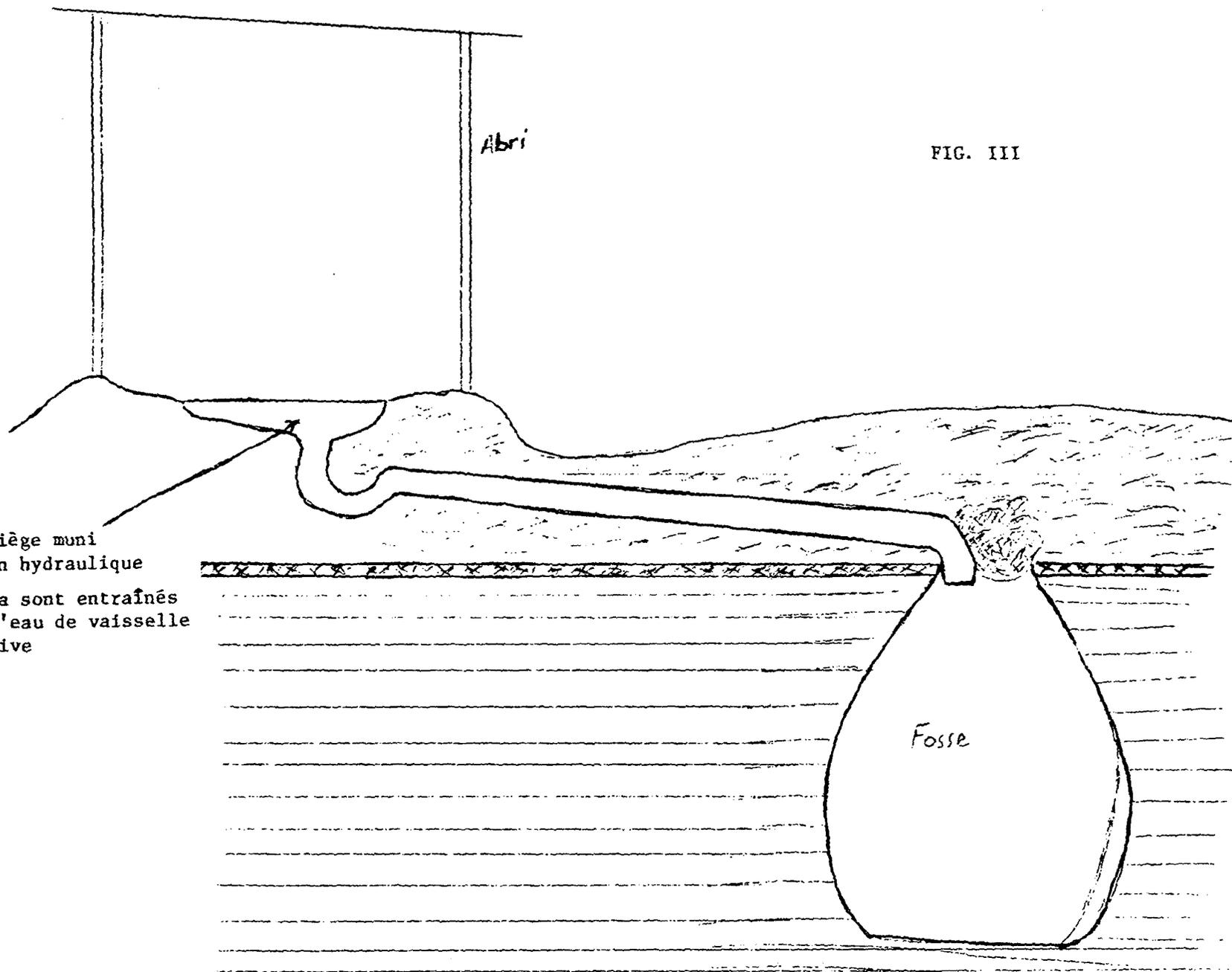


FIG. II

Coupe schématique d'une latrine utilisée en milieu rural
(au Maroc)

1. l'abri (il est de forme variée)
2. Le siège ou dalle
3. Fosse du type "fosse à grain"

Dalle ou siège muni
d'un siphon hydraulique
Les excreta sont entraînés
à l'aide d'eau de vaisselle
ou de lessive



Abri

FIG. III

Fosse

6. Structure des latrines utilisées au Maroc

La structure générale des latrines utilisées est analogue à celle décrite dans les ouvrages spécialisés précédemment cités. On trouve toujours les trois éléments principaux suivants : un abri, une fosse et une dalle ou siège.

6.1 Abri

On trouve des abris de formes et de dimensions variables :

- nouala : hutte en osier et paille
- haouch : enceinte murale sans toit
- salle d'eau composée de quatre murs et d'un toit.

Les matériaux utilisés pour la construction des murs varient selon les régions et les moyens de l'habitant : pierres et argile - argile - briques - panneaux de bois - branchages. Les toits utilisent également des matériaux différents : tôle ondulée, planches et charpentes en bois, branches d'arbre et osier, etc.

Quels que soient la forme et les matériaux utilisés, ces abris peuvent être considérés comme satisfaisants.

6.2 Fosse

La fosse utilisée est généralement du type fosse à grains (Metmoura). C'est une forme courante utilisée depuis plusieurs générations et réputée pour son étanchéité et sa solidité.

Ces fosses conviennent parfaitement pour l'évacuation des excréta, d'autant plus que la plupart du temps, on n'a pas besoin d'en creuser, étant donné qu'il suffit de récupérer une vieille fosse à grains. D'une manière générale, il n'y a plus suffisamment de grain à stocker.

6.3 Sièges

Il sont également de formes très variées et vont, selon les moyens, du simple trou aménagé dans le plancher à des sièges de formes hautes, dont le "confort" et l'aspect esthétique dépassent largement ceux des sièges rencontrés en ville.

La construction des latrines ne pose donc aucun problème de savoir-faire ou de technologie. Le handicap réside dans l'absence d'un système d'aération de la fosse, dans le choix du site et dans le manque de sensibilisation de la population pour une utilisation par tous de ces latrines.

7. Conclusion

Si pour des raisons économiques, il paraît difficile de livrer à tous de l'eau à domicile d'ici 1990, il est fort possible - et indispensable pour des raisons sanitaires - d'assurer la salubrité des points d'approvisionnement en eau de boisson par l'aménagement de plates-formes de protection autour de ces points et par l'évacuation correcte des excréta humains, évitant ainsi la contamination fécale de l'eau de boisson.

Pour l'évacuation des excréta, des solutions adaptées à chaque situation existent. Pour l'instant, la population a tendance à aménager des latrines pour "les hôtes venant de la ville" et il paraît intéressant d'encourager, dans une première étape, cette tendance. Dans une deuxième étape, et par un plan d'éducation sanitaire, il conviendra d'inciter la population à utiliser systématiquement les latrines.

Séminaire sur la technologie appropriée
pour l'assainissement en milieu rural

MOR/BSM 003

Rabat, 1er-5 décembre 1981

TECHNOLOGIE APPROPRIÉE POUR L'ASSAINISSEMENT RURAL¹

par
E. Giroult
Fonctionnaire régional pour les Mesures
d'Assainissement de Base
Bureau régional de l'OMS pour l'Europe

¹ En l'absence de M. Giroult, M. Nejjar a donné lecture du présent exposé.

SOMMAIRE

	<u>Page</u>
1. Définitions	113
2. Le problème à résoudre	113
3. Etudes de référence	114
4. Contraintes pesant sur la définition d'une technologie appropriée	115
4.1 Contraintes géographiques	115
4.2 Contraintes techniques	116
4.3 Contraintes humaines	116
4.4 Contraintes économiques et financières	117
5. Classification des dispositifs d'assainissement sans égout	117
5.1 Dispositifs in situ du type "latrine rurale"	117
5.2 Dispositifs à fosse sans séparation liquide/solide	117
5.3 Dispositifs à séparation liquide/solide	118
6. Etude comparative des différents dispositifs	118
7. Conclusion	118

1. Définitions

De nombreuses définitions ont été données concernant la démarcation entre les notions d'urbain et de rural; vu leur tendance à ne pas concorder entre elles et pour la commodité du présent exposé, nous qualifierons l'assainissement rural comme tout procédé autre que le tout-à-l'égout classique.

Une définition compliquée a été donnée de l'expression "technologie appropriée" au niveau des organes dirigeants de l'OMS. Nous dirons plus simplement que les "technologies appropriées" englobent tous les procédés techniques adaptés à des conditions particulières de terrain, c'est-à-dire au contexte géologique et climatique, et voire sociologique, compte tenu des disponibilités réelles en ce qui concerne les matériaux de construction et la main-d'oeuvre, ainsi que des problèmes ultérieurs de gestion et d'entretien, et ajustés aux possibilités économiques et financières des populations en cause ainsi qu'à leur culture et à leurs habitudes sociales. De plus, il va de soi que la "technologie appropriée" doit répondre aux objectifs fondamentaux du secteur auquel elle s'applique.

2. Le problème à résoudre

Du point de vue de la santé, il est nécessaire, pour limiter la propagation des maladies contagieuses et spécialement des maladies entériques, ces dernières constituant la principale cause de la mortalité infantile, d'éloigner du contact humain les excréta humains et d'en organiser la fermentation dans des conditions qui ne favorisent pas la prolifération des germes pathogènes qui y sont éventuellement contenus.

Le procédé longtemps considéré comme le meilleur est le "tout-à-l'égout". On doit cependant se rappeler qu'étymologiquement, la raison d'être de l'égout était l'évacuation des eaux de pluie en zone urbaine et que ce n'est que par la suite que l'égout a été utilisé pour l'évacuation en milieu hydrique des déchets et spécialement des excréta humains. Au demeurant, la rentabilité de l'égout est liée au coût de l'eau qui y circule. Si cette eau provient de la pluie ou d'une rivière détournée de son cours, le procédé est intéressant, mais s'il s'agit d'une eau potable, le procédé devient coûteux. En tout état de cause, un débit suffisant est nécessaire au fonctionnement de l'égout; or ce débit est assuré soit par des pluies régulières, soit par une consommation d'eau potable importante, qui se traduit à son tour par le rejet dans l'égout d'une quantité considérable d'eaux usées.

Le premier inconvénient de l'égout réside donc dans le fait qu'il nécessite un débit d'eau important, lié à une pente suffisante. Son second inconvénient est son coût de construction, qui est fonction de l'étendue de la superficie assainie. Il faut donc que la densité d'habitants à l'hectare soit suffisamment élevée pour rentabiliser la construction d'un réseau d'égout. Enfin, le troisième inconvénient majeur de l'égout est la production d'eaux usées plus difficiles à épurer; en effet, l'épuration des eaux usées se fonde sur le principe de la séparation des solides (ou boues) du liquide clarifié et du traitement séparé des boues et de l'effluent clarifié. On simplifie ce traitement en évitant de mélanger les eaux usées; par exemple, dans les fosses septiques, on cherche à séparer les eaux grises des eaux noires (ou eaux-vannes). Dans les égouts, au contraire, toutes les eaux usées se trouvent mêlées.

On peut donc provisoirement conclure que le "tout-à-l'égout" ne représente la meilleure solution que lorsque les conditions suivantes sont réalisées :

1. La consommation d'eau individuelle est élevée. Cela suppose un niveau de vie suffisant pour les consommateurs. L'expérience de l'auteur du présent exposé situe aux alentours de 80 à 100 litres d'eau par habitant et par jour la consommation moyenne minimum d'eau potable au-dessous de laquelle la construction d'égouts ne doit pas être envisagée.

2. La densité d'habitat est suffisamment élevée. Le procédé n'est donc applicable qu'aux zones urbaines peuplées. L'expérience de l'auteur situe entre 100 et 150 habitants à l'hectare, suivant le niveau de vie, la densité minimale d'habitat au-dessous de laquelle la construction d'égouts ne doit pas être envisagée. Il convient cependant de noter qu'une topographie suffisamment en pente et un régime de pluies régulières peuvent abaisser jusqu'à une densité limite de 75 habitants à l'hectare la rentabilité d'un réseau d'égouts unitaires.

3. Les conditions inhérentes au site sont telles que le traitement des eaux usées n'est pas nécessaire ou peut être assuré commodément et à bon compte.

Lorsque toutes ces conditions ne sont pas réunies, il faut trouver un autre procédé d'assainissement que le "tout-à-l'égout"; cela constitue le problème à résoudre.

3. Etudes de référence

Le sujet étant d'actualité, il a fait l'objet de plusieurs travaux récents :

3.1 La Banque mondiale a lancé un projet de recherche intitulé "technologie appropriée pour l'alimentation en eau et l'évacuation des déchets dans les pays en voie de développement", dont le directeur était le Professeur Charles Gunnerson. Les résultats de ce projet sont résumés dans le rapport de la Banque mondiale intitulé "Public Utilities Report No. RES 20 (February 1979 - Appropriate Technologies for Water Supply and Sanitation in Developing Countries)".

Pour plus de détails, il faut se reporter à la série de publications issues de ce même projet :

- Volume I Appropriate Sanitation Alternatives: Technical and Economic Appraisal;
- Volume II Appropriate Sanitation Alternatives: A Field Manual;
- Volume III Health Aspects of Excreta and Sullage Management; a State of the Art Review and Annotated Bibliography;
- Volume IV Low Cost Technology Options for Sanitation: a State of the Art Review and Annotated Bibliography;
- Volume V Socio-Cultural Aspects of Water Supply and Excreta Disposal;
- Volume VI Country Studies in Appropriate Sanitation Alternatives;
- Volume VII Low Cost Design for Water Distribution Systems.

L'auteur du présent exposé est d'avis que ces documents sont excellents, quoique l'interrélation entre l'évacuation des déchets, d'une part, et l'évacuation des eaux de pluie, d'autre part, ne soit pas suffisamment développée.

3.2 Une autre publication intéressante a été préparée par le Centre de Recherche international pour le Développement, Ottawa (Canada), sous le titre "Low Cost Technology, Options for Sanitation" (A State of the Art Review and Annotated Bibliography, by W. Rybczynski, C. Polpreasert and M. McCarry). Ce livre est également disponible en français, mais il a perdu une partie de son intérêt, car la plupart des données qui y sont contenues sont reprises dans les publications de la Banque mondiale citées ci-dessus.

3.3 L'Agence danoise pour le Développement (DANIDA) a financé une très bonne étude des Professeurs J. Hansen et H. Therkelsen, du Département de Génie sanitaire de l'Université technique de Lyngby (Danemark), intitulée : "Alternative Sanitary Waste Removal Systems for Low-income Urban Areas in Developing Countries". Cette publication est particulièrement intéressante en ce qui concerne les avantages et inconvénients de différents types d'édicules publics dans les grandes villes d'Afrique tropicale.

3.4 L'OMS n'a rien publié récemment sur le sujet examiné ici, mais de nombreux éléments de la publication ancienne : "Assainissement des zones rurales et petites localités", par Wagner et Lanoix, OMS/Genève, 1958, restent valables.

3.5 Une conférence internationale, financée par le Ministère britannique du Développement Outre-Mer, s'est tenue à Oxford (Angleterre) sur ce même sujet, du 5 au 9 juillet 1977, et les exposés qui y ont été présentés sont publiés par l'Institut Ross d'Hygiène tropicale sous le titre "Sanitation in Developing Countries". Les communications les plus intéressantes qui y sont contenues sont relatives à la technologie de différents types de latrines rurales.

3.6 En France, le Ministère de la Coopération a fait préparer par le Bureau central d'Etudes pour les Equipements Outre-mer (BCEOM), en 1968, un Manuel sur l'Assainissement rural, disponible en français au BCEOM, Square Max Hymans, Paris 15ème.

3.7 L'Agence suédoise pour le Développement (SIDA) a publié un ouvrage "Sanitation without Sewers" (l'assainissement sans égout) par U. Winblad, W. Kilama et K. Torstensson, qui ne concerne pas la notion de "technologie appropriée", mais celle d'assainissement rural.

3.8 Enfin, nous rappellerons aussi le compte rendu, publié par l'Institut de Génie de l'Environnement de Lausanne (Suisse), sur la réunion interétatique des responsables gouvernementaux de l'approvisionnement en eau et de l'assainissement en milieu rural tenue à Ouagadougou (Haute-Volta) du 6 au 10 décembre 1976.

4. Contraintes pesant sur la définition d'une technologie appropriée pour l'assainissement rural

4.1 Les contraintes géographiques

Il s'agit du climat, de la géologie, du type d'habitat et des bases de l'économie agricole.

4.1.1 Parmi les paramètres climatologiques, c'est la pluviométrie qu'il faut considérer tout d'abord, du fait de l'interrelation entre les ressources hydriques et l'assainissement, notamment dans les zones urbaines périphériques, où l'évacuation des eaux pluviales ne peut se faire naturellement comme dans les zones proprement rurales, mais nécessite au moins le creusement de fossés de drainage qui peuvent éventuellement contribuer à l'évacuation des déchets. La température intervient, de son côté, dans la conception des latrines et la nécessité de les surmonter d'un abri. La topographie a son importance, l'existence de pentes assez fortes facilitant l'évacuation des déchets. Enfin, l'humidité joue un rôle dans la mesure où elle favorise la reproduction d'insectes qui contaminent aussi les déchets.

4.1.2 Parmi les paramètres géologiques, les deux éléments essentiels sont la perméabilité du sol, fondamentale pour tous les systèmes qui supposent l'absorption d'effluents par le sol (fosses septiques, etc.) et les conditions hydrogéologiques, en fait la profondeur de la nappe phréatique et l'utilisation qui en est faite, c'est-à-dire l'exploitation éventuelle des puits individuels.

4.1.3 La typologie de l'habitat humain est aussi un facteur essentiel : l'habitat rural peut être soit groupé, soit dispersé; les villages peuvent être anciens et établis, pour des raisons de défense, au sommet d'une colline, ou bien modernes et construits au milieu des plaines cultivées.

4.1.4 Les bases de l'économie agricole sont importantes. Avant d'investir dans l'habitat rural, on se demandera si le village a un avenir ou bien si, par suite du progrès économique, il est appelé à se dépeupler.

D'autre part, en milieu rural, il est difficile d'isoler le problème des excréta humains de celui des excréta d'animaux, et la possibilité, par exemple, d'utiliser ces excréta sous forme de fumier constitue un élément positif dont on devra tenir compte.

4.2 Les contraintes techniques

Il s'agit des disponibilités en matériaux de construction et d'outillage (surtout pour le creusement des fosses) et en plans types.

En ce qui concerne les matériaux, il faut avant tout pouvoir fabriquer une cuvette facile à nettoyer, de planches, briques ou pierres pour étayer la/les fosses; enfin interviennent les matériaux entrant dans la construction de l'abri.

Du point de vue de l'outillage, les outils nécessaires au creusement des fosses sont fondamentaux. Suivant les disponibilités dans ce domaine et la qualité du sous-sol, un dispositif d'assainissement peut être plus "approprié" qu'un autre. L'existence de plans types ou de modes de construction traditionnels dans la région est un point important. Il est en général plus facile de modifier ces constructions types que d'en changer complètement.

4.3 Les contraintes humaines

Au niveau de la construction, il s'agit évidemment des disponibilités en main-d'oeuvre et techniciens qualifiés pour la réalisation, d'abord, et pour l'entretien, ensuite, en particulier pour les dispositifs collectifs du type "édicule public".

Sur le plan des usages, on considérera les us et coutumes locaux qui influent sur le choix du type de cuvette ou du modèle d'abri, ainsi que sur d'autres dispositifs techniques.

4.4 Les contraintes économiques et financières

Il convient de définir des prix virtuels favorisant le recours maximal aux ressources locales en main-d'oeuvre et en matériaux.

Il faut aussi apprécier les possibilités de faire face aux frais d'entretien et de réparation ultérieurs.

Enfin, les niveaux de revenus influent sur la consommation d'eau et, partant, sur le volume des eaux usées à évacuer simultanément avec les excréta. On admet que dans la plupart des cas, il vaut mieux séparer l'évacuation des excréta (eaux-vannes ou eaux noires) de celle des eaux usées d'autre nature (eaux ménagères ou eaux grises).

5. Classification des dispositifs d'assainissement sans égout

Ces dispositifs peuvent être individuels ou collectifs, ruraux ou péri-urbains. Ils peuvent recevoir seulement les excréta ou l'ensemble des eaux usées. On peut les classer d'après le procédé utilisé pour l'évacuation finale des déchets.

5.1 Dispositifs in situ du type "latrine rurale"

Ils permettent l'infiltration sur place de l'effluent décanté ainsi que la fermentation en place des matières solides. Ces dispositifs ne sont hygiéniquement acceptables qu'à condition d'être éloignés des puits percés dans la nappe phréatique. Les nombreux modèles de latrines varient suivant la forme et le mode de construction du puits perdu, la forme de la cuvette et le siphonnage éventuel, enfin la forme de l'abri et les dispositions prévues pour le moment où les matières solides auront comblé le puits perdu. La quantité d'eaux usées que peuvent recevoir ces dispositifs du type latrine est fonction de la perméabilité du sous-sol. En milieu rural, un puits perdu comblé peut être abandonné et une nouvelle latrine construite à côté. En milieu péri-urbain, il faut parfois prévoir la vidange des matières compostées, afin de pouvoir réutiliser le puits perdu.

5.2 Dispositifs à "tinettes" individuels ou collectifs

Ces dispositifs ne s'appliquent qu'en milieu péri-urbain et ne permettent pas une évacuation simultanée des eaux ménagères. Les excréta sont récoltés dans des récipients et leur contenu évacué par véhicules dans des champs où les matières seront répandues aux fins de compostage.

Bien que les dispositifs de ce type soient très répandus en Asie orientale, ils présentent pour la salubrité des risques qui les rendent difficilement recommandables dans les lieux où ils ne sont pas traditionnellement employés.

5.3 Dispositifs à fosse sans séparation liquide/solide

Il s'agit de dispositifs individuels ou collectifs sur fosse plus ou moins étanche, qui n'assurent pas la séparation liquide/solide et ne peuvent donc pas recevoir beaucoup d'eaux usées; ils n'assurent pas non plus la fermentation anaérobie totale; en conséquence, les matières doivent être périodiquement vidangées pour être transportées ailleurs et épandues aux fins de compostage.

Ces systèmes sont péri-urbains eux aussi, et la fosse étanche, qui est une solution coûteuse, ne se justifie vraiment que lorsqu'il est nécessaire de protéger rigoureusement la nappe phréatique de la pollution.

5.4 Dispositif à séparation liquide/solide et compostage in situ

Il s'agit des dispositifs du type "fosse septique" séparant l'effluent liquide, dont l'infiltration est organisée dans le sol avoisinant, et les matières solides dont la fermentation anaérobie a lieu sur place. Les fosses septiques doivent aussi être vidangées, mais moins souvent que les fosses étanches; leur emploi n'est limité que par suite de difficultés d'infiltration d'un effluent trop abondant, si le terrain avoisinant est trop exigu ou peu perméable.

6. Etude comparative des différents dispositifs

En zone urbaine fortement peuplée, les dispositifs à tinettes ou à fosses étanches s'imposent; en zone urbaine peu habitée et en zone rurale, il faut prévoir des dispositifs du genre latrine rurale ou fosse septique.

Si la densité de l'habitat est faible, ainsi que la consommation d'eau, il faut une latrine sur puits perdu; si la consommation d'eau et, par conséquent, le débit des eaux usées sont forts, on doit prévoir une fosse septique. Entre les différents types de latrines rurales (ou de fosses septiques), il faudra procéder au choix du système le plus "approprié" au cas particulier considéré, en tenant compte des contraintes décrites au paragraphe 4

En zone urbaine dense, l'emploi de dispositifs à tinettes ou de dispositifs sur fosse étanche ne permet pas d'évacuer simultanément les eaux ménagères. Celles-ci doivent donc être produites en quantité limitée (faible consommation d'eau) et évacuées par les fossés de drainage des eaux pluviales qu'elles polluent. Ces deux catégories de dispositifs nécessitent aussi un équipement mécanique spécialisé pour l'extraction et le transport des matières (pompes vidangeuses, etc.) et la nécessité de les doter d'un tel équipement représente leur point faible.

De plus, en zone péri-urbaine, on utilise ces dispositifs à tinettes ou sur fosses sous la forme d'édicules publics ou collectifs dont la bonne exploitation et le bon entretien posent de graves problèmes, et ils sont en définitive beaucoup moins "appropriés" que les édicules individuels.

7. Conclusion

On peut conclure que l'on peut assez facilement identifier des dispositifs d'assainissement sans égout pour les zones rurales ou péri-urbaines à faible concentration humaine; ils seront du type fosse septique ou du type latrine sur puits perdu, selon que la consommation unitaire d'eau est faible ou forte. Le choix entre les innombrables modèles de latrines sur puits perdu ou de fosses septiques est laissé à l'imagination et à la compétence des ingénieurs sanitaires qui peuvent d'ailleurs, le cas échéant, en élaborer de nouveaux.

Par contre, il ne semble pas que l'on dispose actuellement, pour les zones d'habitat concentré, d'un dispositif d'assainissement sans égout véritablement satisfaisant du point de vue hygiénique et opérationnel. Les dispositifs du genre "tinette" ou "sur fosse étanche" décrits dans la littérature technique citée au paragraphe 2 ci-dessus ne semblent pas, selon l'auteur du présent exposé, répondre aux exigences du problème. Du point de vue opérationnel, si l'on veut éviter les problèmes d'un équipement mécanique sophistiqué, il faut proscrire les fosses qui doivent être vidangées et assurer l'évacuation des tinettes à la main et par des véhicules tractés par des animaux, mais on crée par là des problèmes d'hygiène au niveau des opérations manuelles d'extraction et d'évacuation des excréta bruts.

Comme on ne peut assurer l'évacuation des eaux usées ménagères en même temps que les excréta, elles viennent se déverser dans les fosses ou caniveaux de drainage des eaux pluviales usées et créent un second problème de salubrité, Il faudra donc aux ingénieurs sanitaires encore beaucoup d'imagination pour identifier réellement un procédé technique "approprié" à l'assainissement sans égout dans les régions d'habitat dense à faible consommation unitaire d'eau.

Séminaire sur la technologie appropriée
pour l'assainissement en milieu rural

MOR/BSM 003

Rabat, 1er-5 décembre 1980

DESINFECTION DES PUIITS INDIVIDUELS,
PROTECTION HYGIENIQUE DES PUIITS ET SOURCES,
SURVEILLANCE HYGIENIQUE DES LATRINES PRIVEES

par
le Dr A. Lobato de Faria
Ingénieur sanitaire
Lisbonne, Portugal

SOMMAIRE

	<u>Page</u>
1. Introduction	123
2. Approvisionnement en eau potable	124
2.1 Problèmes-cibles	124
2.2 Protection hygiénique des sources	125
2.3 Aspects liés au transport et à l'emmagasinage	126
2.4 Désinfection	127
3. Evacuation des excreta	129
3.1 Problèmes-cibles	129
3.2 Solutions pour les problèmes de pollution de la nappe phréatique	130
4. Surveillance hygiénique des approvisionnements en eau et des installations d'évacuation des excreta	131
Liste bibliographique	132
Tableaux 1-4	133
Figures 1-14	137

1. Introduction

Le rapport conjoint du Directeur général de l'Organisation mondiale de la Santé et du Directeur exécutif du Fonds des Nations Unies pour l'Enfance, à la suite de la Conférence internationale sur les soins de santé primaires tenue en septembre 1978 (1)^a, entend par soins de santé primaires des "soins de santé essentiels universellement accessibles à tous les individus et à toutes les familles de la communauté par des moyens qui leur sont acceptables, avec leur pleine participation et à un coût abordable pour la communauté et le pays".

Les chiffres concernant les maladies d'origine hydrique ou associées à l'eau insalubre - 500 millions de personnes affectées par an, dont 10 millions meurent (50% étant des enfants) - justifient l'inclusion de la promotion d'un approvisionnement suffisant en eau saine et d'un assainissement de base convenable parmi les soins de santé primaires communs à tous les pays et à toutes les communautés.

L'OMS accomplit depuis toujours un grand effort de planification générale dans le cadre de l'approvisionnement en eau et de l'assainissement dans tous les pays du monde, avec une incidence spéciale sur les pays en voie de développement; il n'est donc pas surprenant que son rôle dans la Décennie de l'eau potable et de l'assainissement (1981-1990), promue par l'Organisation des Nations Unies, soit primordial.

L'objectif majeur de la Décennie étant la couverture totale de la population, sous les aspects d'un accès raisonnable à de l'eau saine et à des installations adéquates d'évacuation des excréta, il convient, avant d'aborder l'analyse de la surveillance hygiénique et des technologies appropriées pour les aménagements privés ou familiaux dans les régions rurales, de réfléchir sur l'importance et la dimension des problèmes concernés.

D'après les statistiques les plus récentes (voir tableaux 1, 2 et 3 à la fin de l'article), l'estimation, à la mi-décennie 1970, de la couverture de la population des pays en développement peut se résumer comme suit (OMS, 1976) :

- a) Pourcentage de la population rurale : 70% de la population totale
- b) Population urbaine non desservie :
 - eau saine : 120 millions (23%)
 - évacuation des excréta : 130 millions (25%)
- c) Population rurale non desservie :
 - eau saine : 920 millions (78%)
 - évacuation des excréta : 1000 millions (85%).

Même si l'on constate que la situation générale, en Europe et en Afrique du Nord, est plus favorable que dans d'autres régions, il reste toutefois un grand effort à accomplir pour atteindre l'objectif de la Décennie.

^a Les chiffres renvoient aux références bibliographiques à la fin de l'exposé.

La complexité de la situation des zones rurales est d'ailleurs accrue par les types de peuplement, d'habitude très disséminés, et par des conditions de vies très liées aux activités d'agriculture et d'élevage.

Le Dr J. Monnier, dans son article "Santé et environnement rural" paru en 1973 (2), souligne que certaines menaces que le milieu rural fait peser sur la santé de l'homme ne sont pas spécifiques, mais "y revêtent une particulière acuité du fait des difficultés de l'assainissement et de l'insuffisance de l'équipement médico-social".

Parmi ces menaces, la plus importante est représentée par les maladies d'origine hydrique (choléra, fièvre typhoïde) ou liées à la pollution de l'eau de boisson et des aliments par les excréta (parasitoses, infections à virus).

Le poids des installations individuelles dans le cadre des zones rurales est très élevé, le développement intermittent de la construction des maisons, les distances entre les habitations et le faible retour des bénéfices par rapport aux coûts étant les trois causes majeures de cette situation.

Le but principal de ce document consiste à discuter les technologies les plus appropriées pour l'assainissement rural, individuel ou familial, en ce qui concerne les installations pour l'eau et l'évacuation des excréta, en exposant les détails de l'expérience portugaise dans le domaine de la surveillance hygiénique en milieu rural.

2. Approvisionnement en eau potable

2.1 Problèmes-cibles

Les parties les plus importantes d'un système rural d'approvisionnement individuel sont les suivantes (Fig.1) :

- source et prise d'eau, avec ou sans pompage
- transport et emmagasinage
- désinfection.

Dans un système individuel ou familial, toutes les parties ci-dessus jouent un rôle différent de celui qui est normal dans les approvisionnements publics, mais digne de considération.

L'identification des points-clés, du point de vue hygiénique, conduit aux conclusions suivantes :

2.1.1 Prise d'eau aux sources

Les cas les plus courants dans le domaine des aménagements en milieu rural sont les eaux de pluie récoltées (eaux de surface) et les eaux souterraines, captées par des puits (ordinaires ou foncés), des bassins de sources et des galeries d'infiltration.

2.1.2 Transport et emmagasinage

La présente discussion se limitera aux cas où le transport de l'eau de la source jusqu'au domicile est fait par des moyens rudimentaires (à la main, à dos d'âne).

Les problèmes les plus notables, en ce qui concerne l'emmagasinage de l'eau, sont liés au stockage domestique.

2.1.3 Désinfection

En général, il n'y a pas de réseau de distribution dans les aménagements individuels en milieu rural. La considération majeure ici est celle de la façon correcte d'utiliser des dispositifs simples de désinfection.

2.2 Protection hygiénique des sources

La protection des sources d'approvisionnement est peut-être le moyen le plus important de défense de la qualité de l'eau de boisson en milieu rural, en raison de la proximité des usagers et des difficultés liées au maintien d'une surveillance continue comprenant des enquêtes sanitaires et des analyses bactériologiques.

La protection peut être envisagée sous trois aspects :

- protection au point de prise
- protection proche
- protection éloignée.

2.2.1 Protection au point de prise

La protection au point de prise varie en fonction de la nature de l'ouvrage : captage d'eau de pluie, puits ordinaire, puits foncé, bassins de récolte d'eau de source et galeries d'infiltration.

a) Captage d'eau de pluie

- séparation de l'eau qui tombe la première et qui est exposée à la pollution (Fig. 2);
- si possible, filtration de l'eau avant l'entrée dans la citerne (Fig. 3);
- nettoyage régulier de la cuve de la citerne;
- toute eau de citerne doit être désinfectée avant la consommation.

b) Puits ordinaire (Fig. 4)

- revêtement imperméable du sol, en béton ou en maçonnerie, autour du trou du puits, avec une largeur minimale de 2 mètres;
- couverture étanche, en béton armé, bois ou fer, du trou du puits et de tout orifice d'inspection ou de service;
- revêtement imperméable, en béton ou maçonnerie, de la partie supérieure des parois, au moins 3 mètres au-dessous du niveau du sol;
- si l'eau est extraite par pompage, soudure complète de la canalisation élévatoire à la couverture du puits;
- si l'eau est extraite à l'aide d'un bac, mise en place d'un dispositif empêchant le contact des mains avec le bac et le cercle.

c) Puits foncé (Fig. 5)

- revêtement imperméable du sol autour de l'orifice du puits, avec un diamètre minimal de 2,50 m;
- protection étanche de la partie supérieure du tube du puits, au moins 3 mètres au-dessous du niveau du sol;
- protection étanche du tube du puits dans les zones où une pollution potentielle peut avoir lieu;
- élévation du tube du puits de 0,15 m au-dessus de la surface du sol;
- soudure complète du tube du puits au revêtement imperméable du sol.

d) Sources (Fig. 6)

- collecte de l'eau des sources dans des structures fermées, avec des parois imperméables;
- drainage des eaux de surface aussi bien que des eaux excédentaires de la source, de façon à ne pas polluer l'eau de consommation.

2.2.2 Protection proche et protection éloignée

La protection proche et la protection éloignée ont pour base la définition de zones de protection (Fig. 7) où des activités potentiellement nuisibles pour l'eau sont défendues.

Dans la zone de protection proche, on veillera à la suppression de :

- dépressions où l'eau pourrait s'accumuler;
- lignes d'eau non couvertes;
- caniveaux souterrains sans égout adéquat;
- canalisations, fosses ou puits pour eaux usées;
- habitations;
- installation industrielles agricoles ou d'élevage;
- cultures irriguées ou emploi de fertilisants.

Dans le périmètre de protection éloignée, les sources de pollution doivent être contrôlées, lorsqu'il s'avère impraticable ou non économique de ne pas les conserver à l'intérieur de ce périmètre.

Les distances minimales utilisées au Portugal pour les zones de protection sont indiquées à la Fig. 7. En France, la distance minimale du périmètre de la zone de protection au point de prise de l'eau peut varier de 130 m (sol très perméable, puits peu profond) à moins de 6 m (sol imperméable, puits profond). Selon l'Agence financière du Bassin "Seine-Normandie" (1979), on doit exiger le maintien d'une distance minimale de 35 m.

2.3 Aspects liés au transport et à l'emmagasinage

Le transport de l'eau peut constituer une activité très fatigante pour les usagers en zone rurale. Quelquefois, lorsque la distance entre la source et l'habitation est supérieure à 100 mètres, on utilise des véhicules adaptés au transport de grandes quantités d'eau.

Les règles d'or à respecter dans le transport sont les suivantes :

- éviter tout contact entre les mains ou quelque autre partie du corps humain ou le corps d'un animal et la bordure du récipient de transport;
- employer des récipients permettant une fermeture hermétique, de préférence à bouche étroite;
- ne jamais remplir les récipients complètement; laisser de préférence une couche de protection d'au moins 5 cm.

L'emmagasinage domestique doit se faire avec soin, en ne laissant pas plus de trois jours dans le même réservoir ou récipient de l'eau pour la boisson, la cuisine ou l'hygiène personnelle.

Le récipient doit être couvert, protégé contre le contact d'eaux polluées, hors de la portée des enfants, des animaux domestiques, des mouches et des rats.

Malgré toutes ces précautions, il faut noter toutefois que, selon l'expérience portugaise, l'eau qui n'est pas contrôlée de façon continue et efficace ne doit pas être utilisée à des fins hygiéniques sans désinfection préalable.

2.4 Désinfection

Après les terribles épidémies de choléra de 1974 et 1975 au Portugal, des actions très poussées de désinfection chimique de l'eau ont été entreprises par les services de santé dans le cadre de la lutte contre les maladies d'origine hydrique.

Dans le domaine des aménagements privés ou familiaux pour l'approvisionnement en eau des zones rurales, les deux techniques employées avec beaucoup de succès ont été la désinfection domestique de petites quantités d'eau et la désinfection individuelle des puits par la méthode du "double pot".

La désinfection de petites quantités d'eau s'est avérée plus économique avec l'emploi de solutions diluées d'hypochlorite de sodium (voir le Tableau 4, où figurent les doses recommandées), de façon à obtenir une teneur théorique en chlore de 2 mg/l.

Les techniques de désinfection individuelle des puits et autres sources d'eau sont développées dans diverses publications de l'OMS (voir Wagner & Lanoix, 1961 (11); Rajagolapan & Shiffman, 1975 (10); Lanoix & Roy, 1976 (7)). Parmi ces techniques, les plus praticables ont été essayées au Portugal.

Des méthodes de désinfection illustrées dans la publication de l'OMS sur l'assainissement en cas de catastrophe naturelle (ASSAR, 1971 (1)) ont été essayées sans résultats pratiques remarquables. Dans le district de Portalegre, un cylindre poreux simple, rempli de chlorure de chaux, a été employé, mais des difficultés de fabrication se sont avérées insurmontables (Fig. 8 et 9); cependant, les résultats en ce qui concerne l'amélioration de la qualité de l'eau ont été positifs.

Les services de santé ont alors eu l'idée d'appliquer au Portugal le "diffuseur double-pot" figurant dans une publication de l'OMS qui venait de paraître (Rajagolapan & Shiffman, 1975 (10)), et dont la présentation était la suivante :

"On remplit le récipient cylindrique intérieur 1 (d'environ 16 cm de diamètre et 28 cm de hauteur) d'un mélange humide composé de 1 kg de chlorure de chaux et de 2 kg de sable grossier (2 mm) arrivant jusqu'à 3 cm d'un orifice (1 cm de diamètre) percé dans la partie supérieure du récipient. On place ensuite ce premier récipient dans un autre (de 25 cm de diamètre intérieur et 30 cm de haut) en ménageant un espace annulaire entre les deux. Le pot extérieur est également percé d'un trou (1 cm de diamètre) à environ 4 cm au-dessus du fond. La bouche du récipient extérieur est fermée par une feuille de polyéthylène et l'ensemble est suspendu dans le puits à environ 1 m au-dessous du niveau le plus bas auquel descend la surface de l'eau (Fig. 4). Ce diffuseur permet de traiter pendant 2 ou 3 semaines des puits domestiques d'une contenance d'environ 4500 litres où l'on puise quotidiennement de 310 à 450 litres."

Ce diffuseur avait été développé au "Central Public Health Engineering Research Institute" de l'Inde en 1970, et il s'est révélé être une solution si pratique et si économique que le Gouvernement portugais décida d'appliquer cette installation dans toutes les régions rurales du pays.

Une première expérience fut faite dans le district de Castelo Branco, dans la partie centre-est du Portugal, avec 150 "doubles-pots", et les résultats furent très satisfaisants du point de vue bactériologique :

	<u>Avant</u>	<u>Après</u>
Eaux potables *	10%	63%
Eaux suspectes **	30%	9%
Eaux non potables	60%	26%
Pots cassés ou retirés	-	2%

* 2 coliformes totaux/100 ml

** 3 à 10 coliformes totaux/100 ml

NB. Toutes les deux sans coliformes fécaux

Aujourd'hui, plus de dix mille doubles-pots ont été installés dans tout le pays, et les conclusions principales de l'expérience portugaise peuvent se résumer ainsi :

a) Construction et installation

Les dimensions recommandées par les chercheurs indiens (6) ont été retenues (Fig. 10).

Le matériel de construction des pots doit être poreux : en effet, le plastique et la céramique vitrifiée ont été essayés avec des résultats beaucoup moins satisfaisants.

On doit ajouter 75 g d'hexamétophosphate de sodium (environ 7,5% du poids de chlorure de chaux) au mélange humide, pour éviter le durcissement et l'inefficacité qui en résulte.

Des expériences diverses concernant la suspension du double-pot ont permis de conclure que la meilleure hauteur était d'environ 1,5 m au-dessous du niveau de la surface de l'eau vérifiée au début du mois de juin. La corde de suspension doit être en matériau fort, en nylon par exemple, ce qui rend indispensable l'usage de gants ou autre protection des mains pendant la manipulation du double-pot, dont le poids total dépasse 20 kg après immersion.

b) Fonctionnement

Le principe de fonctionnement du double-pot est très simple, mais des campagnes d'éducation sanitaire doivent être entreprises pour que la population ne réagisse pas négativement au goût du chlore, d'ailleurs en général très peu notable.

La durée d'une recharge s'est avérée plus longue que celle qui est indiquée dans la publication susmentionnée; en fait, la durée moyenne au Portugal est de 2 mois.

Le double-pot a aussi été employé avec succès pour la désinfection de sources, en immergeant l'appareil dans l'eau contenue dans les petits bassins de récolte et de petits réservoirs emmagasinant jusqu'à 30 m³ d'eau.

c) Surveillance

La surveillance d'une installation de double-pot est très réduite. Elle se limite à des activités de contrôle du chlore résiduel dans l'eau et, six fois par an au maximum, à une recharge du mélange désinfectant.

Le contrôle du chlore résiduel doit se faire d'une façon régulière une fois par mois, mais au début du fonctionnement d'une installation nouvelle, on recommande un contrôle plus fréquent, ceci pour vérifier les conditions de réactivité de l'eau. S'il n'y a pas de chlore résiduel après une semaine, on peut mettre une seconde unité ou faire une analyse chimique de l'eau pour vérifier la présence de composés de fer ou autres qui contribuent à la demande en chlore. Si le chlore résiduel dépasse 2,0 mg/l, on doit retirer le double-pot et vérifier s'il n'y a pas quelque anomalie. Les résiduels obtenus ne doivent pas dépasser 1,0 mg/l dans des conditions normales.

d) Coût

Un ensemble double-pot coûte aujourd'hui au Portugal 13 dollars USA pour l'installation et 23 dollars pour le contrôle annuel.

Installation (8 pots par jour) :

Matériel	5
Main-d'oeuvre	3
Transport	<u>5</u>
Total	13 \$ USA

Contrôle annuel (16 pots par jour, 6 fois par an)

Matériel	2
Main-d'oeuvre	6
Transport	<u>15</u>
Total	23 \$ USA.

Si l'on réussit à diminuer les frais de transport et de main-d'oeuvre en transférant à la collectivité ou à la famille la responsabilité du contrôle, on peut réduire le coût de façon spectaculaire.

3. Evacuation des excreta

3.1 Problèmes-cibles

L'évacuation des excreta humains en zones rurales comprend, en général, les éléments suivants :

- point de décharge des excreta;
- cabinet sanitaire;
- dispositifs d'évacuation des excreta : sans entraînement et avec entraînement des matières par l'eau.

Les problèmes les plus importants, du point de vue sanitaire, proviennent de la plus ou moins grande difficulté à satisfaire les critères suivants (12) :

- le sol superficiel ne doit pas être contaminé;
- il ne doit y avoir aucune contamination d'eau souterraine susceptible de pénétrer dans des sources ou des puits;
- il ne doit y avoir aucune contamination d'eau de surface;
- les excréta ne doivent pas être accessibles aux animaux, en particulier aux mouches;
- les excréta récents ne doivent pas être manipulés; si la manipulation devient indispensable, elle doit être réduite au strict minimum;
- il faut prévenir les odeurs et les aspects malpropres;
- l'installation adoptée doit être simple et peu coûteuse, de construction comme d'emploi.

Le principal défi posé à l'ingénieur pour remplir les conditions mentionnées ci-dessus est presque toujours d'envisager des solutions permettant la coexistence, dans une même parcelle, de latrines rurales et de puits individuels dans la nappe phréatique exposée à la pollution (Fig. 12).

3.2 Solutions pour les problèmes de pollution de la nappe phréatique

La solution des problèmes cités ci-dessus passe par deux sortes d'actions : 1) l'application de la technologie appropriée pour la méthode d'évacuation des excréta, et 2) le choix de l'emplacement correct du point de décharge des excréta et des dispositifs d'évacuation prévus.

La discussion des méthodes appropriées dépasse le cadre de cet exposé, une analyse approfondie pouvant être trouvée ailleurs (14); (13); (12). Il paraît utile cependant de rappeler la classification des méthodes :

a) Méthodes sans entraînement des matières :

- cabinet à fosse;
- latrine à trou foré;
- latrine à siphon hydraulique;
- cabinet à eau (Fig. 13);
- latrine à seau;
- feuillées et latrines à tranchée;
- latrine suspendue;
- cabinet à compost;
- toilette chimique.

b) Méthodes à entraînement par l'eau

- fosse d'aisances;
- fosse septique (Fig. 14);
- système collectif d'égouts sanitaires.

Le choix de l'emplacement correct doit suivre des règles de base générales (12) :

- il faut éviter de placer les latrines ou autres installations d'évacuation des excréta en amont d'un puits;
- il faut prévoir, entre le puits et les latrines ou autres installations d'évacuation des excréta, une distance d'au moins 15 m;
- le fond de la latrine doit être situé à 1,5 m au moins au-dessus de la nappe aquifère, à condition que le sol soit homogène;

- toute construction d'installation d'évacuation des excréta dans des zones contenant des roches fissurées ou des formations calcaires doit être précédée d'une enquête minutieuse, car la pollution peut être transportée directement par les failles jusqu'à des puits lointains ou d'autres sources d'eau de boisson;
- l'emplacement doit être sec, bien drainé et situé au-dessus du niveau de crue.

Au Portugal, il est quelquefois très difficile de satisfaire entièrement aux règles ci-dessus. Dans ce cas, le fonctionnement le plus parfait possible des dispositifs d'évacuation est imposé, conjointement avec la désinfection de la source d'eau potable et de l'eau elle-même.

La distance de 15 m s'est révélée trop courte pour empêcher la contamination dans des situations normales. On recommande une distance minimum de 30 m, quand les conditions du terrain ne sont pas bien connues.

D'une façon générale, on a aboli les latrines collectives et on fait un effort pour doter les habitations de cabinets de toilette à eau très proches de la maison, ou de salles de toilette avec fosse étanche ou fosse septique.

4. Surveillance hygiénique des approvisionnements en eau et des installations d'évacuation des excréta

La surveillance hygiénique de la qualité de l'eau de boisson est définie par l'OMS dans la publication "Surveillance de la qualité de l'eau de boisson" (9) comme "l'évaluation et la supervision continues et vigilantes, du point de vue de la santé publique, de la salubrité et de l'acceptabilité des approvisionnements en eau de boisson".

Les programmes de surveillance comportent des enquêtes sanitaires et des prélèvements d'échantillons d'eau, ainsi que l'examen des conclusions des enquêtes et des résultats d'analyses, mais ils ne s'arrêtent pas là. En effet, il est indispensable de proposer des mesures de correction et de contrôle, lorsque les installations ne suivent pas les règles fondamentales pour la protection de l'environnement et le maintien de la salubrité de l'eau.

Il faut donc organiser des programmes de surveillance accordant une place primordiale à l'éducation pour la santé aussi bien qu'à l'apport épidémiologique et à la contribution d'experts en formation du personnel de santé.

Les mesures technologiques les plus usuelles accompagnant un programme de surveillance sont les suivantes :

- mise en place de zones de protection;
- élimination de sources de pollution;
- amélioration des installations d'approvisionnement en eau et d'évacuation des excréta;
- construction de petits systèmes d'adduction et de distribution d'eau;
- mise en place de procédés de désinfection domestique de l'eau;
- aménagement d'installations simples pour la désinfection de puits ou autres sources d'eau potable.

Les procédés de désinfection des excréta ne sont plus appliqués, sauf en cas d'épidémie ou de risque très net; dans ces derniers cas, la créoline est le désinfectant qui a été employé, avec des résultats satisfaisants.

BIBLIOGRAPHIE

Généralités

1. Assar, M., Guide d'assainissement en cas de catastrophe naturelle, OMS, Genève, 1971
2. Monnier, J., Santé et environnement rural. La santé de l'homme, No. 186, juillet-août 1973. Comité français d'éducation pour la santé, Paris.
3. Risques pour la santé du fait de l'environnement, OMS, Genève, 1972.
4. Les soins de santé primaires, OMS, Genève, New York, 1978.

Approvisionnement en eau

5. Etude de l'assainissement autonome sur le canton d'Amfreville-la-Campagne (27), rapport de l'Agence financière du Bassin "Seine-Normandie". Société civile d'Etudes hydrauliques, Paris.
6. Rural Sanitation Research, Central Public Health Engineering Research Institute (CPHERI), Nagpur, Inde, 1970.
7. Lanoix, J.N. & Roy, M.L., Manuel du technicien sanitaire (Chapitre II), OMS, Genève, 1976.
8. Normes internationales pour l'eau de boisson, 3ème éd., OMS, Genève, 1972.
9. Surveillance de la qualité de l'eau de boisson, OMS, Genève, 1976.
10. Rajagolapan, S. & Shiffman, M.A., Mesures d'hygiène simples contre les maladies intestinales, OMS, Genève, 1975.
11. Wagner, E.G. & Lanoix, J.N., Approvisionnement en eau des zones rurales et des petites agglomérations, OMS, Genève, 1961.

Evacuation des excreta

12. Lanoix, J.N. & Roy, M.L., Manuel du technicien sanitaire (Chapitre III), OMS, Genève, 1976.
13. Okun, D.A. & Ponghis, G., Collecte et évacuation des eaux usées des collectivités, OMS, Genève, 1976.
14. Wagner, E.G. & Lanoix, J.N., Evacuation des excreta dans les zones rurales et les petites agglomérations, OMS, Genève, 1960.

TABLEAU I

Populations des pays
inclus dans l'enquête OMS (1975)

Région (O.M.S.)	Population (millions)			% Population Rurale
	Urbaine	Rurale	Totale	
Afrique	22	98	120	82
Amériques *	181	74	255	29
Asie du Sud-Est	182	764	946	81
Europe **	25	32	57	56
Méditerranée Orientale	58	150	208	72
Pacifique Occidental	40	60	100	60
TOTAL	508	1178	1686	70

* Amérique latine et Caraïbes

** Algérie, Malte, Maroc et Turquie

*** Populations urbaine et rurale : on a accepté la définition donnée par chaque pays de la population urbaine et de la population rurale

Source : "Rapport de Statistiques mondiales", Vol. 29, No.10, 1976, OMS/Genève

TABLEAU 2

Pourcentage de la population
avec accès raisonnable à de l'eau saine
(1975)

Régions (O.M.S.)	Population urbaine			Pop. rurale	Total
	Robinnet	Point d'eau	Totale		
Afrique	37	31	68	21	29
Amériques	67	14	81	32	58
Asie du Sud-Est	48	22	70	19	29
Europe	67	14	81	63	71
Méditerranée Orientale	52	28	80	16	34
Pacifique Occidentale	75	15	90	30	54
MOYENNE GÉNÉRALE	57	20	77	22	38

* Définitions :

Accès raisonnable : dans une zone urbaine, on peut considérer qu'une maison qui n'est pas située à plus de 200 m d'une borne-fontaine publique possède un accès raisonnable à une adduction d'eau. En milieu rural, la notion d'accès raisonnable signifie que la femme ou tout autre membre de la famille chargé de cette tâche n'a pas à consacrer une partie disproportionnée de la journée à aller chercher l'eau nécessaire aux besoins de la famille.

Eau saine : on entend par là des eaux de surface traitées ou des eaux non traitées mais non contaminées, comme celles qui sont obtenues à partir de trous d'eau protégés, de sources ou de puits hygiéniques. Les autres eaux, de qualité douteuse, sont classées comme insalubres.

(Source : Rapport de statistiques sanitaires mondiales, 1976, Vol. 29, No.10, OMS, Genève.)

TABLEAU 3

Pourcentage de la population
avec des installations adéquates d'évacuation des excreta*
(1975)

Régions (O.M.S.)	Population urbaine			Pop. rurale	Total
	Égouts	Privées	Totale		
Afrique	15	60	75	28	38
Amériques	35	45	80	25	63
Asie du Sud-Est	26	53	79	6	20
Europe	21	17	38	18	27
Méditerranée Orientale	10	53	63	14	27
Pacifique Occidental	24	57	81	43	58
MOYENNE GÉNÉRALE	25	50	75	15	33

* Evacuation des excreta : il s'agit du ramassage et de l'évacuation, avec ou sans traitement, des eaux usées et des excréments humains par des systèmes à transport hydraulique ou par des latrines à fosse ou des installations analogues.

TABEAU 4
Chloration de l'eau de boisson à la
base de solutions d'hypochlorite de sodium

Teneur de la solution d'hypochlorite de sodium, en chlore disponible		Dosages pour la quantité d'eau indiquée				
		1 litre	2 litres	10 litres	200 litres	1 m ³
en %	en grammes par litre					
1%	10 g/l	4 goutes	8 goutes	2 cm ³	40 cm ³	200 cm ³
2%	20 g/l	2 goutes	4 goutes	1 cm ³	20 cm ³	100 cm ³
4%	40 g/l	1 goute	2 goutes	10 goutes	10 cm ³	50 cm ³
8%	80 g/l	-	1 goute	5 goutes	5 cm ³	25 cm ³
10%	100 g/l	-	1 goute	4 goutes	4 cm ³	20 cm ³

NOTES: 1) Temps de contact = 20 à 30 minutes

2) 2 goutes de vin ou de citron éliminent la mauvaise saveur chlorée

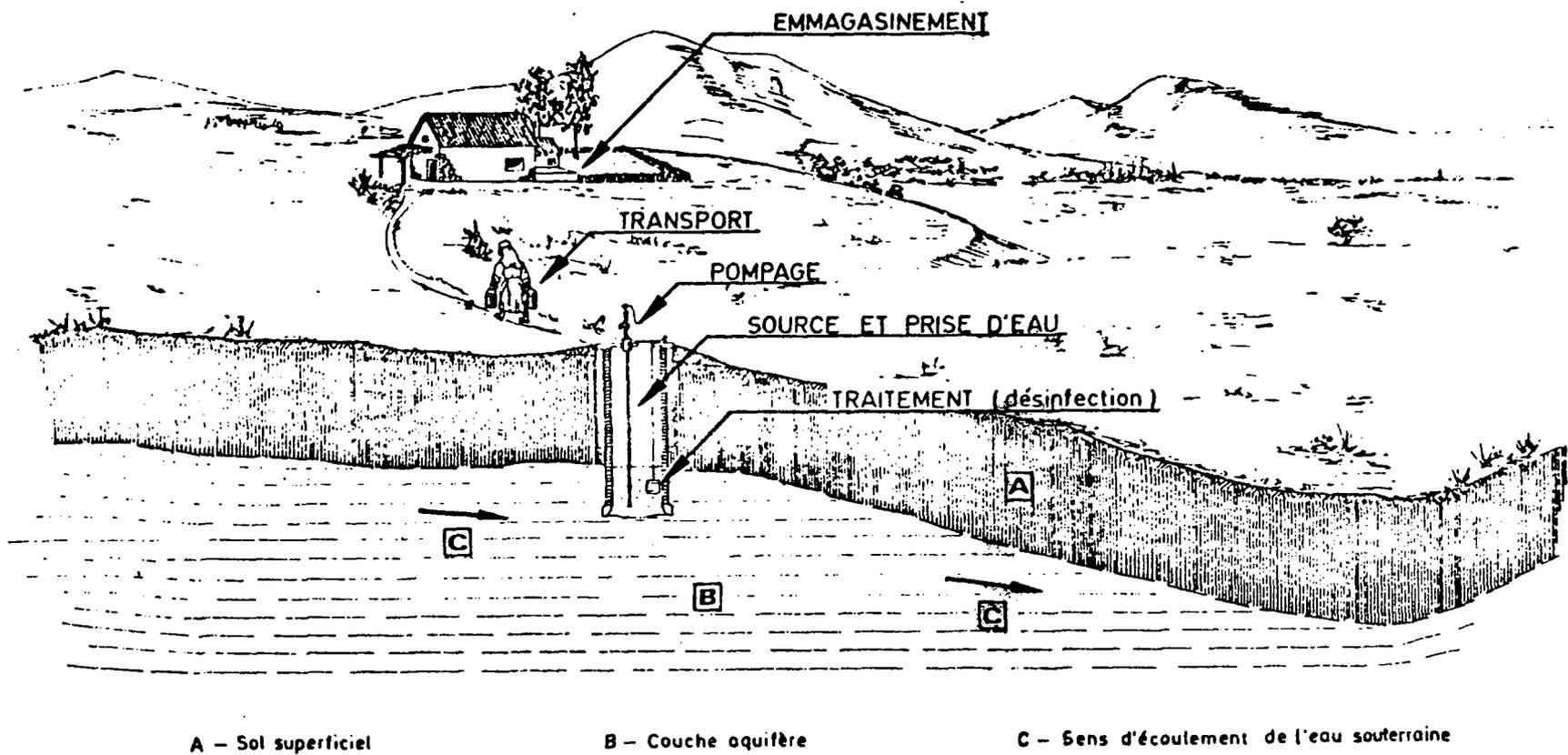


Fig.1 - Schéma montrant les parties d'un système privé d'approvisionnement en eau dans une zone rurale (adapté de Lanoix et Roy, 1976)

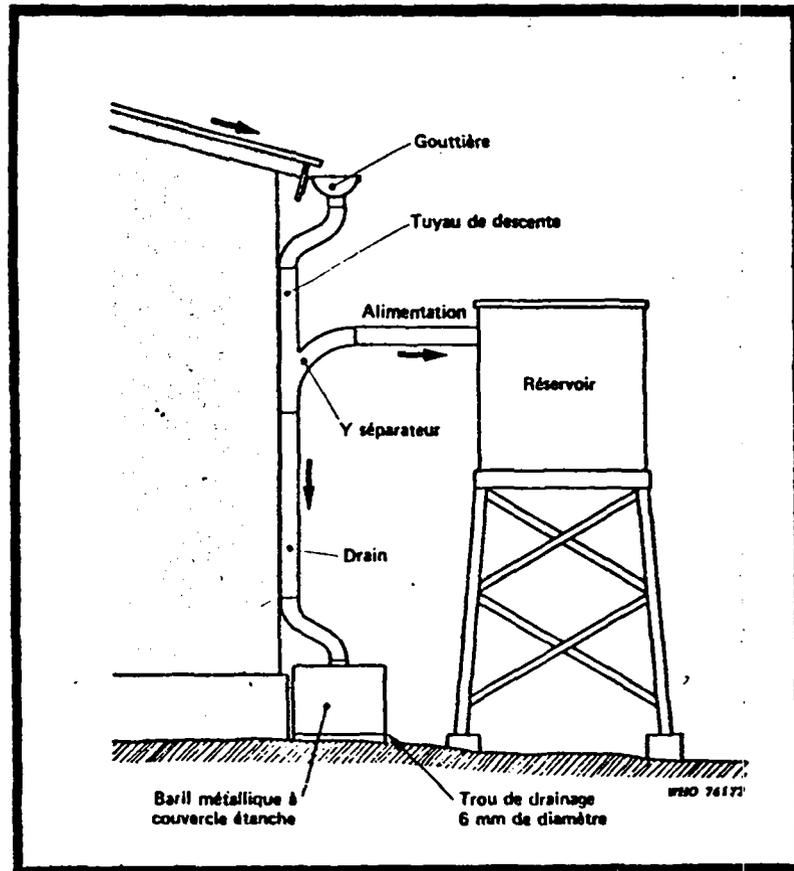


Fig. 2 - Système séparateur d'eau de pluie
(Lanoix et Roy, 1976)

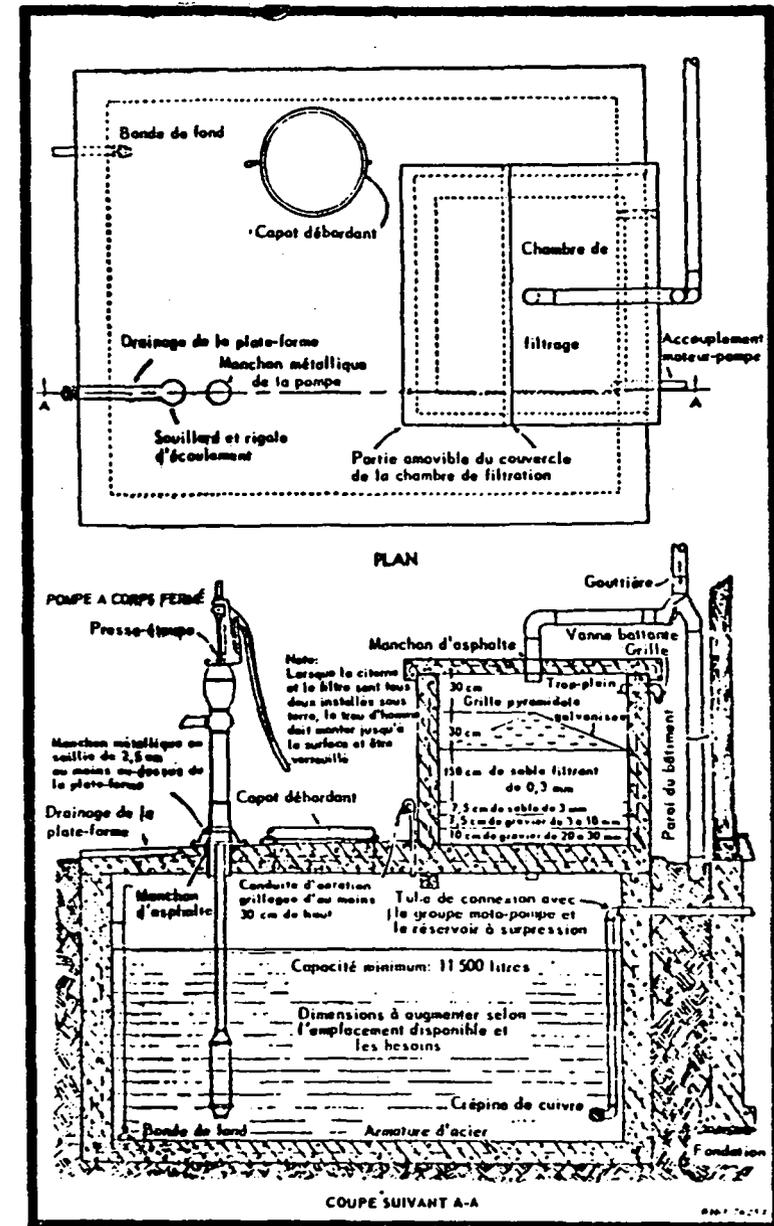
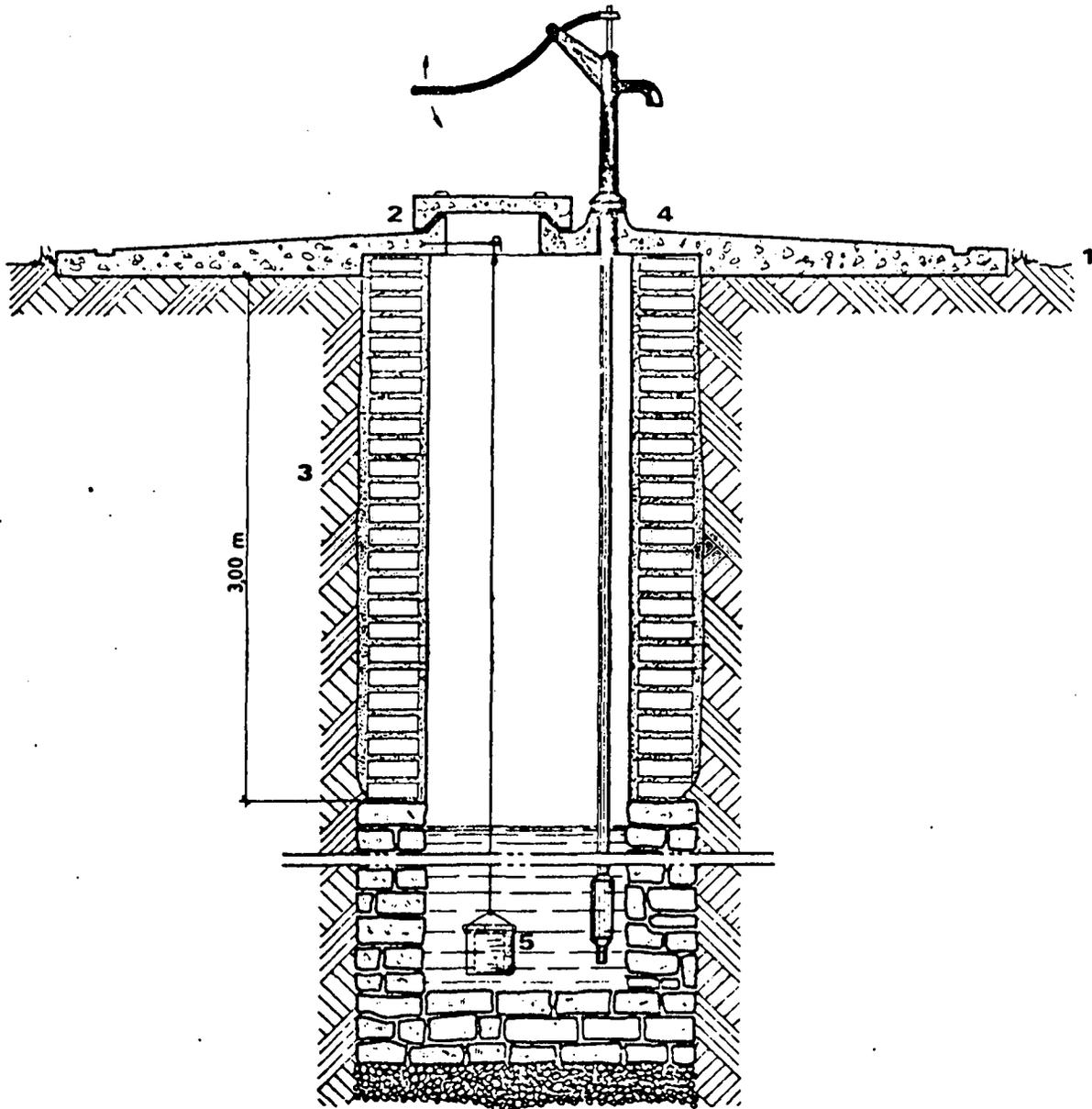


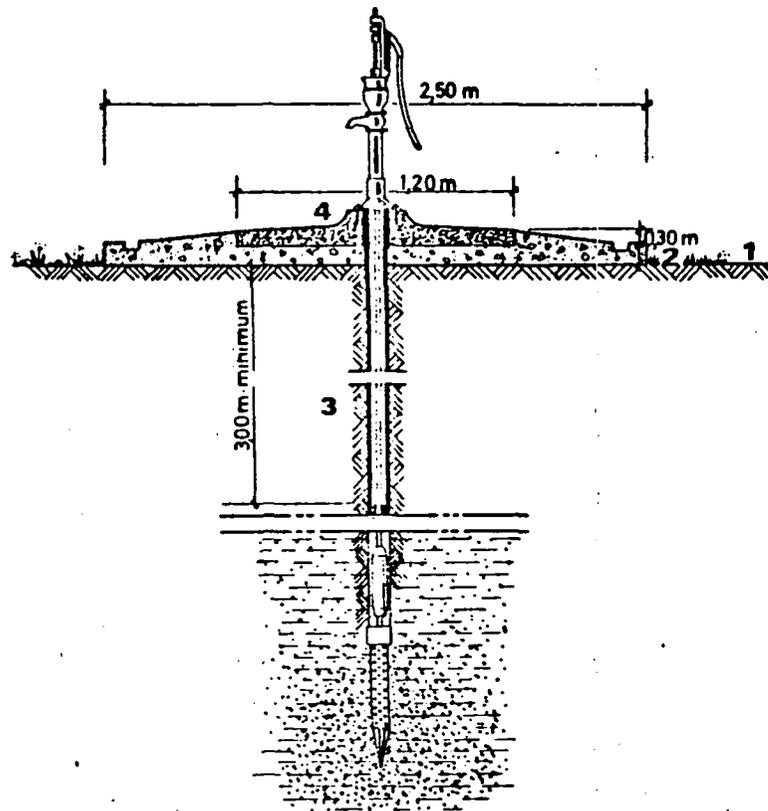
Fig. 3 - Citerne avec filtre à sable (pompe facultative)
(Lanoix et Roy, 1976)



CHECK-LIST:

1. Y a-t-il des rejets liquides ou des latrines à proximité?
2. Y a-t-il une plate-forme imperméable empêchant toute infiltration d'eaux de surface?
3. Les parois du puits sont-elles garnies d'un revêtement étanche sur une profondeur de trois mètres?
4. Le type d'éjection menant à la pompe est-il scellé dans la plate-forme?
5. L'eau du puits est-elle chlorée?

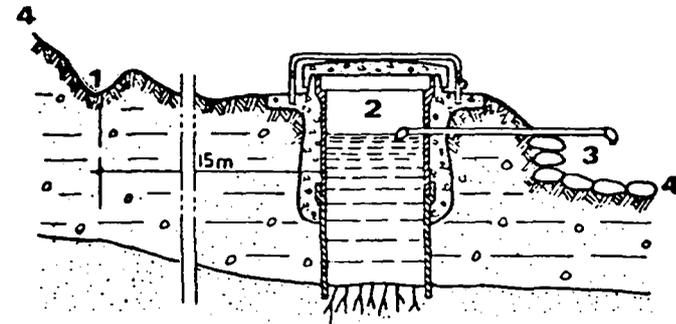
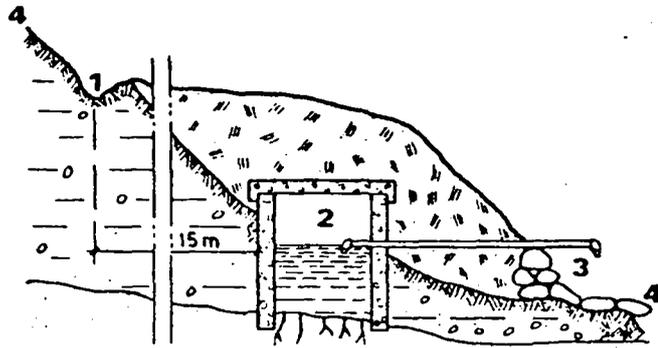
Fig. 4- Puits ordinaire à pompe: protection au point de prise (d'après Rajagopalan et Shiffman, 1975)



CHECK-LIST:

1. Y a-t-il des rejets de déchets liquides ou des latrines à proximité?
2. Y a-t-il une plate-forme imperméable en béton et l'écoulement de l'eau est-il assuré ?
3. Le cuvelage étanche descend-il à trois mètres de profondeur?
4. Le tube d'éjection est-il scellé dans la plate-forme?

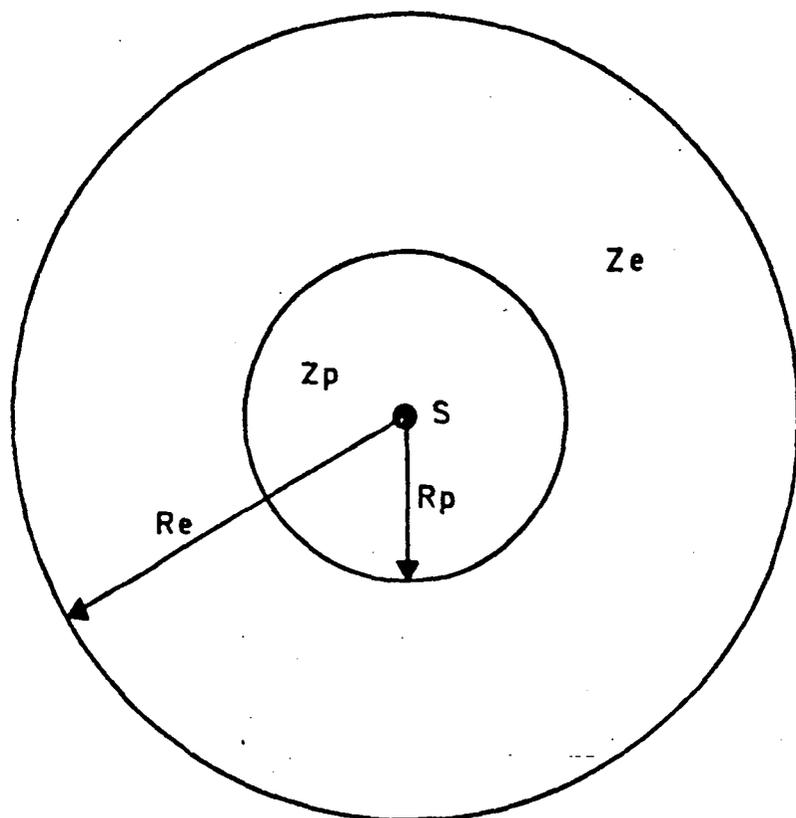
Fig. 5 - Puits forcé : protection au point de prise (Wagner et Lenoix, 1961)



CHECK-LIST

1. Existe-t-il un fossé de dérivation pour protéger la source des eaux de surface?
2. La chambre de captage est-elle inaccessible?
3. A-t-on prévu un drainage sous les tuyaux de sortie?
4. La source est-elle protégée des animaux par une clôture?

Fig.6- Sources:protection au point de prise d'eau(d'après Wagner et Lanoix,1961)



S - point de prise d'eau
 Zp - zone de protection proche
 Ze - zone de protection éloignée

Type	CARACTÉRISTIQUES DU SOL	RAYONS DE PROTECTION(m)	
		Rp	Re
I	Perméable Conditions de filtration: mauvaises ou moyennes (e.g. roche fissurée)	20 - 50	100 - 200
II	Perméable Conditions de filtration: bonnes (e.g. sable fin)	10 - 20	50 - 100
III	Couche aquifère protégée par couche inférieure imperméable	5 - 10	20

Fig.7 - Zones de protections proche et éloignée

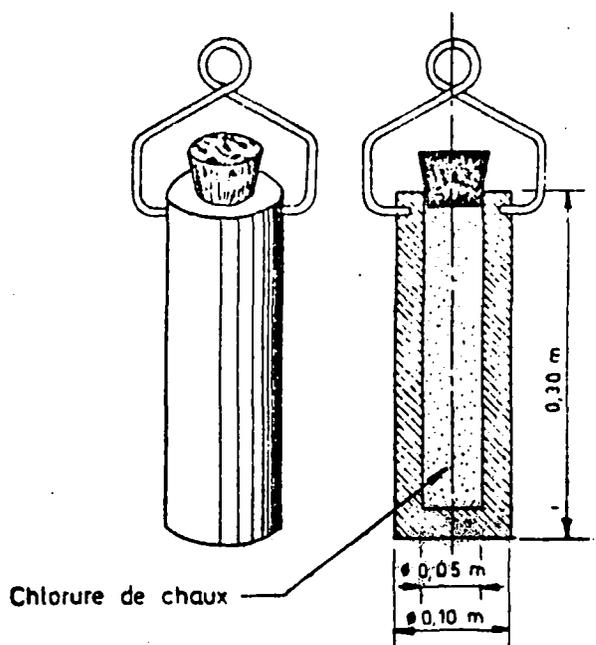


Fig. 8 - Cartouche doseuse normalisée pour la chloration de l'eau de boisson
(Assar, 1971)

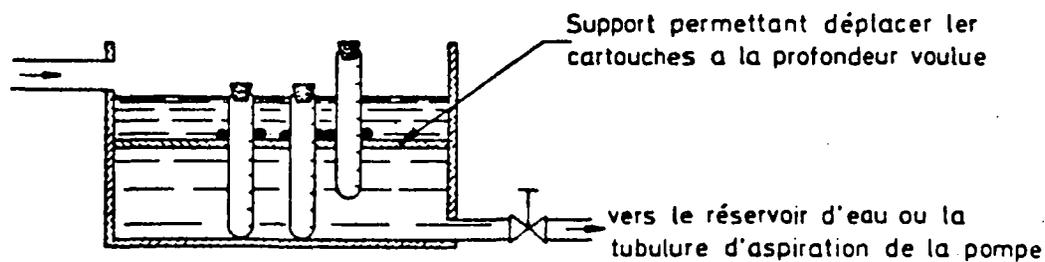


Fig. 9 - Récipient à cartouches doseuses pour la chloration en continue
(Assar, 1971)

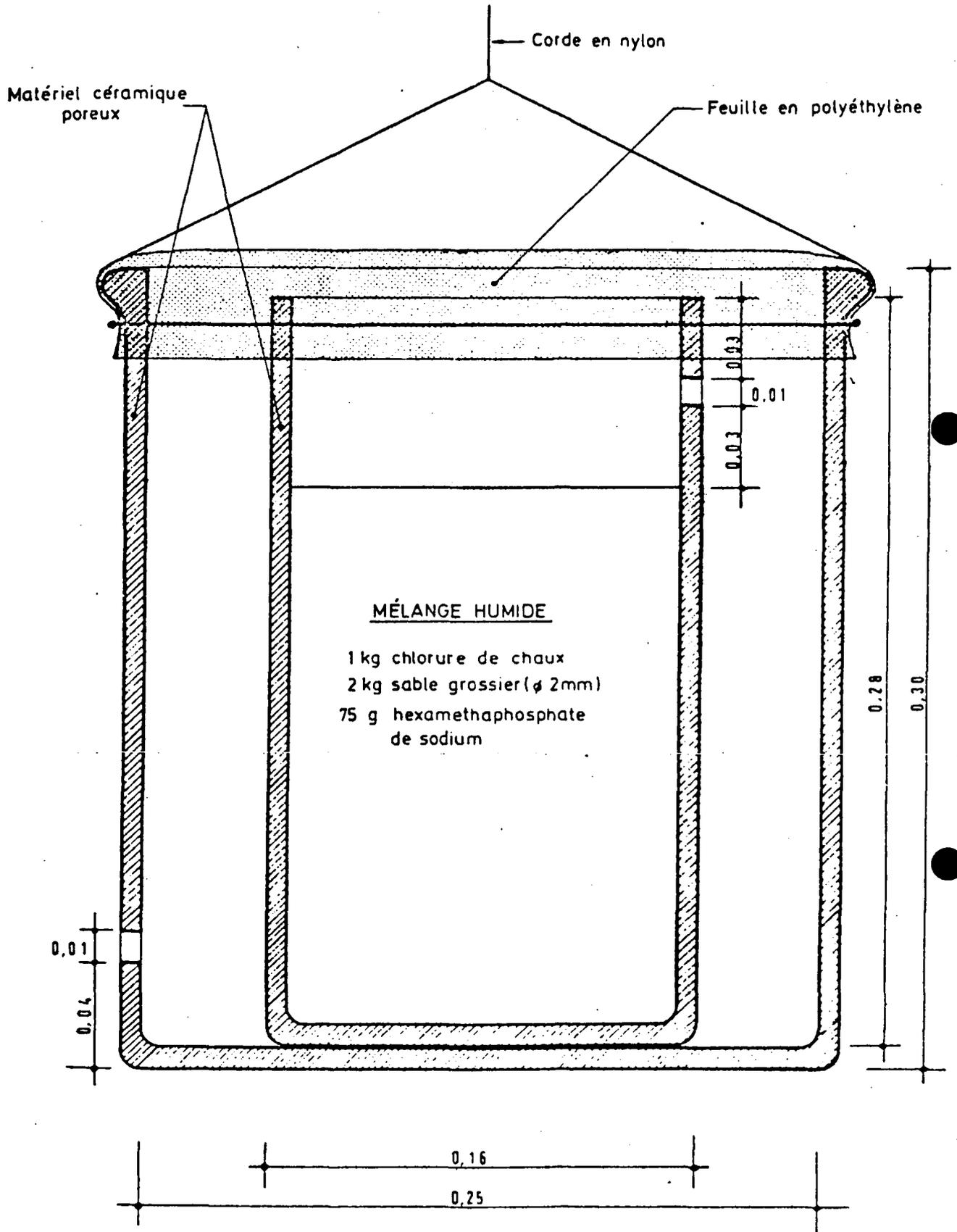


Fig.10 - Double-pot (dimensions en mètres)

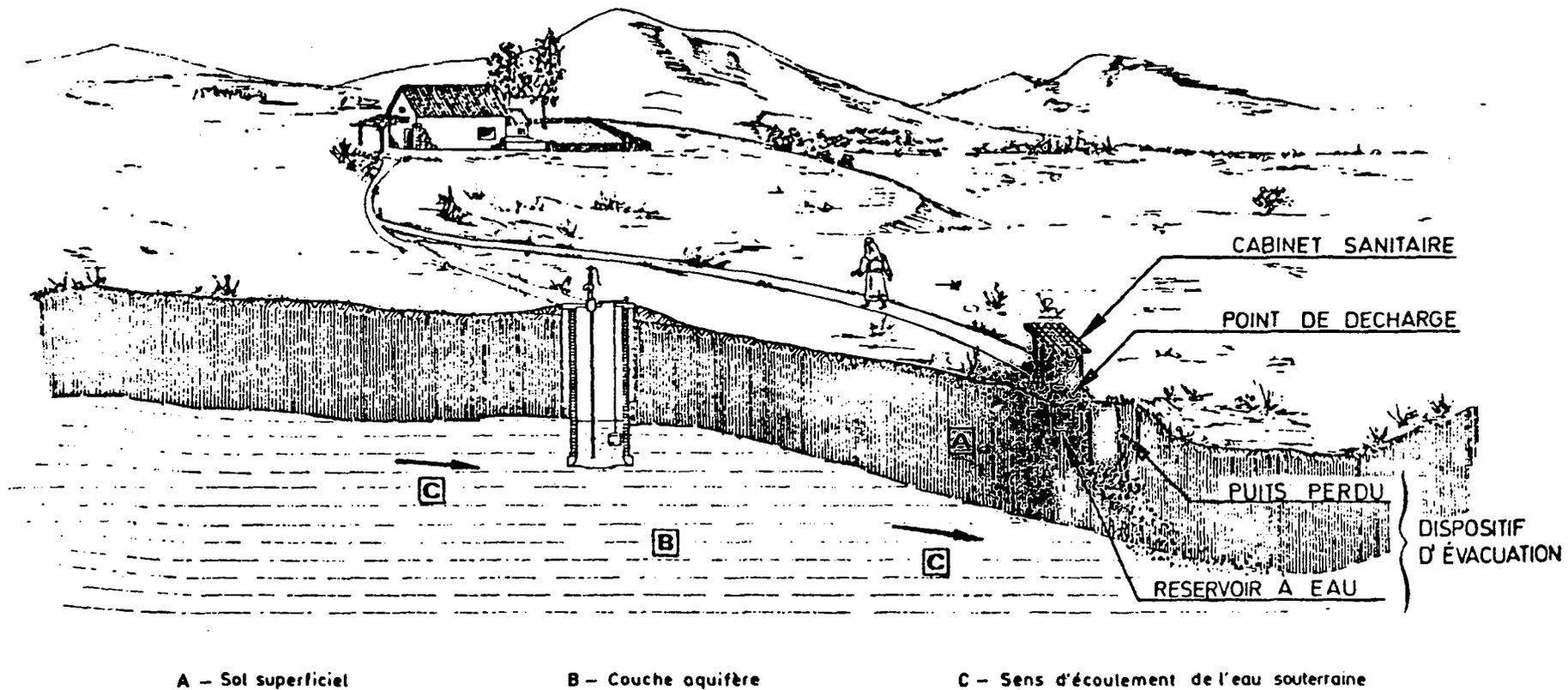


Fig.11 - Système d'évacuation des excréta

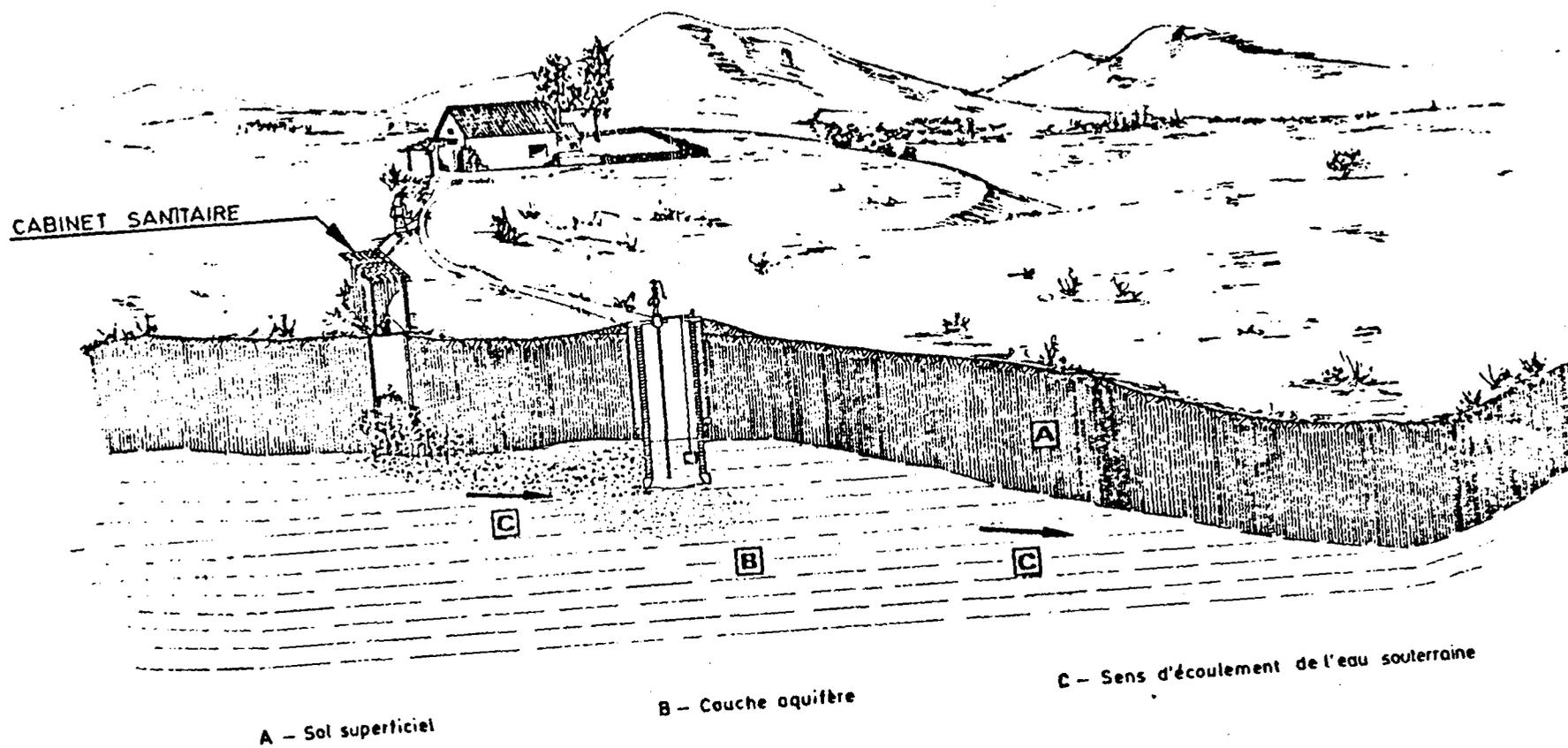
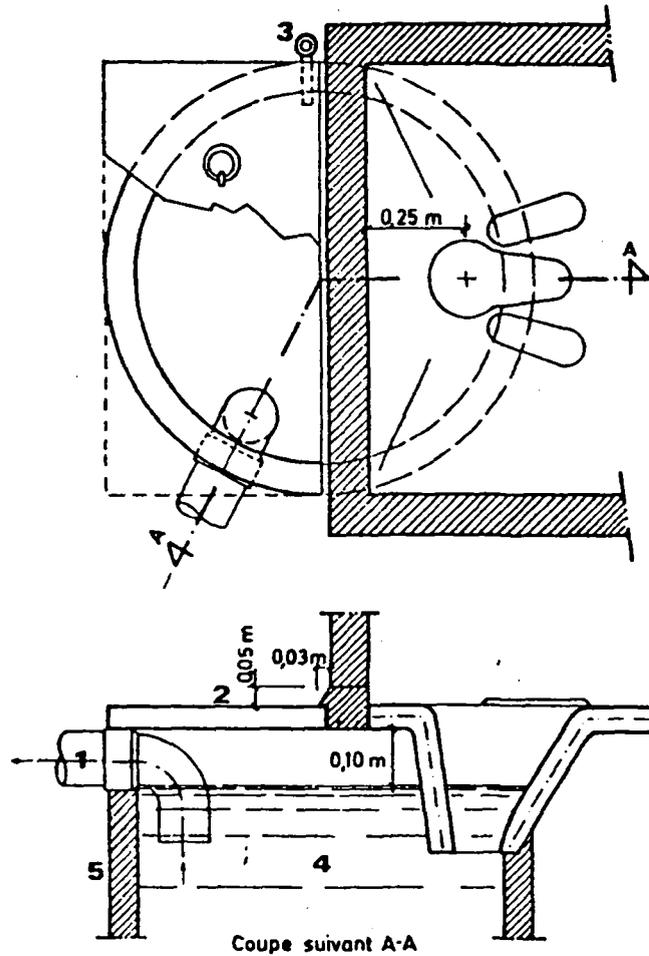


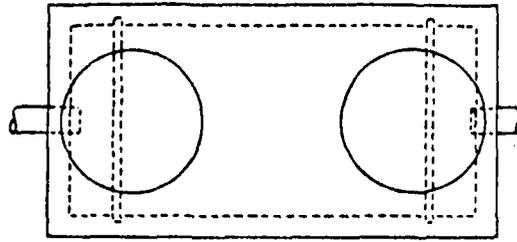
Fig.12 - Pollution de la nappe phréatique



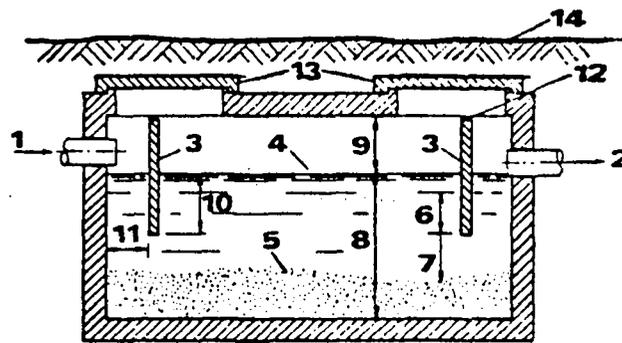
CHECK-LIST

1. Evacuation vers la tranchée ou le puits perdu
2. Tampon en béton armé
3. Tuyau de ventilation \varnothing 25 mm
4. La capacité du réservoir dépend du diamètre et de la longueur du tuyau d'égout utilisé
5. Tuyau d'égout en béton, de 0,90 ou 1,20m de diamètre, d'au moins 0,90 m de longueur et dont l'extrémité inférieure est scellée sur une dalle de béton

Fig.13- Cabinet à eau de type familial avec réservoir fait d'un tuyau d'égout en béton (d'après Lanoix et Roy,1976)



PLAN



COUPE

- 1 - Entrée
- 2 - Sortie
- 3 - Déflecteur
- 4 - Ecume flottante
- 5 - Boue
- 6 - Espace exempt d'écume
- 7 - Espace exempt de boue
- 8 - Profondeur d'eau dans le réservoir
- 9 - Espace dégagé
- 10 - Profondeur de pénétration du déflecteur
- 11 - Distance du déflecteur à la paroi, 20 à 30cm
- 12 - Haut du déflecteur, à 2,5cm du toit, pour la ventilation
- 13 - Couvertres, de préférence ronds
- 14 - Niveau du sol, à moins de 30cm au-dessus de la fosse (sinon, surélever les couvertres jusqu'au niveau du sol)

Fig.14-Type de fosse septique de ménage
(d'après Lanoix et Roy, 1976)

Séminaire sur la technologie appropriée
pour l'assainissement en milieu rural

MOR/BSM 003

Rabat, 1er-5- décembre 1981

QUELQUES REFLEXIONS SUR LE PROGRAMME
D'ASSAINISSEMENT EN MILIEU RURAL
DU MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DE LA REFORME AGRICOLE

par
M. Zaghoul
Direction de l'Equipement rural
Rabat, Maroc

SOMMAIRE

	<u>Page</u>
1. Relation assainissement - santé	151
2. Réalisations du Ministère de l'agriculture et de la Réforme agraire en matière d'assainissement	151
2.1 Bilan	151
2.2 Procédés de traitement et système d'assainissement	152
3. Considérations sur les procédés d'épuration	152
4. Difficultés rencontrées	154
5. Recommandations	155
ANNEXE I Projets d'assainissement réalisés par le MARA	156
ANNEXE II Considérations économique pour le choix d'un système de traitement	157

1. Relation assainissement - santé

Les effluents domestiques renferment un certain nombre de matières organiques et minérales, de micro-organismes pathogènes et de parasites qui sont à l'origine de pollution et de nuisances diverses.

Leur simple évacuation jusqu'à des zones éloignées des activités humaines représente l'une des opérations fondamentales de l'assainissement du milieu rural. Quand cette opération est réalisée par des égouts souterrains et étanches qui recueillent les effluents liquides et est suivie d'une épuration plus ou moins complète avant le rejet de ces effluents dans un milieu récepteur adéquat, on arrive aux résultats suivants :

- le contact entre l'homme et les germes pathogènes est évité;
- les matières organiques génératrices de gaz nauséabonds ou toxiques sont évacuées;
- les sols et les sources d'approvisionnement en eau des populations ne sont pas contaminés;
- les équilibres existants en milieu aérien et aquatique sont maintenus.

A travers ces résultats, on conçoit la relation étroite qui existe entre l'assainissement du milieu et la santé humaine. En effet, l'assainissement permet :

- d'améliorer les conditions d'hygiène des populations en réduisant les foyers d'infection;
- d'améliorer la qualité du cadre de vie et du bien-être;
- de préserver l'environnement et la nature.

2. Réalisations du Ministère de l'Agriculture et de la Réforme Agraire (MARA) en matière d'assainissement

2.1 Bilan

C'est dans le but d'assurer ces conditions d'hygiène et de permettre le développement social du milieu rural qu'un programme important d'assainissement en milieu rural a été réalisé par le Ministère de l'Agriculture et de la Réforme Agraire.

Les premières actions dans ce domaine remontent à 1958. Elles étaient limitées à la réalisation de réseaux sommaires destinés à assainir des foyers de pollution localisés tels que les abattoirs ruraux, les souks et les zones administratives.

C'est à partir de 1968 qu'un programme de grande envergure a été entamé touchant les agglomérations rurales les plus développées dotées de plans d'aménagement et de développement et desservies par un réseau d'eau potable.

En ce qui concerne les réalisations, le Ministère de l'Agriculture et de la Réforme agraire a assuré, depuis 1958 jusqu'à nos jours, la mise en place de réseaux d'assainissement pour 90 centres ruraux intéressant une population de 400 000 habitants. On remarque que, malgré l'ampleur de cet effort, la population rurale dotée d'un réseau d'égout, rapportée à la population rurale totale du pays (estimée à 61%) ne représente en définitive qu'un faible pourcentage de 4%.

2.2 Procédés de traitement et systèmes d'assainissement

Il convient de signaler que les efforts d'assainissement ont porté essentiellement sur des agglomérations rurales de petite et moyenne importance pour lesquelles la collecte des effluents est faite d'une manière collective et ceci dans le but de faire bénéficier du réseau d'égout le maximum d'habitants. Les cas isolés d'assainissement individuel ont été laissés à l'initiative et à la charge des particuliers.

Il est possible de dégager deux constantes principales de ces réalisations qui ont couvert l'ensemble du pays, à savoir :

a) Chaque fois qu'il était possible d'évacuer les eaux pluviales d'une agglomération par voie superficielle (conditions de topographie et de site favorables), une préférence a été donnée au système séparatif. Ce système présente les avantages suivants :

- fonctionnement hydraulique sous réserve de certaines dispositions particulières (chasse d'eau notamment);
- fonctionnement plus régulier des ouvrages conçus à l'aval pour l'épuration;
- meilleure gestion des sources de financement de la collectivité puisqu'il est possible, dans le cas où les ressources s'avèrent limitées, de ne réaliser que le réseau eaux usées, l'exécution du réseau eaux pluviales pouvant être reporté à plus tard;
- sujétions d'entretien et de gestion moins contraignantes que dans le cas du système unitaire;
- investissements moins onéreux dans le cas intéressant où les eaux pluviales peuvent être évacuées superficiellement.

b) En matière d'épuration des eaux et en dehors des agglomérations de grande densité ou situées au niveau des zones dites "zones de proximité", le procédé qui a souvent été utilisé est un simple traitement primaire par décantation qui consiste à faire séjourner les effluents, après dégrillage, dans un décanteur à l'air libre, suivi d'un rejet généralement dans un milieu récepteur ayant un pouvoir auto-épurateur (oueds essentiellement).

Ces différents choix résultent de considérations économiques, techniques et surtout relatives aux caractéristiques du milieu rural lui-même. A cet égard, il est intéressant de relever que l'assainissement dans la plupart des cas s'adresse à un habitat :

- généralement peu dense;
- dispersé soit en habitations individuelles éloignées les unes des autres, soit en plusieurs douars dans les mêmes conditions;
- situé parfois dans des conditions de topographie rendant difficile leur raccordement à un réseau d'égout.

3. Considérations sur les procédés d'épuration

Les actions du Ministère de l'Agriculture et de la Réforme agraire en matière d'épuration des effluents en milieu rural se sont articulées autour des axes suivants :

a) Objectif de qualité des eaux rejetées

Cet objectif est considéré en relation avec les possibilités qu'a le milieu récepteur, qui est généralement une masse d'eau, d'accepter la charge polluante sans qu'il soit porté préjudice à l'utilisation des eaux à l'aval. En effet, si aucune précaution n'est prise, les effluents bruts risquent d'être à l'origine de contamination des points d'utilisation des eaux ou de déséquilibre affectant la composition de l'eau, la flore et la faune aquatiques.

A cet égard, il faut signaler que certains éléments de nature à préciser le degré d'épuration souhaité n'étaient pas disponibles lors de l'élaboration du programme d'assainissement. Il s'agit des données relatives :

- au pouvoir polluant de l'effluent;
- au cours d'eau exutoire, notamment le débit d'étiage, les eaux moyennes, etc.
- au schéma d'aménagement futur du cours d'eau (prise d'eau potable, retenue, etc);
- à la nappe souterraine, notamment le sens d'écoulement de l'aquifère, les fluctuations du niveau, etc.

La règle générale appliquée, même en l'absence de ces données, a été de réaliser une épuration des eaux à un niveau primaire, mais jamais un rejet direct des effluents bruts.

Dans le cas où le rejet se situe à proximité de zones estimées très sensibles à la pollution, le traitement complet des effluents a été adopté. C'est le cas de :

- la station d'épuration d'Imozrène (Province d'Al Hoceima) située à proximité d'un périmètre irrigué à forte densité d'habitation qui est traversé par l'exutoire choisi;
- la station d'épuration de Dar Chaoui (Province de Tanger) où l'exutoire se trouve en amont du puits d'alimentation des eaux;
- la station d'épuration d'Ouaouizghat (Province de Beni Mellal).

b) Choix de procédés d'épuration adaptés

On entend par procédés adaptés aux petites agglomérations rurales, les procédés d'épuration qui remplissent les conditions suivantes :

- simplicité du procédé aussi bien dans sa mise en place que dans son fonctionnement;
- fiabilité et efficacité du procédé tout en étant peu sensible aux abus;
- coût de premier établissement et de gestion peu onéreux; procédé ne nécessitant, dans la mesure du possible, pour fonctionner, ni énergie électrique (coût de raccordement et de pose de poste de transformation élevé), ni apport de produits particuliers (souvent non disponibles et difficiles à se procurer), et n'exigeant pas de main-d'oeuvre qualifiée. Les interventions qu'il y aurait lieu de faire seraient uniquement du type curage de décanteur ou lavage de dégrilleur.

C'est dans ce cadre que le procédé d'épuration qui a été très souvent retenu pour les petites agglomérations rurales est une décantation avec dégrillage et évacuation des boues décantées dans des lits de séchage.

Il faut remarquer que l'expérience au Maroc en matière d'assainissement en milieu rural reste encore assez récente dans le cas des procédés par boues activées et biologiques et est limitée d'une manière générale, car elle n'a pas été suivie parallèlement par un programme de recherche destiné à préciser les données de base des projets (notamment paramètres de calcul des eaux pluviales, nature des effluents rejetés et leur charge polluante, etc.).

4. Difficultés rencontrées

Elles se situent à plusieurs niveaux :

a) Au niveau de la conception

Il existe une lacune importante au niveau de la réglementation du choix du degré d'épuration des rejets, sauf pour les cas où l'on se situe à proximité des zones dites "zones de proximité", où le bon sens d'ailleurs incite à adopter une épuration pratiquement complète.

De ce fait, le degré d'épuration à adopter est laissé à l'appréciation du projeteur qui parfois ne tient compte que d'une situation ponctuelle et de l'économie du rejet, sans examiner en détail les conséquences qui peuvent en résulter à l'aval.

b) Au niveau du financement

La réalisation de l'assainissement de certaines agglomérations a dû être reportée par manque de ressources de financement ou ventilée en plusieurs tranches. La question du financement est parfois difficile, quand il est nécessaire de raccorder les habitations existantes au moment de la réalisation du projet à des ouvrages principaux onéreux. Cette situation revient à faire endosser le coût de l'assainissement à la collectivité, alors qu'il est projeté en fonction d'une population future.

La charge de l'assainissement est assez lourde pour la collectivité, car les coûts de l'épuration sont relativement importants, étant de l'ordre de :

- 30 à 50 DH/hab. équivalent pour une simple décantation (avec éventuellement une stabilisation);
- 150 à 200 DH/hab. équivalent pour la fosse Imhoff;
- 250 à 300 DH/hab. équivalent par le procédé des boues activées.

c) Au niveau de la gestion

Comme il a été dit auparavant, les procédés permettant un haut degré d'épuration nécessitent un personnel qualifié pour assurer le fonctionnement de la station dans de bonnes conditions et éviter les cas d'abus. De plus, les frais d'exploitation ne sont pas négligeables, puisqu'on les estime actuellement à environ 20-25 DH/personne assainie/an.

Dans le cas des stations d'épuration de type décanteur, le recrutement d'un préposé est nécessaire pour la surveillance et le curage du décanteur. On estime que le coût d'exploitation se situe entre 2 et 3 DH/personne assainie/an.

Il convient de souligner à cet égard que le problème de gestion des ouvrages d'épuration constitue la pierre d'achoppement du programme d'assainissement, comme d'ailleurs du programme d'adduction d'eau potable. Des dispositions particulières doivent être prises préalablement à l'exécution des ouvrages afin de résoudre ce problème. C'est dans ce but que des contrats de maintenance ont, pour certains projets, été passés avec le constructeur. Dans le cadre de ces contrats, le constructeur se charge de la formation du personnel local pendant une durée déterminée (six mois) au bout de laquelle le personnel est capable de prendre en charge la marche de la station d'épuration.

5. Recommandations

En conclusion de ce qui vient d'être exposé, il convient de souligner les services rendus par l'assainissement du milieu rural à l'échelle de l'individu, de l'environnement et de la nation. C'est la raison pour laquelle certains efforts doivent être poursuivis, ou entamés s'ils ne l'ont pas encore été, pour faire réussir le programme d'assainissement national. Ces efforts devront se situer sur différents plans :

a) Sur le plan humain

Ceci devra se faire par l'éducation sanitaire de la population par le biais de campagnes d'information et de vulgarisation des principes d'hygiène et de sensibilisation des populations rurales aux problèmes de pollution.

b) Sur le plan du financement

La poussée démographique et le développement des activités humaines que connaît le Maroc doivent inciter les pouvoirs publics à octroyer beaucoup plus de subventions au programme d'assainissement (vu la capacité financière limitée des collectivités). Cet effort va d'ailleurs dans le sens de l'objectif de mise en oeuvre des recommandations de la Conférence des Nations Unies sur l'eau à Mar del Plata (mars 1977).

Par ailleurs, des formules de participation des personnes assainies devraient être appliquées (redevances et taxe de branchement) et permettraient de couvrir les frais d'exploitation de ces réseaux et stations d'épuration.

c) Sur le plan juridique

Une réglementation adaptée aux conditions du pays devra être envisagée pour fixer le degré d'épuration des eaux.

d) Sur le plan de la recherche

Un programme de recherche de base devra être mis en place pour définir les valeurs locales des différents paramètres utilisés dans le calcul de l'assainissement (volumes des effluents ainsi que leur DBO5 et MES, etc.)

PROJETS D'ASSAINISSEMENT REALISES
PAR LE MINISTERE DE L'AGRICULTURE
ET DE LA REFORME AGRAIRE

DESIGNATION DES CENTRES	Population considérée		Système d'assainis- sement	Procédé d'assainissement	Coût du projet		OBSERVATIONS
	P ₀	P			Réseau	Station	
IMZORENE	3.000 hab.	6.000 hab.	unitaire	biologique par boues activées en aération prolongée	58 DH/hab (1973)	220 DH/hab. Equi- (1978)	Réduction de 96% de la DBO 5
DAR TCHAQUI	4.000 hab.	8.000 hab.	unitaire avec poste de relèvement	biologique par boues activées en aération prolongée	110 DH/hab	217 DH/hab. Equi- (1978)	Rejet dans un fluent de l'Oued Hachef Réduction de 90% de la DBO 5.
JOUF EL MELHA (Kénitra) construit	1.444 hab. (1978)	2.233 hab. (2.000) 8.174 hab Equi. (abattoir + Ecole)	Séparatif	Bassin de décantation + bassin de stabilisation + lit de séchage	65 DH/hab équiva- lent	30 DH/hab équivalent (1978)	Réduction de 45% de la DBO 5.
AGUL BLED (Khemisset) construit	-	2.600 hab. (2.000)	Séparatif	Bassin de décantation + lit de séchage	130 DH/hab	20 DH/hab équivalent (1978)	Réduction de 30% de la DBO 5.
DRIOUCH (Nador)	2.000 hab. (1969)	4.000 hab (1969) 5.000 hab. Equi.	Unitaire	Bassin de décantation + lit de séchage	57 DH/hab équiv. (1969)	3 DH/hab Equiv. (1969)	Réduction de 50% de la DBO 5.

7 5

CONSIDERATIONS D'ORDRE ECONOMIQUE POUR LE
CHOIX DU SYSTEME DE TRAITEMENT

Système de traitement	Champ d'épandage	Bassin de stabilisation	Fosse Imhoff	Aération mécanique des boues activées	Filtres biologiques bactériens
Degré de traitement	Risque de contamination du sol et des eaux souterraines	Réduction de .45% DBO .99% Coliformes	Réduction de .45% DBO .60% Coliformes	Réduction de .95% DBO .98% Coliformes	Réduction de .80% DBO .95% Coliformes
Frais de construction	Coût du terrain	65 à 80 DH/personne desservie	175 à 200 DH par personne desservie	270 à 300 DH par personne desservie	300 à 350 DH par personne desservie
Frais d'exploitation	Faible	2 à 3 DH par personne/an	4 à 6 DH par personne/an	20 à 25 DH par personne/an	15 à 20 DH par personne/an
Exploitation	Néant	surveillance stricte	surveillance et entretien	personnel qualifié	personnel qualifié

(Prix de 1979 - 1980)



Séminaire sur la technologie appropriée
pour l'assainissement en milieu rural

MOR/BSM 003

Rabat, 1er-5 décembre 1980

SURVEILLANCE ET CONTROLE DE QUALITE DES EAUX EN ZONES RURALES

par
le Dr Abouzaid
Directeur du Laboratoire central
de l'Office national de l'Eau potable (ONEP)
Rabat, Maroc

SOMMAIRE

	<u>Page</u>
Introduction	161
1. Contrôle et surveillance	161
2. Protection des captages	162
3. Traitement de l'eau	162
3.1 Le traitement physique de l'eau	162
3.2 Le traitement chimique de désinfection	163
4. Contrôle du chlore résiduel	165
5. Interprétation des résultats des analyses	165
5.1 Analyses bactériologiques	165
5.2 Tests de pollution chimique	168

INTRODUCTION

Le problème de l'eau est un problème de santé publique primordial. La preuve en est dans le fait que les maladies d'origine hydrique occupent une place importante parmi les maladies infectieuses qui sévissent encore de nos jours dans les pays en voie de développement.

Parmi ces infections, la typhoïde se manifeste par une forte endémicité, voire par des poussées épidémiques imputables à un manque d'eau, à l'altération des conditions d'hygiène ou à la pollution de l'eau.

Les épidémies dues à une contamination de l'eau sont généralement massives d'emblée, lorsque l'eau existe en abondance, mais lorsqu'il y a des coupures très longues avec distribution d'eau par intermittence et que l'eau est polluée dans un secteur, l'épidémie se propagera graduellement et non massivement, comme il est classique de le dire pour les épidémies ayant pour origine l'eau de boisson.

Mais, même dans ces conditions, le nombre de sujets atteints est toujours supérieur à ce que l'on peut observer dans le cas de contamination par mains sales, car la simultanéité d'infection des sujets réceptifs a une probabilité plus élevée.

L'eau joue un rôle d'autant plus grand dans la transmission des maladies en milieu rural que le niveau de distribution d'eau potable y est encore très faible; pour 1980, les estimations donnent en effet les résultats suivants :

- 5% seulement de ruraux disposent d'un branchement individuel;
- 10% s'approvisionnent dans les fontaines publiques;
- 10% ont accès à un puits public.

Le reste de la population continue à s'alimenter aux sources traditionnelles : puits privés, impluviums, etc. qui ne présentent aucune garantie sur le plan hygiénique.

1. Contrôle et surveillance

Il est de coutume de distinguer entre la surveillance et le contrôle des eaux; la surveillance est en effet une obligation des services adducteurs et distributeurs alors que le contrôle est normalement une prérogative du Ministère de la Santé publique.

Il est par ailleurs possible de distinguer deux types de contrôle :

a) Les visites de contrôle d'hygiène qui visent à constater :

- la propreté du périmètre de protection des captages;
- la bonne marche des stations de traitement;
- le bon état des réseaux de distribution;
- la recherche de sources potentielles de pollution.

Ces visites seront à faire en compagnie des responsables locaux de la distribution de l'eau; elles devraient avoir lieu au moins une fois par an.

b) Le contrôle physique, chimique et bactériologique de l'eau destinée à la distribution. Il est cependant évident que la dispersion de l'habitat en milieu rural ainsi que la pénurie de laboratoires spécialisés doivent amener à privilégier le contrôle hygiénique des captages, même s'il est nécessaire de maintenir un niveau minimum de contrôle de qualité de l'eau.

Les conditions pour que ce travail de contrôle de la qualité de l'eau puisse être exécuté aisément sont rappelées très brièvement dans la suite de cet exposé; il s'agit du respect des périmètres de captage, de l'efficacité du traitement de désinfection de l'eau, des points de repère en matière de contrôle, et pour finir de l'interprétation des résultats d'analyses.

2. Protection des captages

Comme on le verra plus loin, un traitement de désinfection n'est pleinement efficace que si la charge bactérienne reste inférieure à un certain niveau. Il faudra donc porter toute son attention sur les éléments (situation et conception) qui assureront une protection naturelle des ressources contre la contamination extérieure.

C'est ainsi que selon le dahir du 11 Moharrem 1344 (ou 1^{er} août 1925) "des zones de protection soumises à des servitudes spéciales pourront être établies autour des puits et captages d'alimentation publique". On peut retenir en moyenne une distance de 30 à 40 m tout autour d'un ouvrage d'exploitation comme zone de sécurité. Le périmètre de protection ainsi délimité est conçu de telle sorte que toute pollution bactérienne qui pénètre dans le sol en venant de l'extérieur soit détruite avant de contaminer l'eau prélevée. Mais il faut bien noter qu'en cas de roches compactes, les bactéries peuvent parcourir dans les fractures et cavités des distances considérables sans aucune destruction.

Un certain nombre d'interdictions protègent ces zones et le dahir précité mentionne les agents de l'Etat spécialement chargés de constater les contraventions et délits (ingénieurs des Travaux Publics et de l'Hydraulique, fonctionnaires et agents du Service des Eaux et Forêts, etc.)

3. Le traitement de l'eau

Les eaux destinées à la distribution pour la consommation peuvent être divisées en 2 grandes catégories :

- les eaux qui restent limpides tout au long de l'année et ce, même pendant la saison de fortes pluies qui suit la saison sèche. Ces eaux ne nécessitent aucun traitement physique.
- les eaux qui sont toujours turbides ou qui peuvent le devenir à la suite de fortes pluies. Ces eaux doivent subir obligatoirement un traitement physique.

Les deux catégories d'eau subiront toujours une désinfection.

3.1 Le traitement physique de l'eau

Celui-ci comporte deux étapes :

- clarification (floculation + décantation)
- filtration.

a) Floculation

La floculation peut être précédée d'un débouage, lorsque les eaux sont très troubles. C'est le cas des eaux d'oueds après les grosses pluies qui charrient une quantité très importante de matières solides.

La floculation est généralement réalisée par addition de sels d'aluminium ou de fer (sulfate d'aluminium, chlorure ferrique, etc.) en fonction du type de matières solides à floculer. L'eau claire obtenue après sédimentation du floc contient généralement un nombre de bactéries qui est inférieur de 80% au nombre initial.

b) Filtration

L'eau clarifiée est ensuite filtrée sur des filtres à sable qui permettent une filtration rapide. Au cours de cette filtration, les matières en suspension n'ayant pas sédimenté sont éliminées de l'eau. La réduction du nombre des bactéries au cours de cette opération est de 95% environ.

Un bon traitement physique doit donc permettre une réduction de la concentration bactérienne à 1% environ de la concentration initiale de l'eau brute.

Ce traitement doit également réduire la turbidité de l'eau à des valeurs de préférence inférieures à 0,50 NTU (Nephelometric Turbidity Unit). Une turbidité supérieure à 1 NTU signifie que le traitement de clarification et de filtration n'est pas suffisamment efficace.

En l'absence d'une technologie spécialement conçue pour le milieu rural, les stations de traitement physique de l'eau qui s'y trouvent et exigent une surveillance continue de la part d'un personnel relativement compétent fonctionnent de manière peu satisfaisante. Il convient donc de ne recourir aux eaux de surface comme source d'approvisionnement en eau potable en milieu rural que dans le cas où il n'est pas possible d'assurer cette alimentation à partir d'eaux souterraines naturellement protégées.

3.2 Le traitement chimique de désinfection

Le traitement de désinfection intervient pour éliminer les bactéries qui ont passé les différentes barrières du traitement physique. Mais cette élimination aussi n'est jamais totale, et la concentration bactérienne finale sera d'autant plus faible que l'eau ayant subi le traitement physique est moins chargée en bactéries.

On considère que le degré d'élimination des coliformes par l'ensemble d'un traitement classique est de l'ordre de 99,98% : il y a donc des chances de survie de 1 coliforme/100 ml d'eau traitée, si dans l'eau brute il y en a 5000/100 ml, et nous verrons à propos de l'interprétation des résultats, la signification de la présence des coliformes dans l'eau désinfectée. Mais il ressort d'emblée de ce qui précède qu'il importe de connaître la charge initiale de l'eau brute en bactéries et plus spécialement en coliformes pour déterminer le type de traitement qu'il conviendra d'utiliser, ou tout simplement pour savoir si un traitement efficace est réalisable.

Des normes à cet effet ont été établies :

Catégorie d'eau	Norme
I - Eau utilisable après simple désinfection	0 à 50 colif./100 ml dont au plus 20 colif. fécaux/100 ml
II - Eau utilisable après un traitement classique : - clarification - filtration - désinfection	50 à 5 000 colif./100 ml dont au plus 2 000 colif.fécaux/ 100 ml
III - Eau fortement polluée, à n'utiliser qu'après un traitement poussé	5 000 à 50 000 colif./100 ml dont au plus 20 000 colif.fécaux/ 100 ml
IV - Eau très fortement polluée à n'utiliser qu'à défaut d'autres possibilités, et après traitement spécial	plus de 50 000 coliformes/100 ml

Au Maroc, la désinfection de l'eau se fait généralement à l'aide de solutions d'hypochlorite (eau de javel). Dans les grandes stations seulement, la désinfection se fait à l'aide de chlore gazeux. Ce dernier type de traitement exige un personnel compétent et bien entraîné, le chlore étant un gaz très toxique.

Notons que l'utilisation de permanganate de potassium n'est pas recommandée pour la désinfection de l'eau. En effet, ce réactif est efficace contre le vibrion cholérique, mais il ne l'est pas contre les autres germes pathogènes.

Dans le cas de l'utilisation de solutions d'hypochlorite, on utilise des pompes d'injection à débit réglable, qui sont directement branchées sur les conduites principales (pompes doseuses). La quantité d'hypochlorite injectée par unité de volume d'eau à traiter dépend de deux facteurs :

a) La demande en chlore de l'eau : c'est la quantité de chlore qui sera inactivée par réaction avec certaines matières minérales ou par fixation sur des matières organiques ou des produits azotés en formant avec eux des composés relativement stables.

b) Le chlore résiduel actif : c'est après avoir satisfait à la demande en chlore, que la solution d'hypochlorite ajoutée en surplus apportera à l'eau du chlore actif envers les bactéries; c'est ce qu'on appelle le chlore résiduel libre. Une bonne désinfection de l'eau exige un taux de chlore résiduel libre compris entre 0,2 et 0,8 mg/l selon le pH de l'eau.

Pour qu'un désinfectant soit efficace, il faut en outre qu'il ait un temps d'action suffisant. C'est pourquoi la chloration doit avoir lieu avant les réservoirs têtes de réseau, afin de laisser au chlore résiduel un temps d'action de l'ordre de 15 minutes. Si ces critères d'une bonne désinfection sont observés et si l'eau circule dans les conduites sous une pression de l'ordre de 2,2 à 3,6 kg/cm², on a en principe réuni toutes les conditions nécessaires pour amener au robinet du consommateur une eau de bonne qualité bactériologique.

En cas de coupure d'eau, et lorsque la pression à l'intérieur des conduites tombe audessous de $2,2 \text{ kg/cm}^2$ ou devient même négative par rapport au milieu extérieur, il y a possibilité d'infiltration d'eau polluée et de contamination de l'eau s'écoulant dans les conduites. C'est pour parer à ces incidents qu'il y a lieu, après les coupures, de toujours porter le taux de chlore résiduel de 0,5 à 1 mg/l, selon la valeur du pH, pendant une douzaine d'heures.

Les calculs de chloration par solution d'hypochlorite de sodium sont basés sur le principe suivant : 1 litre d'eau de javel contient 3,17 g de chlore pur par degré chlorométrique. Ces solutions doivent être conservées au frais et à l'obscurité sous peine de perdre très rapidement tout pouvoir désinfectant. Au moment de les utiliser, on peut les diluer selon les besoins, pour obtenir des concentrations de 0,5 à 1,0% d'un maniement plus commode dans les doseurs.

4. Contrôle du chlore résiduel

La recherche du taux de chlore résiduel libre à l'aide de comparateurs à disques est un test obligatoire; elle doit être faite quotidiennement sur l'eau distribuée, en particulier en fin de réseau.

En cas d'absence de chlore résiduel en fin de réseau, il faut faire des tests échelonnés en remontant les conduites à l'aide d'un plan du réseau.

La disparition du chlore résiduel peut être due :

- soit à une cause locale : dans ce cas, on constate une disparition du chlore dans un secteur seulement;
- soit à une cause générale : augmentation de la demande en chlore de l'eau brute par exemple, qui dans la plupart des cas s'accompagne d'une augmentation de la concentration bactérienne initiale. Il peut encore s'agir d'une déficience du dispositif de chloration.

Dans la mesure où la disparition du chlore résiduel n'est pas uniquement due à une déficience du dispositif de chloration, il convient de faire appel aux autorités compétentes pour mener une enquête en compagnie de l'exploitant et procéder aux analyses nécessaires.

5. Interprétation des résultats des analyses

Dans les centres ruraux, un contrôle chimique et bactériologique des eaux potables doit être effectué au moins deux fois par an, au printemps et en automne après les premières pluies (circulaire No. 25/SG du 27 septembre 1948 émanant de la Santé publique).

5.1 Interprétation des résultats d'analyses bactériologiques :

Comme partout ailleurs, un des problèmes essentiels concernant l'interprétation des analyses bactériologiques est celui de la validité de la méthode de prélèvement utilisée et de la représentativité des échantillons prélevés. Chaque fois que l'on dispose d'un moyen de pompage et que le traitement n'est pas effectué directement dans la source, ce qui est déconseillé mais souvent inévitable, on procède au prélèvement de l'eau brute après la pompe de reprise. A défaut, il est possible de faire appel à l'un des nombreux dispositifs de prélèvement en profondeur qui existent.

Les analyses bactériologiques comportent les tests suivants :

- dénombrement des germes aérobie
- colimétrie
- dénombrement des streptocoques fécaux
- dénombrement des clostridiums sulfito-réducteurs.

Il existe des laboratoires portatifs contenant tout l'appareillage nécessaire pour effectuer sur le terrain une partie au moins de ces tests (colimétrie et dénombrement des streptocoques fécaux) par la méthode de filtration au travers d'un filtre préréalisé ou à travers des boîtes-filtres contenant des filtres stériles.

5.1.1 Dénombrement des germes totaux (test de stabilité, de propreté et d'efficacité)

Ce test n'a de valeur que lorsqu'il est répété dans le temps.

Un gisement aquifère bien protégé donne une eau dont la teneur en germes totaux reste stable; si cette teneur n'est pas constante, il faut penser à une infiltration d'eau de surface.

Les eaux de surface ont une concentration bactérienne très variable et généralement plus élevée en période sèche qu'en période humide, ce qui est dû en particulier au fait que l'eau météorique, stérile, dilue les eaux de surface.

Dans le dénombrement, il faut distinguer :

- les bactéries développant à 37°C, qui proviennent généralement d'animaux à sang chaud;
- les bactéries se développant à 22°C, qui vivent en saprophyte dans la nature.

Dans les stations de traitement, le dénombrement des germes totaux permet l'évaluation de l'efficacité du traitement.

Dans les réseaux de distribution, les dénombrements permettent d'apprécier leur propreté et la fréquence des chasses à effectuer. C'est ainsi que pour une eau traitée, le nombre de germes totaux en fin de réseau de distribution ne doit pas excéder vingt fois le nombre de germes existant en début du réseau avant le ou les réservoirs de mise en charge, dans 90% des échantillons analysés au cours de l'année.

5.1.2 Colimétrie

Dans ce test, il faut distinguer :

- le dénombrement des Escherichia coli;
- le dénombrement des coliformes comportant :
 - . les Escherichia coli
 - . les citrobacter
 - . les Klebsiella
 - . les entérobacter.

a) Le dénombrement des Escherichia coli est un test très spécifique, très sensible mais peu résistant. C'est un bon indice de contamination fécale récente. On accorde la même importance aux Klebsiella, que l'on retrouve aussi dans les fèces et qui se développent avec Escherichia coli à 44°C.

Une eau qui contient des Escherichia coli ou des Klebsiella doit être considérée comme impropre à la consommation humaine.

Dans une eau brute non traitée, on recherchera toujours les Escherichia coli et Klebsiella par culture à 44°C.

b) Les coliformes

Mis à part les Escherichia coli et Klebsiella, il reste les citrobacter et les entérobacter.

Ces bactéries ne sont pas spécifiques, on les trouve dans la nature à l'état de saprophyte. Il n'est dès lors pas possible de parler de contamination fécale d'une eau non traitée dans laquelle ces germes coliformes ont été mis en évidence.

La mise en évidence de ces coliformes doit donc être suivie d'identification de la présence d'Escherichia coli et de Klebsiella. En l'absence de ces germes, les autres bactéries indices de pollution fécale, à savoir les streptocoques fécaux, doivent être recherchés.

Néanmoins, pour les eaux traitées, le dénombrement des coliformes a beaucoup de valeur, car les citrobacter et entérobacter sont des bactéries beaucoup plus résistantes aux traitements de l'eau que les Escherichia. Cette résistance serait égale à celle des salmonelles et on considère qu'une eau traitée ne contenant plus de coliformes est une eau exempte de salmonelles.

Des études étrangères, qui ont été confirmées dans certaines villes du Royaume, ont montré qu'il existe un rapport entre le nombre des coliformes et le nombre des Salmonella typhi dans l'eau. Ce rapport dépend de la fréquence de la fièvre typhoïde dans la région, et il reste constant au cours de l'épuration et de l'auto-épuration de l'eau.

En résumé, le dénombrement des coliformes est l'analyse essentielle de l'eau traitée.

Une eau de bonne qualité ne doit jamais avoir plus de 10 coliformes pour 100 ml, et 90% des échantillons prélevés au cours de l'année doivent être dépourvus de coliformes pour une prise d'essai de 100 ml.

5.1.3 Dénombrement des streptocoques fécaux

Etant donné la très grande résistance de ces bactéries aux traitements, leur présence dans une eau traitée n'a pas beaucoup de signification, d'autant que ces bactéries sont largement répandues dans la nature à l'état de saprophytes.

Toutefois la présence de streptocoques fécaux et de coliformes dans une eau brute prend une toute autre signification et doit faire penser à une contamination fécale.

5.1.4 Dénombrement des clostridiums

Dans le tube digestif de l'homme, on retrouve surtout l'espèce Clostridium perfringens, qui existe aussi dans la nature. La distinction d'origine n'est pas possible.

Etant donné la résistance des clostridiums, leur présence isolée peut être l'indice d'une contamination et doit entraîner la répétition des analyses pour rechercher la présence d'autres germes indices de contamination fécale.

Mais si ces germes ne sont pas une preuve absolue de contamination fécale, ce sont de bons indices d'entretien des installations de traitement. Les boues insuffisamment renouvelées dans les fonds des décanteurs pendant la saison chaude peuvent être, en l'absence de préchloration, un bon milieu de multiplication des clostridiums. De même, lorsque les filtres sont mal entretenus, ou mal lavés, on peut encore observer des clostridiums dans l'eau à la sortie des filtres.

5.2 Interprétation des tests de pollution chimique

Dans les tests de pollution, le dosage de l'azote sous ses trois formes : ammoniacale, nitreuse et nitrique est très important. L'une au moins de ces mesures, celle de l'ammonium, peut se faire sur le terrain au comparateur à disques.

L'ammoniaque provient généralement de la décomposition des matières organiques par les bactéries; par passage de l'eau dans le sol et sous l'influence de certaines bactéries, l'ammoniaque est transformée en azote nitreux puis en azote nitrique.

La présence d'une forte quantité de nitrite et d'une forte quantité d'ions ammonium est un bon indice de pollution. Par contre, une eau qui a subi une épuration efficace lors de sa filtration à travers le sol est pauvre en ions ammonium et riche en nitrate.

On considère en général que lorsque la décomposition des matières organiques a atteint le stade nitrate, la pollution organique a disparu et le nombre de bactéries pathogènes a considérablement diminué.

En résumé :

- Présence d'ions ammonium : contamination récente in situ par des matières organiques en décomposition, ou simple proximité de ces dernières. Certaines eaux ferrugineuses profondes peuvent cependant renfermer des doses relativement élevées d'ions ammonium.
- Présence de nitrites : une teneur en azote nitreux supérieure à 0,10 mg/l doit faire penser à un apport d'eau riche en matières organiques insuffisamment oxydées.
- Présence de nitrates : La présence de nitrates en l'absence de nitrites indique une minéralisation complète des matières organiques et par conséquent une pollution assez éloignée dans le temps ou dans l'espace.

Notons que, si les nitrates peuvent donner à l'eau une saveur agréable et une sensation de fraîcheur, leur concentration doit rester inférieure à 44 mg/l. Au-delà de cette limite, l'eau peut être nocive pour le nourrisson (méthémoglobinémie ou cyanose du nourrisson).

- Matières organiques : Une eau riche en matières organiques doit toujours être suspectée de contamination bactériologique. Une eau de boisson ne devrait pas en contenir plus de 1,5 mg/l en oxygène consommé.

Avant de donner une interprétation des résultats de l'analyse chimique, il importe de savoir qu'une analyse ne peut être considérée comme suspecte que lorsqu'il y a une forte augmentation par rapport aux taux trouvés normalement, si le taux est très élevé par rapport aux taux trouvés dans les eaux provenant du même site géologique, ou s'il y a corrélation avec les analyses bactériologiques.

Ce sont d'ailleurs les analyses bactériologiques qui sont les plus sensibles et qui ont un rôle déterminant dans la définition de la potabilité d'une eau.

Séminaire sur la technologie appropriée
pour l'assainissement en milieu rural

MOR/BSM 003

Rabat, 1er-5 décembre 1980

EXPERIENCE TUNISIENNE RELATIVE A LA PROTECTION
DU MILIEU DANS LES ZONES RURALES

par
N. Hamada
Ministère de l'Intérieur
de la République tunisienne

SOMMAIRE

	<u>Page</u>
1. Introduction - Importance de l'assainissement	173
2. L'expérience tunisienne - Données générales	173
2.1 Structures administratives	173
2.2 Structures d'intervention	174
3. Projets élaborés dans le domaine de l'eau et de l'assainissement	175
3.1 Réhabilitation de zones insalubres	176
3.2 Projet pilote de toilettes de compostage	176
3.3 Création de villages ruraux	177
4. Autres actions	177
4.1 Ordures ménagères	177
4.2 Lutte antivectorielle	178
4.3 Contrôle sanitaire	179
5. Conclusion	179
ANNEXE I Recommandations de la Commission de la Salubrité publique et du Règlement sanitaire	181
ANNEXE II Recommandations de la Commission de l'Environnement	185
ANNEXE III Figures 1 à 11	189

1. Introduction

L'eau est l'élément moteur de la vie de l'être humain. Pour vivre, il est indispensable d'absorber une certaine quantité d'eau; elle est aussi importante pour la préparation des aliments et la toilette. Pourtant, par la négligence des hommes, l'eau est partout menacée de pollution.

Actuellement, plus de la moitié de la population mondiale ne dispose pas d'eau potable, c'est-à-dire d'une eau qui n'offre aucun danger pour la santé. Dans les pays en voie de développement où 80% de la population vit dans les régions rurales, seulement 15% dispose d'une eau saine.

L'homme a besoin d'une quantité d'eau minimale tant pour boire que pour préparer sa nourriture. Comme ce besoin minimal est une nécessité vitale, faute d'un réseau adéquat de distribution d'eau sous pression, on doit recourir à toute une série de mesures de remplacement (puits, fossés, mares d'eau de qualité bactériophysico-chimique et organoleptique douteuse). Ces eaux sont à elles seules causes de la majeure partie des maladies d'origine hydrique. Dans les zones urbaines qui dépassent une certaine dimension, ces solutions ne sont pas possibles, aussi les collectivités sont-elles contraintes d'assainir.

La consommation domestique n'est que l'une des utilisations de l'eau dans les agglomérations, mais elle est la principale composante - puisqu'elle représente 50 à 70 % de la consommation totale.

Par suite de l'accélération du phénomène d'urbanisation enregistré dans divers pays, les réseaux urbains se sont détériorés (sous l'effet de charges permanentes).

L'adduction d'eau contribue aussi à la vie d'une agglomération : elle fournit la seule façon satisfaisante d'éliminer les déchets humains (excreta); aussi sur le plan pratique, et lors des calculs d'un réseau d'assainissement, considérera-t-on pour le dimensionnement des ouvrages que les 4/5 de la consommation spécifique d'eau se retrouvent dans les réseaux d'égout et au niveau des stations d'épuration. Certaines villes, du fait de l'inexistence de réseaux, sont contraintes d'évacuer ces déchets par camions-citernes et sans garantie aucune. Cette solution, dont les coûts ne cessent d'augmenter, est de moins en moins satisfaisante et de plus en plus difficile.

Il semble que pour une meilleure condition sanitaire dans les villes et les villages, les réseaux d'eau et d'égout doivent être conçus dans le cadre d'un système intégré. Malheureusement, les systèmes d'évacuation peuvent coûter aussi cher que le réseau d'adduction et l'intérêt d'un réseau d'égout apparaît souvent moins clairement aux particuliers. Dans les pays en développement, les réseaux d'assainissement sont classés nettement après les réseaux d'eau et ne sont considérés comme prioritaires que lorsque l'urgence s'impose (épidémie ou autre).

2. L'expérience tunisienne - Données générales

2.1 Structures administratives

Aux estimations de mai 1980, la Tunisie comptait près de 6,5 millions d'habitants répartis en 19 Gouvernorats (Wilayate), 140 Délégations et 166 Communes.

Le Gouvernorat est la plus grande division administrative du territoire national. Il est dirigé par un Gouverneur, nommé par le Président de la République sur proposition du Ministre de l'Intérieur. Disposant de pouvoirs étendus, le Gouverneur agit dans sa zone territoriale au nom du Président de la République. Le Gouvernorat couvre diverses délégations et communes.

La Délégation est la principale division territoriale d'un Gouvernorat. Une délégation, peut couvrir une ou plusieurs Communes.

La Commune est une agglomération érigée en tant que telle, gérée par des élus locaux constituant le conseil municipal. Dotée de la personnalité administrative et de l'autonomie financière, c'est l'unité administrative la plus proche du citoyen; elle gère les biens de la collectivité et s'intéresse de près aux problèmes locaux.

Le territoire tunisien n'est pas totalement érigé en communes et de ce fait, certaines zones, les zones rurales, ne sont pas soumises à la loi municipale. Les zones rurales sont donc sous l'autorité du Gouverneur par le biais du Délégué.

En Tunisie, et mises à part les grandes communes telles que Tunis (1,2 million d'habitants), 52,5 % de la population réside dans les communes, ce qui laisse 47,5 % dans les zones rurales, en agglomérations non érigées en communes ou en population rurale isolée.

2.2 Les structures d'intervention

Comme il ressort du tableau suivant, en Tunisie, dans les grandes villes, plus de 70 % de la population urbaine est raccordée aux réseaux, alors que dans les zones rurales, la population souffre de l'inexistence d'infrastructures de base.

Type Communauté % de branchement	grandes villes	petites villes	Zones Rurales.
Eau potable	92 %	78 %	18 %
Eaux usées	69 %	26 %	inexistant

a) Secteur de l'eau

En Tunisie, la SONEDE est chargée de la distribution de l'eau potable à la population, qu'elle soit communale ou rurale. Dans les zones communales, plus de 92 % de la population résidente est desservie en eau potable de qualité sanitaire acceptable, alors que seulement 18 % de la population rurale est desservie en eau potable.

b) Secteur de l'assainissement

C'est un secteur sensible, puisque la pollution du milieu par les matières résiduelles qui résultent des activités humaines est l'une des préoccupations essentielles tant de la population que des autorités.

En Tunisie, le secteur de l'assainissement est géré par un organisme para-étatique, l'ONAS, chargé de la collecte et du traitement des déchets liquides. Cet organisme, qui est en place depuis 1974, n'a toutefois pu couvrir que 26 communes sur 166, en raison des problèmes de passation des services des communes à cet organisme et aussi des coûts exorbitants des ouvrages. On peut mentionner à titre indicatif que 1000 mètres linéaires de conduits 300 en amiante ciment, (incluant 17-20 regards) et de profondeur moyenne 1,20 m reviennent à plus de 18 000 DT, soit 18 DT/mètre linéaire, que les branchements particuliers reviennent à plus de 8 DT/mètres linéaire, et qu'une station d'épuration type Bove activée à moyenne charge traitant la pollution de 28 000 EqH coûte plus de \$1 200 000, soit près de 500 000 DT.

A défaut de prise en charge totale des collectivités par les nouvelles structures de l'assainissement, la commune ou la collectivité continuent à réaliser par leurs propres moyens la maintenance des installations et les infrastructures nouvelles auxquelles elles doivent faire face en raison de l'extension urbaine et de l'évolution du genre de vie.

c) Les ordures ménagères

Cette composante de la salubrité publique est restée à charge de la collectivité : l'enlèvement, le nettoyage de la voie publique et le traitement des déchets sont restés les prérogatives principales des communes, ces dernières étant encadrées par les services techniques de la Santé, de l'Équipement et de l'Intérieur.

3. Projets élaborés dans le domaine de l'eau et de l'assainissement

Les problèmes relatifs à l'approvisionnement en eau et aux systèmes d'assainissement ont une importance vitale.

Les pays développés disposent des ressources nécessaires pour résoudre ces problèmes d'une façon satisfaisante du point de vue de l'hygiène et de la santé, mais il n'en est pas de même pour les pays en développement, où les moyens financiers, les connaissances et les compétences font souvent défaut.

En considérant les besoins, les exigences sanitaires et les possibilités, il est apparu clairement que ni la collectivité rurale, ni la population résidente ne peuvent faire face à ces dépenses; aussi a-t-on opté pour des solutions demandant une participation symbolique des citoyens, en comptant sur leur volonté d'améliorer leurs conditions de vie et donc de travailler à la réalisation de leurs propres ouvrages.

Pour pallier les déficiences de la vie collective en milieu rural, le Gouvernement a lancé un programme de grande envergure (Programme de Développement rural) et lui a accordé plus de 30 milliards de DT par an.

De plus, dans le domaine de l'assainissement rural, une expérience a été tentée avec une organisation nationale d'un pays européen pour un projet intitulé "Installation permanente de compostage", basé sur l'établissement de toilettes de compostage, dans le but de contribuer à résoudre une partie des problèmes sanitaires dans les pays en développement à climat chaud.

3.1 Réhabilitation de zones insalubres

En Tunisie comme dans la majeure partie des pays en développement, la population, par manque d'infrastructures sanitaires de base, par manque de structures d'accueil (emplois, voirie, etc.) par manque d'éléments de confort tels que l'électricité, les transports, etc. fuit les campagnes et vient gonfler la périphérie des villes, créant ainsi des ceintures (noires) démunies d'infrastructures et d'équipement sociaux et éducatifs. En contrepartie, cette population trouve, grâce à la proximité de la métropole, des possibilités d'emplois et de distractions ce qui ne va pas sans entraîner d'autres problèmes. Partant de là et considérant cet état de fait (occupation illégale des sols, anarchie dans la construction, etc.), une administration responsable se doit, bon gré mal gré, de régulariser ces situations et d'aménager ces périmètres. En Tunisie, après des efforts soutenus de plus de 4 ans et une coordination exemplaire moyennant le concours de la Banque mondiale, on est arrivé à assainir, réhabiliter et aménager ces zones.

3.2 Projet pilote de toilettes de compostage

Dans les zones rurales de l'arrière-pays et dans les zones les plus dépourvues, une étude pilote sur la faisabilité des toilettes de compostage en continu a été lancée avec la participation de la population. Cette pratique consiste à étudier, compte tenu des spécificités des régions à vocation prédominante agricole ou à vocation prédominante désertique, la motivation des populations à réaliser le type le plus adéquat, en fonction de différents paramètres :

- composition des ordures
- température
- quantité d'eau rejetée
- humidité
- nature des sols
- présence des matériaux de construction.

En considérant les divers procédés techniques d'évacuation sanitaire des excréta (fosses d'aisance, latrines à eau, toilettes à eau, etc.), et compte tenu de la vocation des zones périmètres de l'étude, on a opté pour les toilettes de compostage, du moins pour l'expérience pilote.

Le compostage est une lente décomposition biologique des matériaux organiques; c'est un processus plutôt lent aérobique. Le compost est un produit stable (semblable à l'humus). Expérimentalement, ce processus ne donne pas d'odeur. La décomposition se fait à une température relativement élevée dans les premières phases du processus. Toutefois, pour que cette décomposition se fasse bien, certaines conditions doivent être observées
(N 1).
(C 30)

Le fonctionnement des toilettes de compostage n'est pas fonction seulement de ces paramètres techniques. L'étude pilote a permis de constater que la conception de l'ouvrage contribue en elle-même pour une grande part à la réussite. En faisant varier les paramètres de conception de la cuve (H, L, l; système de ventilation; pente de pont, etc.), des résultats différents ont été obtenus.

Différents types de toilettes ont été expérimentés, et c'est le type le plus commun, la toilette nord-vietnamienne à double cuve, qui a été retenu (voir en annexe des schémas de différents types).

3.3 Création de villages ruraux

Considérant les difficultés rencontrées quant à l'adduction des zones rurales (difficultés de terrain, dispersion de la population, etc.) et compte tenu des résultats d'une enquête socio-économique (4 enquêtes en 2 ans sur le même problème), des actions ont été prises en vue de la construction de villages ruraux autour des points d'eau existants ou à créer (forages). Ces actions qui répondent à des exigences économiques, sociales et politiques sont aussi dictées par des exigences d'hygiène et d'urbanisme.

4. Autres actions

Conjointement, et en collaboration étroite avec d'autres départements, la Direction des Collectivités, tutelle des communes et des conseils de gouvernorat, s'est penchée sur d'autres questions liées directement à l'hygiène, par exemple :

- les ordures ménagères;
- la lutte antivectorielle;
- le contrôle sanitaire des denrées et des locaux ouverts au public;
- l'aménagement des espaces urbains.

4.1 Les ordures ménagères (voir l'annexe II)

Composante essentielle de l'activité de la Direction des Collectivités, les ordures ménagères n'ont été que trop étudiées.

a) Composition (ordures urbaines - rurales)

Prédominance nette de matière organique : 80%, contre 14% de papiers, textiles et matières plastiques. Il s'agit donc de déchets mous, humides, peu volumineux et de poids volumique relativement faible (0,15 à 0,20 kg/l).

b) Méthodes et moyens de collecte : On constate un mélange entre le moderne et l'archaïque (montage, postes de transfert, postes de transit).

c) Traitement : décharges contrôlées, compostage (pilote), incinération.

Trois séminaires ont été tenus en moins de trois ans, portant sur les sujets suivants :

- Sensibilisation des élus locaux au problème des ordures ménagères;
- Hygiène et environnement dans les collectivités;
- Moyen d'améliorer les conditions de salubrité dans les collectivités.

Ces études ont débouché sur un projet de grande envergure avec la participation de la Banque mondiale : Projet pilote de traitement des ordures ménagères dans les pays méditerranéens à climat chaud. Les investissements sont évalués à plus de 3 millions de dollars.

Lors de ces séminaires, les problèmes suivants ont été évoqués :

- Problèmes des ordures ménagères (nuisances)
- Esthétique des villes
- Rentabilité par l'utilisation des ordures traitées en agriculture
- Taxation des surfaces non bâties devenues des dépotoirs dans les périmètres communaux
- Exploitation des résidus ménagers en provenance des hôtels (dans les zones touristiques) en agriculture saisonnière.

4.2 La lutte antivectorielle

La topographie accidentée de la Tunisie, le nombre relativement élevé d'oueds à écoulement sauvage et une pluviométrie irrégulière sont autant d'éléments favorisant la création de gîtes pour de nombreuses espèces de moustiques. On a relevé en Tunisie, et dans les zones rurales seulement, plus de 600 points d'eau constituant des gîtes positifs, et les autorités tunisiennes ont entamé une lutte énergique contre les moustiques, en particulier les anophèles. Un élément favorisant la prolifération des moustiques dans les agglomérations est le déversement des eaux usées dans des puits perdus à ciel ouvert et la constitution de flaques d'eau résiduaire polluée dans les rues.

Les moustiques ne sont pas seulement la cause de désagréments, mais aussi, pour ce qui est de certaines espèces, des agents de transmission de certaines maladies.

L'élévation du niveau de vie, l'éducation des masses et l'orientation vers une civilisation de loisirs sont en train d'amener les responsables de divers secteurs d'aménagement du milieu à s'intéresser à la lutte contre les moustiques.

Du fait de sa densité, de son hématophagie et de l'anthropophilie de certaines espèces, le moustique est une nuisance et peut être considéré comme une entrave au développement socio-économique de certaines régions, tel le littoral tunisien. Le succès de la lutte contre les moustiques est subordonné à la rigueur d'application de la méthode choisie. En milieu rural, il est préférable d'adopter une méthode de lutte antilarvaire, et c'est elle qui s'est révélée la plus efficace et la moins onéreuse en Tunisie. En effet, il est plus aisé de localiser les gîtes et de les traiter que de procéder à des dispersions imogicides dans un habitat dispersé.

La lutte antivectorielle au stade larvaire doit comporter trois phases :

a) Identification des gîtes

Reconnaissance du terrain : zones marécageuses, mares, puits et points d'eau: recherche des gîtes potentiels.

b) Surveillance des gîtes

Surveillance par des prélèvements pour l'identification de l'espèce et, en conséquence, des produits à utiliser.

c) Traitement

C'est la phase la plus importante.

- lutte chimique

Elle est à la fois nécessaire et déconseillée du fait de ses impacts écologiques. Il importe de savoir où et quand l'utiliser et comment doser. C'est la méthode la plus généralisée. Le DDT (rémanent) est à utiliser avec précaution. Il est conseillé d'utiliser plutôt des organo-phosphorés comme, par exemple le Dursban.

- lutte physique

Drainage et assainissement par remblaiement et assèchement des zones.

- lutte biologique

La méthode la plus utilisée pour la lutte antilarvaire consiste à implanter des gambusies, poissons larvivores.

4.3 Contrôle sanitaire des denrées et des locaux ouverts au public

Compte tenu de la situation locale et en s'inspirant de la législation étrangère, les autorités tunisiennes ont mis sur pied un règlement sanitaire type régissant l'ensemble des actions municipales en la matière. La Loi organique des communes, Loi 75-33 du 14 mai 1975, stipule que le président de la municipalité est seul chargé, sous contrôle de l'autorité de tutelle, de l'application de la législation en vigueur en la matière. Des normes précises ont été fixées quant à l'ouverture de locaux destinés à servir ou à vendre des denrées (surface, aération, sanitaire, éclairage, personnel et services, etc.). De même, des normes ont été fixées en ce qui concerne les denrées alimentaires, par exemple les crèmes glacées, le lait et ses dérivés, les frigorifiés, l'exposition des viandes (permise seulement dans des réfrigérateurs à comptoirs extérieurs vitrés), etc.

De même il a été formé un corps spécial d'agents de réglementation municipale (ARM) chargés de mettre en application des dispositions du règlement sanitaire. Ces agents, qui reçoivent une formation policière et sanitaire de deux ans, sont capables de déceler les anomalies relevant de leur compétence.

5. Conclusions

Assainir ne veut pas dire installer des réseaux : moins on a de moyens, plus on doit s'adapter au terrain et aux conditions locales, plus l'effort de conception doit être grand.

Le rapprochement entre assainissement et aménagement s'impose. L'assainissement est une des contraintes majeures que rencontre le planificateur urbain ou rural. C'est également celle qui amène les plus grandes catastrophes quand elle n'a pas été prise en compte.

L'alimentation en eau, l'assainissement, la lutte antivectorielle, etc. ont, bien avant les vaccins et les progrès de la médecine, été la cause principale de la chute de la mortalité dans l'Europe du 19ème siècle. Par leurs moyens propres, les collectivités urbaines ou rurales des pays en développement ne sont pas à même de subvenir aux besoins les plus élémentaires en ces domaines. Aussi importe-t-il d'inviter les ingénieurs sanitaires et tous les responsables concernés, à concevoir les projets les plus compatibles avec, d'une part, les exigences sanitaires et, d'autre part, les possibilités locales, et aussi à travailler dans le cadre d'une médecine intégrée, sociale et préventive plutôt que curative, qui aujourd'hui constitue une réalité dans bon nombre de pays, comme la Tunisie.

Annexe I

République tunisienne

Ministère de l'Intérieur
Direction des collectivités publiques locales

Séminaire sur l'hygiène et l'environnement
Tunis, 6-7 janvier 1978

Recommandations de la Commission
de la Salubrité publique et du Règlement sanitaire

La Commission de la Salubrité publique et du Règlement sanitaire issue du Séminaire sur l'hygiène et l'environnement organisé les 6 et 7 janvier 1978 au Palais des Congrès par la Direction des Collectivités publiques locales à Tunis, à la suite de la recommandation formulée lors de la 3ème Conférence nationale des Communes tenue à Sousse en février 1977, après avoir étudié les questions afférentes à l'hygiène et à l'environnement sous les aspects suivants :

- juridiques et réglementaires
- modalités d'action
- éducatifs et informatifs

fait remarquer que les maladies, indépendamment de leur nature, ne connaissent pas de frontière. Il y a donc lieu d'accorder une attention toute particulière à la réglementation en matière de salubrité publique et aux problèmes qu'elle suscite. D'autre part, consciente du rôle que peuvent et doivent jouer les communes dans l'amélioration de la qualité de la vie du citoyen et de son environnement, la Commission retient la nécessité de l'élaboration d'un règlement sanitaire cadre dans le souci d'harmoniser autant que possible la réglementation en matière de salubrité publique, compte tenu des particularités de chaque commune.

A cet égard, la Commission recommande ce qui suit :

I. Sur le plan juridique

1. Elaborer et adopter une loi-cadre fixant les grandes lignes d'un règlement général de l'hygiène.

Dans une deuxième étape, les ministères concernés prendront les décrets d'application nécessaires afférents à cette loi, de manière à la rendre plus claire. Des circulaires seront envoyées aux gouverneurs pour prendre un arrêté fixant la réglementation générale à l'échelle du gouvernorat. A ce stade, la commune sera en mesure d'adopter son règlement sanitaire après l'avoir adapté à sa propre réalité.

2. Discuter le projet de règlement sanitaire présenté par la Direction des Collectivités au sein d'une commission pluridisciplinaire de manière à ce que toutes les questions soient étudiées sous les différents aspects (juridiques, techniques, sociaux, etc.).

3. Tenir compte des textes déjà existants ainsi que de ceux qui sont en voie d'élaboration lors de la mise en forme finale du Règlement sanitaire (tels le Code des Eaux, COC et autres.).

4. Veiller lors de l'élaboration du Règlement sanitaire au respect des normes nouvelles unanimement admises en matière d'hygiène et d'environnement (OMS et autres).

5. Apporter toute diligence à l'étude du projet en vue de le faire aboutir dans les meilleurs délais.

II. Modalités d'application

Une fois le projet de règlement sanitaire approuvé, il importe de :

1. Veiller à sa stricte application (la Commission insiste sur cet aspect important de la question, afin d'éviter que ce texte tombe en désuétude).

2. Simplifier la procédure d'application des arrêtés municipaux.

3. Coordonner les efforts de toutes les autorités compétentes en matière d'hygiène et de salubrité (le gouverneur, le maire, le directeur régional de la santé et tous les départements concernés).

4. Assurer la coordination entre les agents de la commune et ceux de la sûreté, en vue d'une meilleure application des arrêtés municipaux.

5. Dynamiser les commissions régionales et locales de la santé.

6. Réunir le Conseil supérieur de la Santé au moins une fois tous les trois mois.

7. Inviter les communes, selon leurs besoins et leurs possibilités, à prévoir dans leur loi des cadres le personnel sanitaire nécessaire, les petites communes démunies de moyens pouvant, par ailleurs, faire appel aux services compétents des ministères et organismes concernés.

8. Faciliter le recrutement direct par les communes des cadres sanitaires.

9. Former et mettre à la disposition des communes un nombre suffisant d'agents de réglementation municipale.

10. Faire bénéficier les communes du produit des contraventions (les problèmes juridiques seront étudiés et aplanis ultérieurement).

11. Renforcer et coordonner les interventions dans ce secteur par la création de syndicats de communes spécialisés, pour faire face aux problèmes relatifs à l'hygiène.

12. Inviter les communes à accorder une attention accrue aux problèmes de la salubrité en portant plus souvent cette question à l'ordre du jour du conseil municipal.

III. Sur les plans éducatif et informatif

Informers l'opinion publique en vue de la sensibiliser davantage aux problèmes de l'hygiène par l'intermédiaire de tous les mass-média et avec le concours des départements et organismes concernés.

L'hygiène mentale et morale ne doit pas être négligée dans cette action éducative.

1. Pour les jeunes

Activer les clubs d'enfants, maisons de jeunes et autres, afin de leur donner un rôle éducatif plus large englobant l'aspect de l'hygiène et de l'environnement.

Cette action informative doit commencer au stade préscolaire et continuer aux niveaux primaire et secondaire, et ce, par la diffusion de films, de bandes dessinées et de tout autre moyen adéquat.

2. Pour les adultes

Organiser assez fréquemment des séminaire et des conférences de sensibilisation.

3. Pour les professions sociales

Il importe de prendre en considération dans les programmes d'activité de ces groupes les questions ayant trait à l'environnement et à la salubrité publique.

Annexe II

République tunisienne

Ministère de l'Intérieur
Direction des Collectivités publiques locales

Commission No.2

Séminaire sur l'hygiène et l'environnement
Tunis, 6-7 janvier 1978

Recommandations de la Commission de l'Environnement

La commission chargée d'examiner le problème de l'environnement, et en particulier son aspect relatif à la collecte et au traitement des déchets solides, après avoir entendu les différentes communications et interventions et après avoir examiné les différentes opinions émises par les participants, constate avec satisfaction la prise de conscience par les autorités publiques et les collectivités locales de la nécessité de sauvegarder le milieu naturel contre les risques de pollution et de dégradation.

Pour maintenir et améliorer l'équilibre entre le développement économique et la sauvegarde du milieu naturel, ainsi que par souci de prévention des nuisances physiques, chimiques et biologiques, la commission a formulé les recommandations suivantes :

I. Sur le plan de l'environnement

1. Prendre en considération l'impact des investissements sur l'environnement (localisation industrielle; évacuation des eaux; pollution du sol, de l'air, de la mer; bruit, etc.). A cet effet, créer une commission sectorielle de l'environnement, ainsi que des commission régionales et locales, lors de l'élaboration des plans de développement.

Dans ce cadre, et en partant des conclusions déjà formulées par l'Association tunisienne pour la protection de la nature et de l'environnement, il est recommandé d'élaborer un plan sectoriel de sauvegarde de l'environnement ayant pour but :

- de recenser les origines et les causes de la dégradation de l'environnement (usines, décharges sauvages, eaux usées, etc.);
- de proposer des actions préventives ainsi que des remèdes pour assainir le milieu naturel ou éviter sa dégradation.

2. Assurer la prise en considération par les collectivités locales (communes et conseils de gouvernement) de ces actions préventives, lors de l'élaboration des plans d'aménagement, et surtout lors de leur mise en application, par une action vigoureuse de suivi et de contrôle, à exercer par les instances concernées.

3. Elaborer, lors de chaque programme d'investissement, un dossier technique faisant le point des impacts sur l'environnement et faire respecter par les promoteurs les normes réglementaires de lutte contre la pollution.

4. Multiplier les efforts dans le domaine de la création des espaces verts à l'intérieur des zones industrielles et de la création de terrains sportifs et récréatifs.

Ce plan sert l'intérêt de la collectivité nationale, tant du point de vue de la santé que du point de vue de l'économie des dépenses curatives futures, ce qui justifie largement l'intervention des structures de l'Etat pour appuyer, même financièrement, l'effort des collectivités dans ce domaine (par le biais de subventions spécifiques du budget de l'Etat, ou par la création d'un fonds spécial pour la protection de l'environnement).

II. Sur le plan particulier du nettoyage et de son organisation, la commission constate que les collectivités locales manquent de moyens humains, matériels et financiers. A cet effet, elle recommande :

1. De donner la priorité, parmi les attributions communales, à la collecte des ordures et au nettoyage.
2. D'inviter les communes à associer leurs efforts en constituant des syndicats de communes spécialisés ou des sociétés d'économie mixte de nettoyage, ce qui permettra d'harmoniser, de minimiser les coûts des opérations de collecte des déchets et de nettoyage et d'uniformiser, par l'organisation de groupements d'achat et d'entretien, le matériel s'y rapportant.
3. De veiller à la formation des responsables de l'organisation du nettoyage et d'échanger des expériences entre les communes, pour trouver les solutions les plus adéquates (procédés de collecte, heures de collecte, choix et entretien du matériel).
4. D'essayer autant que possible, compte tenu des conditions objectives de chaque commune, d'organiser la collecte la nuit, non seulement pour des raisons de circulation et d'activité économique, mais surtout pour des raisons d'hygiène, en raison des caractéristiques du climat tunisien.
5. De veiller à l'éducation du citoyen pour respecter les consignes de propreté au niveau scolaire, familial et professionnel, en utilisant tous les moyens d'information et de formation.

III. Sur le plan de la création et de la gestion des structures d'élimination et de traitement des déchets, la Commission constate le caractère épars et sauvage des décharges actuellement utilisées. A cet effet, elle recommande :

1. De procéder à une étude générale, en collaboration avec le Ministère de l'Intérieur, de l'Agriculture, de la Santé ainsi que tous les autres départements et organismes concernés, pour connaître la situation des décharges (localisation actuelle, impact sur la santé et sur l'économie) et pour définir un programme immédiat de contrôle et d'aménagement visant à la suppression des décharges nuisibles.
2. De poursuivre la démarche entreprise par le District de Tunis dans son étude d'orientation concernant l'organisation, le financement et l'installation des moyens d'élimination des déchets solides.

Cette étude permettra de déboucher sur un dossier technique et financier concernant la mise en place d'un projet pilote de production de compost et de mise en oeuvre de décharges contrôlées.

4. La Commission ayant examiné les différents procédés d'élimination des déchets (décharge contrôlée, compostage, incinération), leurs avantages et leurs inconvénients, il lui est apparu à première vue que les deux procédés de la décharge contrôlée et du compostage répondent le mieux au contexte actuel. En conséquence, la Commission recommande :

a) l'élimination des décharges sauvages et le regroupement des ordures dans des décharges contrôlées;

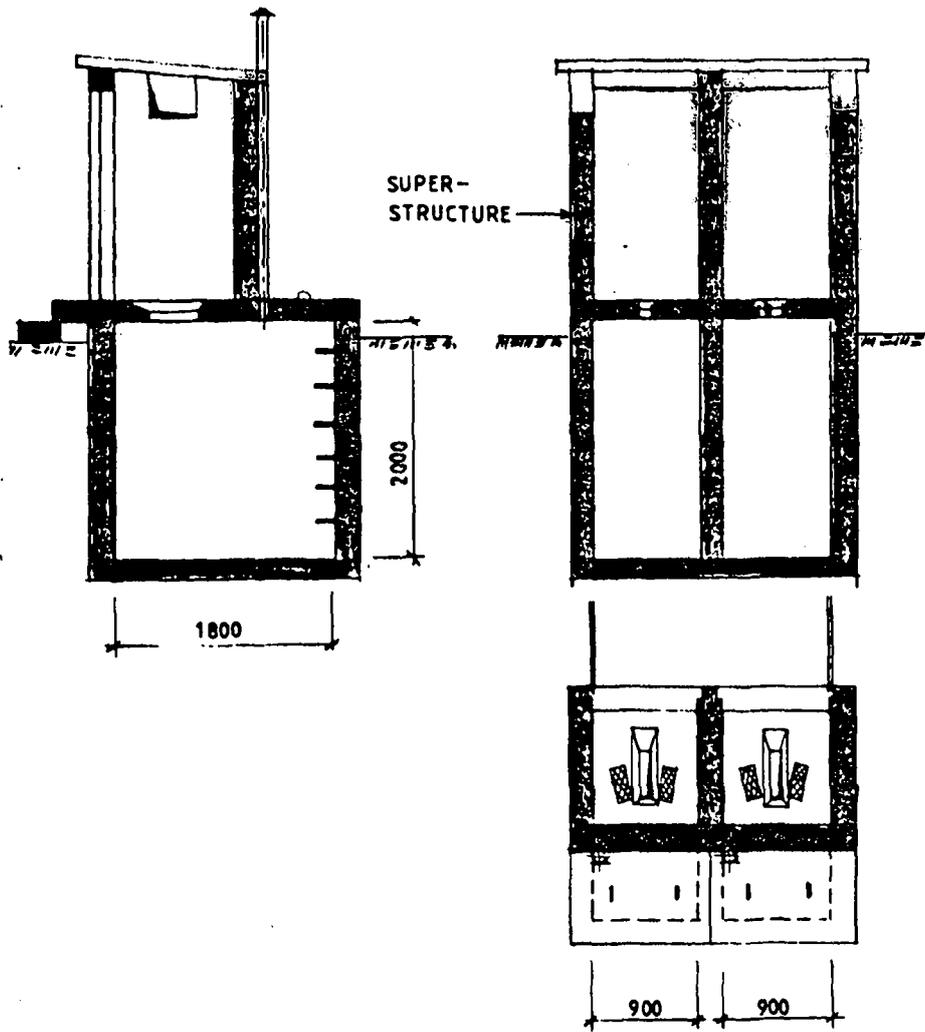
b) dans les zones où cela s'avère possible et souhaitable, la création d'un centre de compostage des déchets. Il apparaît à la Commission que les grandes agglomérations sont particulièrement bien placées pour mettre en oeuvre ce procédé d'élimination qui, outre les avantages qu'il présente sur le plan de l'hygiène et de la salubrité, est d'un intérêt économique évident pour l'agriculture.

c) la création de structures intercommunales susceptibles de créer, de réaliser et de gérer les services et les installations techniques de l'élimination des déchets. Cette structure intercommunale doit, par ailleurs, permettre une répartition équitable des charges afférentes à l'élimination des déchets.

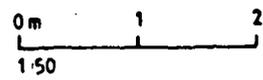
Annexe III

TOILETTE NORD VIETNAMIENNE
A DOUBLE CUVE

FIG. 1



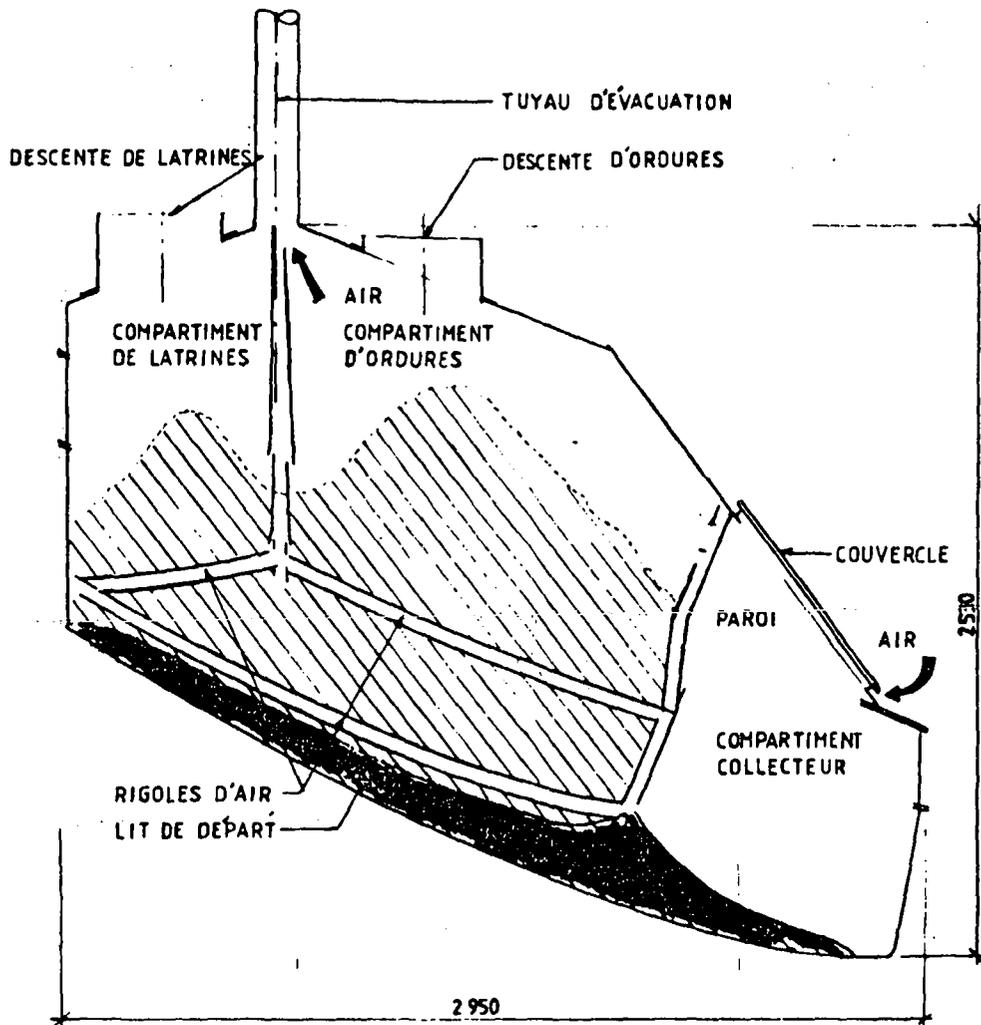
ECHELLE



Annexe III
(suite)

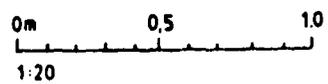
CLIVUS MULTRUM
CUVE

FIG 2



LARGEUR 1200

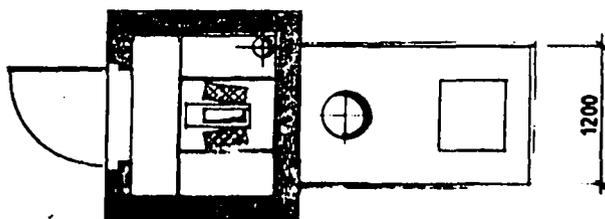
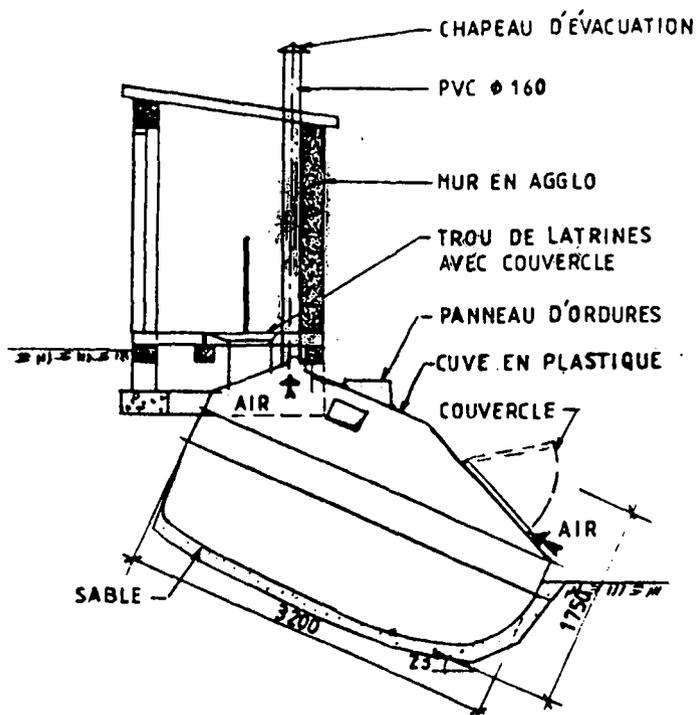
ECHELLE



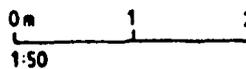
Annexe III
(suite)

TOILETTE DE COMPOSTAGE
TYPE IV CLIVUS MULTRUM

FIG. 3



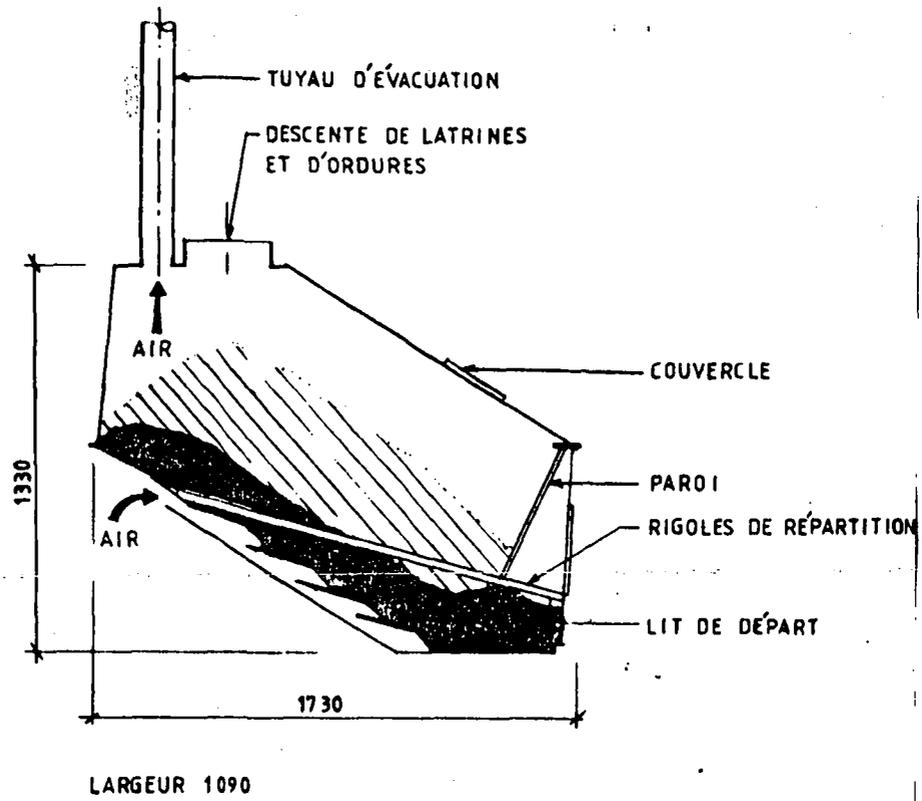
ECHELLE



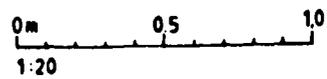
Annexe III
(suite)

TOA-THRONE
CUVE

FIG. 4



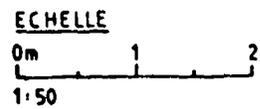
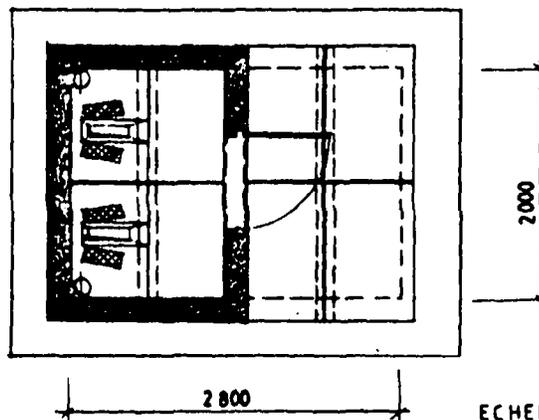
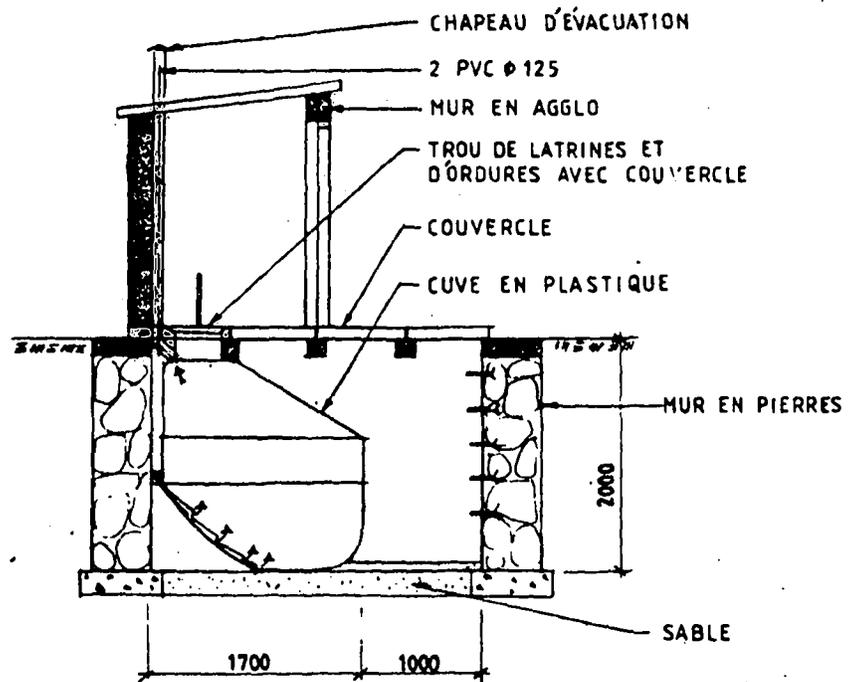
ECHELLE



Annexe III
(suite)

TOILETTE DE COMPOSTAGE
TYPE III TOA-THRONE

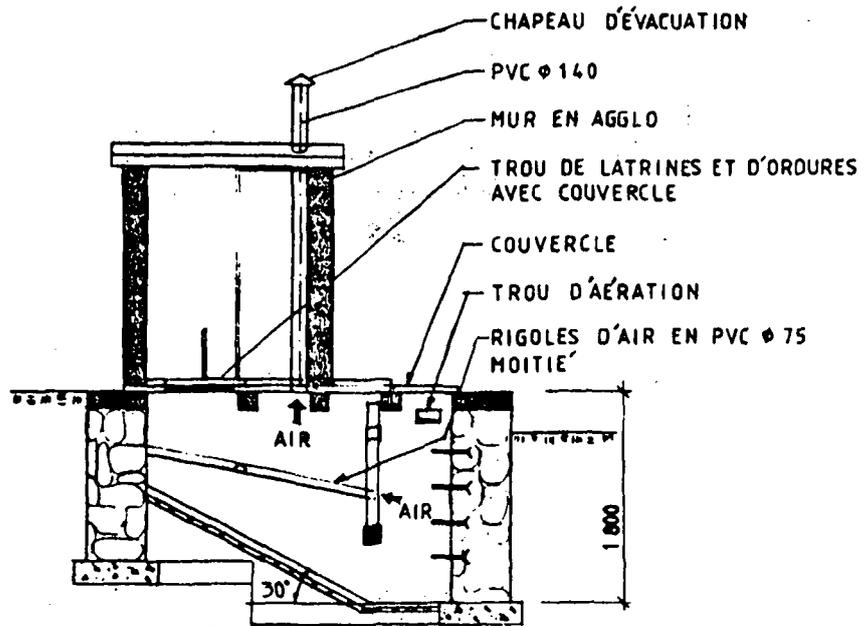
FIG. 5



Annexe III
(suite)

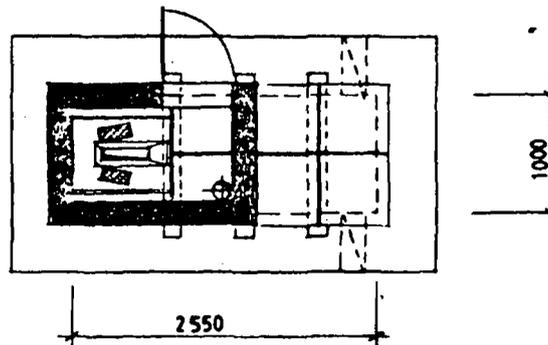
TOILETTE DE COMPOSTAGE
TYPE I FABRIQUE EN SITE

FIG. 6

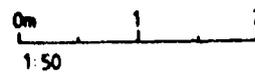


MAÇONNERIE EN PIERRES TYPES Ia ET Ic
EN AGGLO " Ib

ÉTANCHE PAR ENDUIT + DERBIGUM TYPE Ia
ENDUIT ÉTANCHE " Ib
ENDUIT + FLINTCOTE " Ic



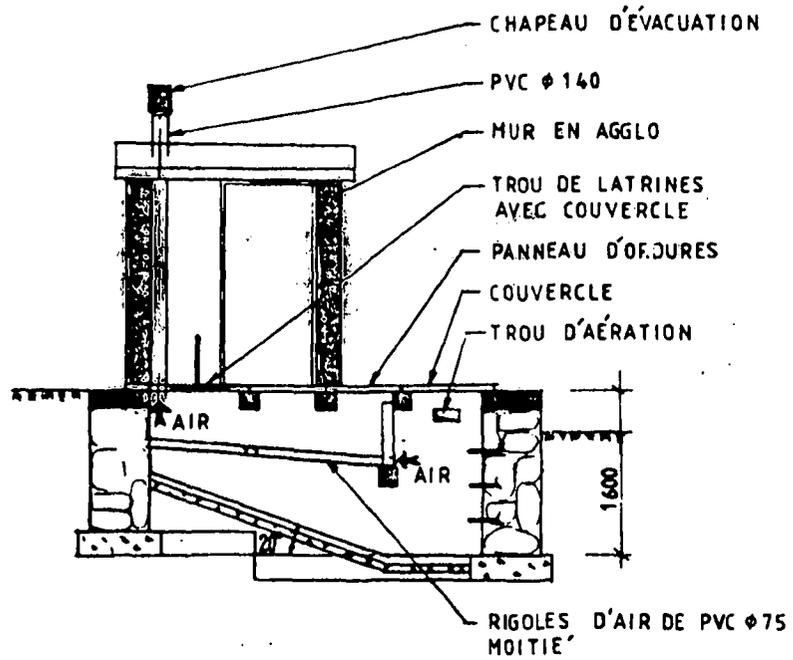
ECHELLE



Annexe III
(suite)

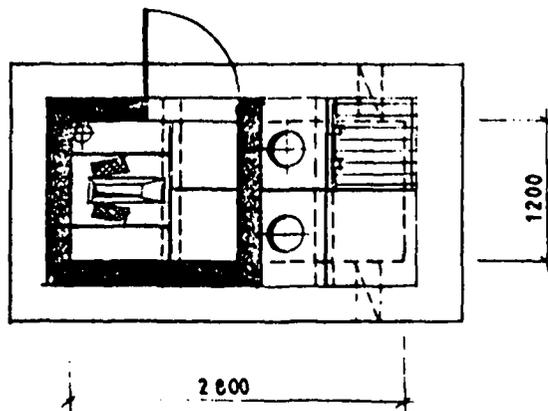
TOILETTE DE COMPOSTAGE
TYPE II FABRIQUÉ EN SITE

FIG. 7



MAGONNERIE EN PIERRES TYPE II a
EN AGGLO " II b

ÉTANCHE PAR ENDUIT + DERBIGUM TYPE II a
ENDUIT ÉTANCHE II b



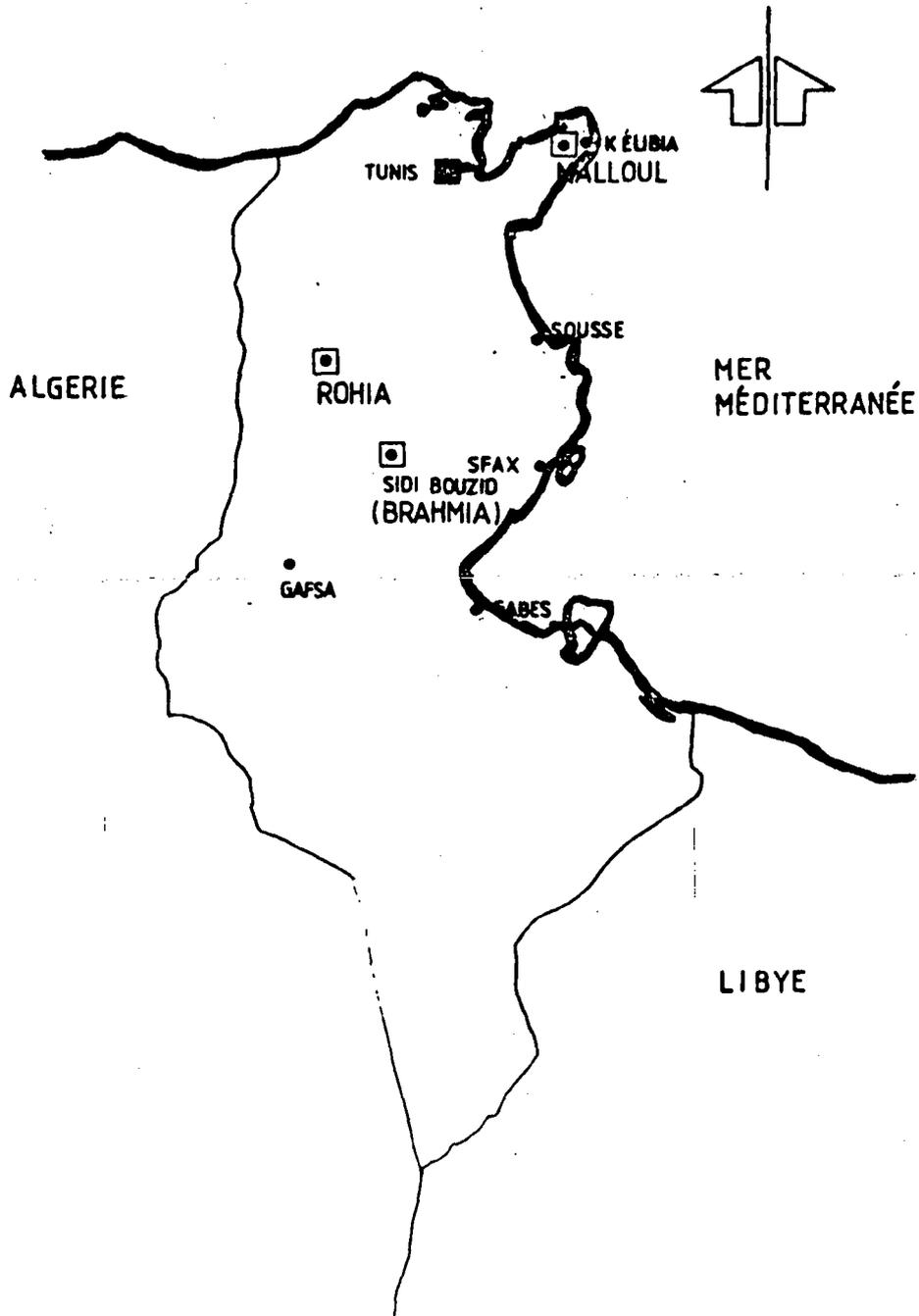
ECHELLE
0m 1 2
1:50

Annexe III
(suite)

CARTE DE LA TUNISIE

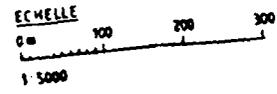
FIG. 8

ECHELLE
0km 50 100

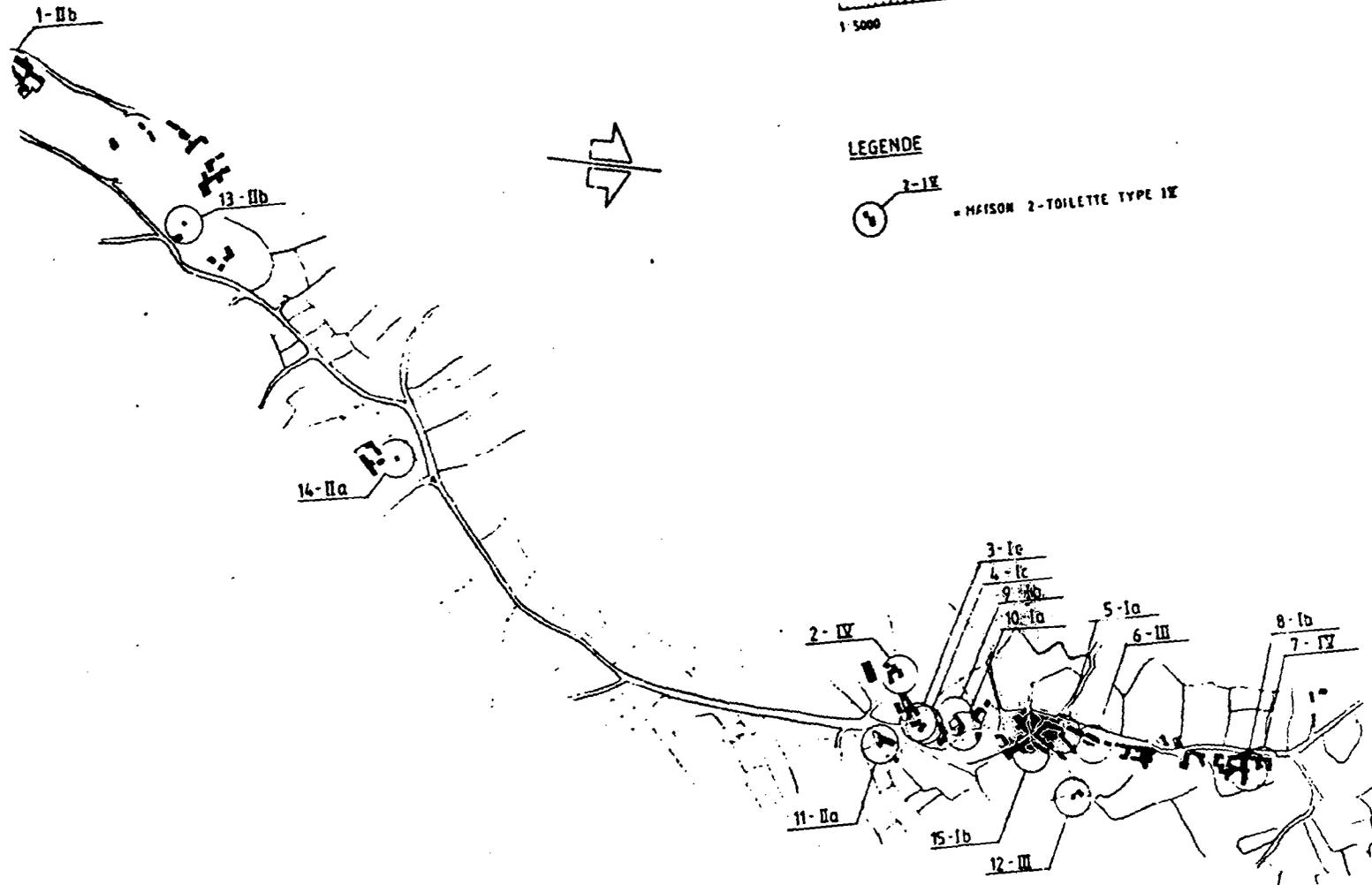
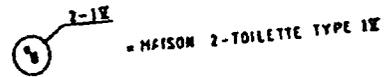


PLAN DE MALLOUL

FIG 9



LEGENDE

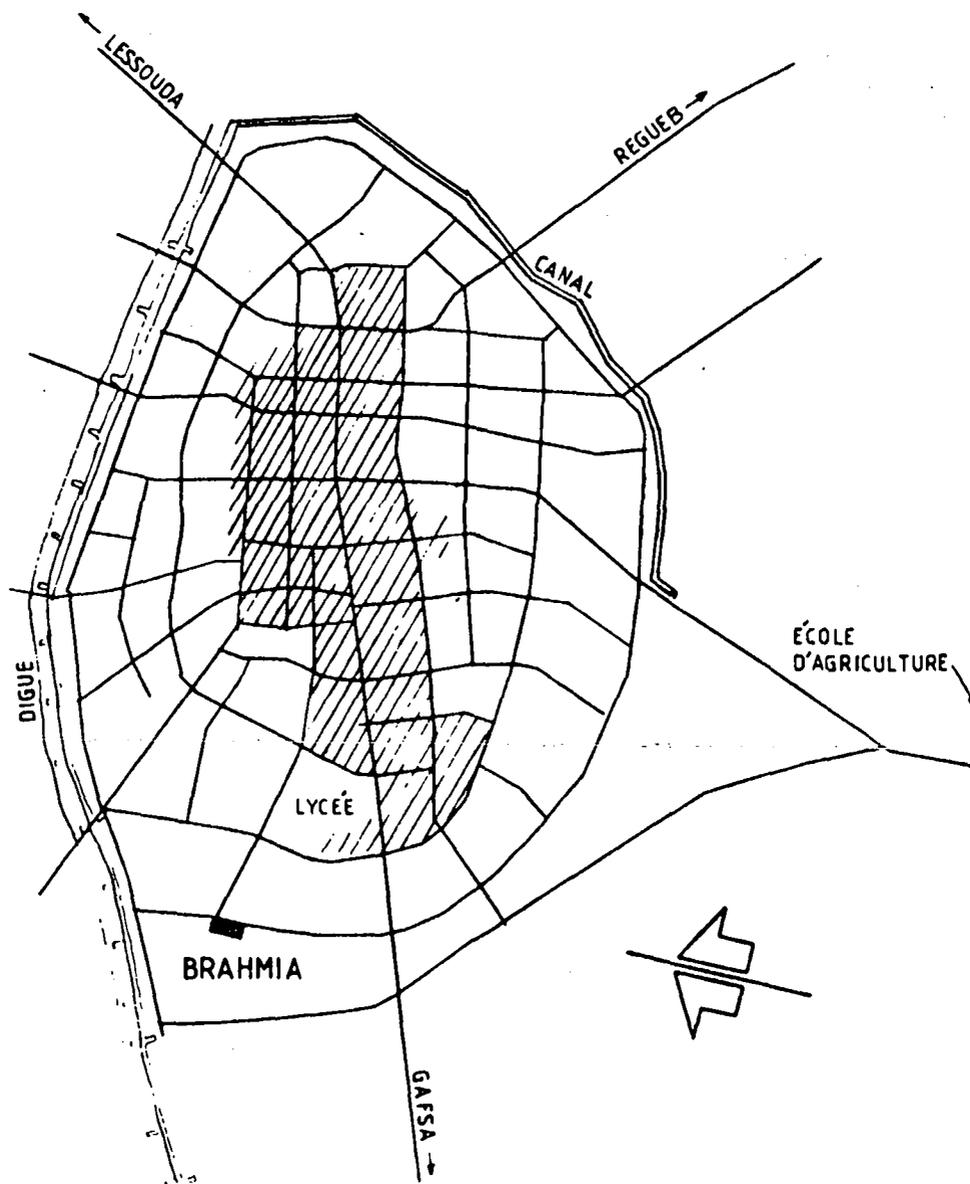


Annexe III
(suite)

Annexe III
(suite)

PLAN DE SIDI BOUZID

FIG. 10



Annexe III
(suite)

PLAN DE BRAHMIA

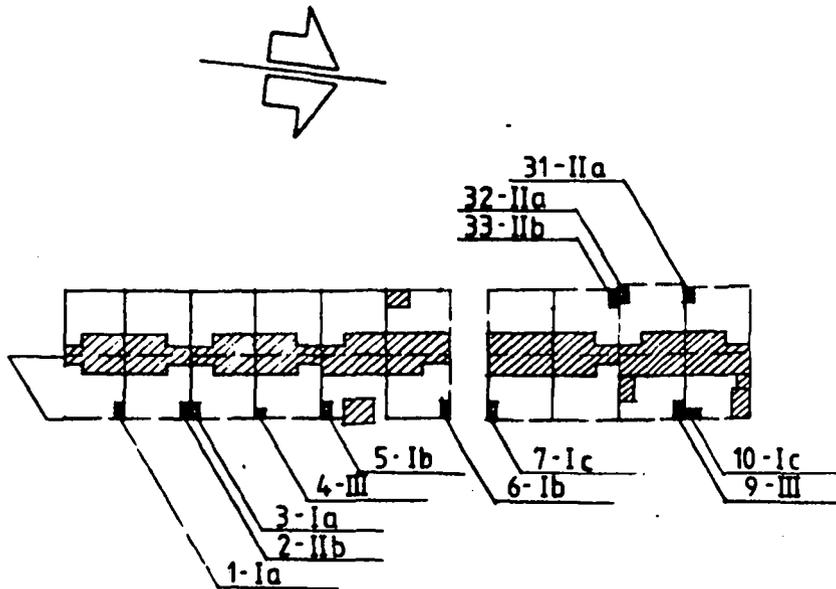
FIG. 11

ECHELLE



LEGENDE

3-1a
= MAISON 3 - TOILETTE TYPE Ia



Séminaire sur la technologie appropriée
pour l'assainissement en milieu rural

MOR/BSM 003

Rabat, 1er-5 décembre 1980

LE ROLE DES COLLECTIVITES LOCALES
EN MATIERE D'ASSAINISSEMENT INDIVIDUEL ET RURAL

par
Ahmed Chaouqui Bennani
Chef du Service de Contrôle et de Coordination
Ministère de l'Intérieur
Rabat, Maroc

SOMMAIRE

	<u>Page</u>
1. Introduction	203
2. La politique nationale marocaine en matière d'assainissement	204
3. Premières actions menées	205
3.1 Etablissement d'un programme général d'assainissement	205
3.2 Création d'Une Commission interministérielle des assainissements	206
4. Réglementation en matière d'assainissement	207
5. Actions envisagées	209

1. Introduction

Les problèmes relatifs aux choix des technologies appropriées à l'assainissement individuel qui nous préoccupent aujourd'hui sont très mal appréhendés au niveau local, non seulement en raison du manque de cadres techniques dans les collectivités locales, qu'elles soient rurales ou urbaines, mais principalement par l'inexistence à l'heure actuelle d'une réglementation complète et précise à l'échelon national, et par le défaut de vulgarisation de procédés simples et efficaces auprès des responsables locaux et auprès des usagers eux-mêmes.

C'est dire combien nous devons tendre lors de nos débats et de nos recommandations à dégager les idées maitresses pour l'élaboration d'une doctrine de l'assainissement individuel qui tienne compte de la conjoncture économique nationale, des revenus individuels des populations, du rôle que doit jouer la commune dans ce domaine et des contraintes sanitaires afférentes à la gestion des installations, aussi simples soient-elles. Cette doctrine, tout en consacrant le système individuel comme solution valable pour de nombreuses années dans la plupart des cas, doit aussi insister sur l'éventualité de son caractère provisoire, en attendant la réalisation d'équipements collectifs partout où ce sera préférable.

Le thème choisi pour ce séminaire confirme par ailleurs l'intérêt tout particulier qu'il faut accorder au problème de la qualité de la vie des populations tant urbaines que rurales vivant soit dans des zones sous-développées, soit dans des zones connaissant un développement socio-économique rapide provoquant un grand décalage entre la croissance et les équipements.

L'Etat a consenti durant les vingt dernières années un effort relativement important pour l'accroissement de la production agricole et l'amélioration de l'équilibre économique régional. Les infrastructures de base répondant aux besoins des populations ont également occupé une place importante dans les programmes d'équipement, mais elles étaient considérées simplement comme des opérations complémentaires aux aménagements directement liés à la mise en valeur agricole ou industrielle. C'est ainsi que dans le monde rural, malgré l'effort de l'Etat, un sous-équipement manifeste est constaté encore à l'heure actuelle en matière d'eau potable et d'assainissement.

En outre, le développement inconsidéré des villes et centres a conduit à un déséquilibre tel que le phénomène urbain est devenu incontrôlable en raison de l'anarchie et de l'encombrement causés en grande partie par l'exode rural.

C'est ainsi qu'à l'intérieur même des périmètres urbains ou dans des collectivités rurales de forte densité de population, on se trouve devant des situations comparables à celles des régions rurales éloignées où l'on ne dispose pas d'eau potable saine et abondante, où les maisons sont dépourvues de latrines hygiéniques et où les précautions élémentaires pour une élimination hygiénique des déchets ne sont pas prises, ni individuellement, ni collectivement.

Si l'on doit donc réfléchir à l'amélioration de la qualité de la vie dans les établissements humains en général, on doit renoncer à la distinction entre le milieu rural et le milieu urbain, surtout au Maroc où la notion du "rural" devient difficilement définissable et ceci plus particulièrement en matière d'assainissement, et s'attacher davantage à la notion d'établissement humain.

Où peut-on, par exemple, classer des communes rurales atteignant 40 000 habitants et dont la densité de population nécessite l'adoption de systèmes modernes d'assainissement collectif, alors que par ailleurs, un grand nombre de quartiers dans les villes ne peuvent être assainis que par des systèmes individuels, étant donné le coût prohibitif des investissements nécessaires pour les doter de réseaux collectifs adéquats ? Ces quartiers peuvent facilement, de ce point de vue, être assimilés à des zones rurales ou à prédominance rurale (zones de villas résidentielles, par exemple).

L'assainissement individuel n'est donc pas un ensemble de techniques propres aux communautés rurales, mais des techniques pouvant améliorer à moindre frais l'hygiène du milieu par l'évacuation des excréta et des déchets de toute nature liés à la présence de l'homme. Ces techniques peuvent être considérées, soit comme provisoires en attendant la mise en place de réseaux collectifs avec des stations d'épuration, soit comme solutions définitives quand la pollution est facile à résorber et chaque fois que l'habitat est dispersé.

Par contre, il y a des collectivités où l'occupation prédominante des populations reste l'agriculture et où, bien qu'étant considérées de ce fait comme collectivités rurales, la solution pour l'évacuation des déchets liquides reste impérativement l'assainissement collectif en raison de la densité des populations, de la nature du sol, du type d'habitations, de la présence immédiate de nappes souterraines servant à l'alimentation en eau, etc.

2. La politique nationale en matière d'assainissement

Les conclusions et recommandations de ce séminaire, prises dans ce contexte, auront donc un caractère plus général, permettant ainsi au Ministère de l'Intérieur en collaboration avec d'autres départements ministériels tels que l'Agriculture, l'Habitat et la Santé, de mettre en oeuvre la nouvelle politique nationale en matière d'assainissement discutée largement au sein de la Commission interministérielle des Assainissements et approuvée au cours du deuxième Colloque sur les Collectivités locales en novembre 1979.

Cette nouvelle politique consacre l'assainissement comme un secteur d'équipement prioritaire dans les programmes des collectivités locales, étant donné l'importance de ce secteur dans le processus du développement communal et son intérêt pour les populations sur les plans suivants :

- la protection de la santé publique;
- la lutte contre la pollution en vue de préserver la qualité des ressources en eau tant superficielles que souterraines;
- l'aménagement du cadre de vie;
- la protection des espaces naturels;
- l'amélioration du confort des habitants, en leur permettant de disposer d'une eau saine et d'évacuer sans difficultés leurs rejets.

Les objectifs principaux à atteindre par la nouvelle politique peuvent être résumés comme suit :

a) Assurer en premier lieu une exploitation satisfaisante des ouvrages existants, afin de valoriser pleinement les investissements consentis.

b) Maintenir le capital acquis par des travaux de conservation et de renouvellement des ouvrages.

c) Rattraper le retard enregistré dans la réalisation des équipements sanitaires collectifs ou individuels.

d) Sauvegarder l'environnement, notamment les ressources en eau dont le pays a un important besoin pour son développement économique et humain.

e) Améliorer les conditions de vie dans les campagnes par la réalisation de programmes complets d'assainissement étayés par des programmes d'éducation sanitaire :

- alimentation en eau;
- évacuation des excréta;
- évacuation des déchets liquides et solides;
- lutte contre les vecteurs.

Le rôle que doivent jouer les collectivités locales urbaines ou rurales en la matière est donc mieux situé par rapport aux différentes interventions des autres organismes publics.

Les attributions de la municipalité dans ce secteur sont basées tout d'abord sur le caractère communal de l'assainissement, d'où une responsabilité des élus dans le cadre du processus démocratique national. Toutefois, cette responsabilité ne pourrait être assumée à l'heure actuelle dans de bonnes conditions que dans un cadre de travail précis et avec l'assistance de l'Etat :

- assistance technique
- cadre juridique adéquat
- assistance financière
- coordination des efforts
- information et vulgarisation des solutions et des techniques.

Ces attributions communales sont basées ensuite sur une évaluation précise des besoins, avec définition des complémentarités dans ces besoins, etc. (programmation).

3. Premières actions menées

Les premières actions menées en vue d'atteindre les objectifs définis plus haut ont été les suivantes :

Etablissement d'un programme général d'assainissement
Création d'une Commission interministérielle des Assainissements.

3.1 Etablissement d'un programme général d'assainissement

Destiné à couvrir les besoins jusqu'à l'horizon 1990, il a été établi à la suite d'un recensement global des divers projets en cours de réalisation, étudiés ou à étudier.

Les crédits nécessaires au financement des réalisations envisagées et aux études d'exécution pour cette décennie sont évalués à 7 milliards de DH, alors que les projets financés depuis l'Indépendance jusqu'en 1980 sont évalués à 1500 millions de DH.

Le programme général d'assainissement a servi d'ailleurs de base de travail pour la préparation du plan triennal 1978-1980 et du futur plan 1981-1985.

Pour donner une idée de l'effort accompli dans ce domaine, il y a lieu de souligner que les collectivités locales ont dépensé, au cours du plan triennal actuel près de 25 millions de dirhams en matière d'assainissement, dont 40% en milieu rural, principalement en système collectif, et 180 millions de dirhams en matière d'eau potable, dont 40 millions pour l'eau rurale.

C'est ainsi qu'elle recommande d'adopter comme règle générale, lorsque les contraintes locales le permettent, l'assainissement individuel pour toute agglomération pouvant compter dans un avenir prévisible moins de 500 habitants permanents ou saisonniers, compte tenu des charges financières qu'entraîne le système groupé d'assainissement de petites collectivités, des sujétions d'exploitation du réseau, dont le fonctionnement est souvent défectueux dans les centres concernés en raison de l'insuffisance des ouvrages de voirie et de l'absence d'entretien, et des difficultés d'installation et de fonctionnement des systèmes d'épuration, aussi petits soient-ils, en raison du manque de personnel compétent.

La circulaire ministérielle envisage certaines exceptions possibles à la règle des 500 habitants pour les cas suivants :

- Les agglomérations dont les mauvaises conditions d'écoulement des eaux pluviales ont entraîné, ou rendent nécessaire et urgente, la mise en place d'un réseau important pour assurer cette évacuation, ce réseau pouvant également recueillir les eaux usées, si les installations s'y prêtent.
- Certains complexes immobiliers (dans les secteurs touristiques et de loisirs, etc.) qui, bien que non raccordables à des installations publiques, nécessitent pour des raisons techniques la mise en place d'un réseau collectif.

Dans ces deux cas, il a été spécifié aux communes que, si la protection du milieu naturel le justifie, les eaux usées devront faire l'objet d'un traitement approprié, en excluant les stations d'épuration traditionnelles de type biologique, mal adaptées à la solution du problème. Il leur a été recommandé de faire, par exemple, une simple décantation-digestion par fosse de type Imhoff, si le milieu récepteur le permet, ce qui devrait souvent être le cas, compte tenu des faibles rejets concernés, ou un lagunage simple.

A propos du lagunage, il faut préciser que le Ministère de l'Intérieur attend la présentation du rapport final de l'étude actuellement en cours à la Direction de l'Environnement du Ministère de l'Habitat. Cette étude a été menée à la demande du Ministère de l'Intérieur dans le cadre du Comité national de l'Environnement afin d'élaborer des instructions précises sur le lagunage et, tout en encourageant l'adoption de ce système de traitement, de régler les conditions de son utilisation.

On pourra également recourir, le cas échéant, à l'assainissement collectif lorsqu'il sera possible et manifestement intéressant d'assurer un traitement groupé d'effluents domestiques et industriels, sous réserve que la pollution totale dépasse celle de 500 équivalents-habitants.

Par ailleurs, on interdit systématiquement l'évacuation par puits perdus ou puisards, trop dangereux pour une protection efficace des ressources en eaux souterraines, et notamment des puits d'alimentation et de captage. Dans le cadre de cette instruction, seuls sont admis, après traitement individuel, l'épandage à faible profondeur ou la réalisation de puits filtrants, la préférence étant donnée, chaque fois que ce sera possible, à la mise en oeuvre de l'épandage (y compris, bien entendu, sa variante sous forme de filtre à sable).

En tout état de cause, l'assainissement individuel pourra également être envisagé dans les cas suivants :

- Lorsqu'il y a lieu d'assurer une protection spéciale d'un milieu naturel particulièrement sensible, pour lequel le rejet d'effluents, même épurés, résultant d'une évacuation collective pourrait être préjudiciable. A titre indicatif, certains lacs et retenues peuvent éventuellement justifier cette protection spéciale, si leurs eaux sont utilisées pour l'alimentation humaine, et il en est de même des gisements et parcs coquilliers, etc.
- Dans le cas d'immeubles ou d'habitations isolés qui pour des raisons techniques et financières ne peuvent être raisonnablement rattachés à un réseau collectif.
- Dans les petites agglomérations pour lesquelles la mise en oeuvre d'un assainissement collectif entraînerait des dépenses prohibitives.
- Comme mesure transitoire dans les agglomérations où la mise en oeuvre d'un réseau collectif ne peut être programmée dans un délai raisonnable.

Chaque cas devra toutefois être examiné avec soin avant de prendre une décision. On s'assurera notamment que ce mode d'élimination est compatible avec la nature du terrain et la superficie disponible, et qu'il n'entraîne pas, le cas échéant, de risques de pollution de la nappe phréatique sous-jacente.

On remarquera donc qu'on ne fait pas de distinction entre milieu rural et milieu urbain dans l'adoption de la solution individuelle.

Les trois derniers éléments mentionnés ci-dessus sont surtout rencontrés dans le milieu rural, souvent caractérisé par de petites agglomérations, et par ailleurs, dans le milieu urbain, dans des localités de faible densité d'habitat, pour lesquelles les contraintes financières peuvent, en outre, imposer des solutions d'attente, compte tenu des autres urgences.

Parallèlement à ces mesures, une opération de recensement et de contrôle de systèmes individuels déjà existants, construits dans l'anarchie totale et sans aucun contrôle, sera menée par les gouverneurs des provinces et les préfectures, en relation étroite avec les comités provinciaux d'hygiène, afin de redresser la situation sur le plan sanitaire.

On peut espérer que les différentes mesures prises jusqu'à présent permettront dans un délai raisonnable, sinon de résoudre le problème que pose actuellement l'assainissement en milieu rural et dans les zones urbaines périphériques, du moins d'améliorer de façon sensible la situation actuelle. Il faut toutefois préciser tout de suite que c'est une oeuvre de longue haleine qui nécessite l'appui de tous les ministères concernés et même des organismes internationaux.

4 Actions envisagées

Pour revenir à la doctrine sur l'assainissement individuel et rural dont il était parlé au début de cet exposé, le Ministère de l'Intérieur a l'intention de proposer à ce titre les actions suivantes :

- Constitution au sein de la Commission interministérielle des Assainissements d'un groupe de travail qui aura pour tâche de faire un diagnostic de la situation actuelle en la matière (les autorités locales seront mises à contribution pour cette opération), et de proposer les solutions et les techniques les plus faciles et les moins coûteuses pour le milieu rural proprement dit et pour le milieu rural urbanisé, ainsi que pour les quartiers périphériques des villes.

- Détermination des localités ou quartiers pour lesquels il est préférable d'adopter ce système, soit à titre définitif, soit à titre provisoire.
- Elaboration de tous les documents techniques nécessaires pour l'exécution de telles installations.
- Etablissement d'un programme décennal d'assainissement individuel et rural qui sera exécuté par les communes sous le contrôle de tous les ministères intéressés.

Au niveau de chaque province, un responsable sera désigné pour la coordination des actions nécessaires à ce titre et travaillera en collaboration étroite avec le Comité provincial d'Hygiène.

Ce programme pourrait concerner en premier lieu les chefs-lieux de communes, dans le cadre de l'opération "Chefs-lieux de communes" que le Ministère de l'Intérieur compte lancer au cours du futur plan quinquennal.

Les moyens de financement de ce programme proviendraient de trois origines :

- participation des collectivités locales
- participation des particuliers
- subvention de l'Etat dans le cadre du programme national d'assainissement.

Ce programme devrait s'accompagner d'une opération de formation de cadres techniques communaux spécialisés en la matière.

Il ne constitue en tout état de cause qu'un volet d'une opération plus vaste qui doit viser par priorité l'alimentation en eau dans des conditions convenables de la population de l'ensemble du territoire. C'est au fur et à mesure que les villages et les douars pourront être alimentés en eau que pourra être mis en oeuvre leur assainissement. Un effort très important a déjà été entrepris en ce domaine, mais il reste insuffisant (34 000 douars).

Un programme d'action renforcée est ainsi envisagé en la matière au cours du prochain plan quinquennal : il entre dans le cadre de l'objectif du programme international de la décennie de l'eau potable et constitue la participation nationale à cet effort.

Il comporte toutes les phases de l'alimentation en eau potable, depuis la recherche de points d'alimentation jusqu'à la distribution, en adoptant des techniques simples et de coût d'exploitation limité, dont la mise en oeuvre s'impose si l'on veut éviter de trop lourdes charges aux collectivités et desservir rapidement l'ensemble de la population.

Parmi ces techniques simples, on peut citer :

- captage
 - . par pompes manuelles (dans le cas d'une population très limitée);
 - . par éolienne (en particulier pour le littoral);
 - . par pompe solaire, etc.
- Distribution
 - . implantation d'abreuvoirs.
 - . bornes-fontaines réparties de façon judicieuse dans les douars.
 - . réservoirs d'eau;
 - . petits réseaux de distribution.

- entretien des points d'eau

On prévoit la généralisation des équipes d'entretien mobiles des points d'eau qui, dotées du matériel nécessaire, s'occuperont de la réparation et de l'entretien des points d'eau, à raison d'une équipe par province. La dépense globale pour cette opération capitale s'élèvera à 32 370 000 DH au cours du prochain plan (dépenses en personnel et matériel).

Il est prévu de d'équiper 440 douars ou centres au cours du prochain plan en matière de captage et de distribution d'eau. Les travaux seront financés en collaboration avec l'UNICEF et l'USAID et le Corps de la Paix. Ces villages, douars ou centres ont été choisis parmi les plus rentables, compte tenu du rapport coût du projet/population à desservir.

L'action envisagée est donc importante, mais elle s'impose d'autant plus que l'eau de boisson constitue la source la plus importante de contamination épidémiologique qu'il faut à tout prix résorber dans le cadres des opérations préventives qui, tant sur le plan humain qu'économique, doivent constituer la base des actions à mener en matière de santé publique.

Séminaire sur la technologie appropriée
pour l'assainissement en milieu rural

MOR/BSM 003

Rabat, 1er-5 décembre 1980

L'HYGIENE DU MILIEU DANS LES ZONES RURALES
Quelques expériences italiennes

par
Luigi Mendia
Directeur du Cours de Spécialisation en Génie sanitaire
à l'Université de Naples, Italie

SOMMAIRE

	<u>Page</u>
1. Introduction	215
2. L'expérience italienne	216
2.1 Généralités	216
2.2 Approvisionnement en eau potable	217
2.3 Collecte et évacuation des eaux résiduaires domestiques	217
2.4 Collecte et évacuation des déchets solides	222
2.5 Education sanitaire	222
3. Conclusion	222
ANNEXE Figures I à V	223

1. Introduction

Les principes et les techniques concernant l'hygiène du milieu ont été déterminés de manière adéquate depuis un certain temps, grâce aux développements du Génie sanitaire au cours des dix dernières années.

Toutefois, le problème du choix approprié des stratégies à adopter se pose aux autorités et aux responsables techniques locaux. Il faut rappeler à ce sujet que de telles stratégies doivent être liées étroitement aux conditions géographiques, démographiques, environnementales, socio-économiques et culturelles des populations à desservir.

La définition et l'emploi des technologies appropriées sont liées implicitement à ces mêmes conditions, en ce qui concerne en particulier les problèmes concernant l'approvisionnement en eau potable, la collecte et le traitement des eaux d'égout et la collecte et l'évacuation des déchets solides.

Dans le cas des collectivités rurales, la solution des questions fondamentales de l'assainissement du milieu exige des formulations et des solutions techniques particulières, à cause des facteurs spécifiques qui le caractérisent. On peut rappeler à titre d'exemple, la situation des régions du Bassin méditerranéen qui, en ce qui concerne certaines caractéristiques climatiques (subtropicales) peuvent être comparées entre elles et qui, du point de vue socio-économique, peuvent être considérées comme en voie de développement par rapport aux régions industrialisées.

Parmi les facteurs qui caractérisent les situations indiquées ici, il faut rappeler :

a) les dimensions réduites et la densité très variable des populations à desservir : collectivités isolées, collectivités éparpillées, mais intégrées entre elles en ce qui concerne le développement de certains services, villages isolés, villages intégrables pour certains services (entre eux et/ou à des collectivités comprenant une population plus nombreuse);

b) les moyens techniques, organisationnels et financiers des services municipaux, pour la plupart inadéquats en face des problèmes à résoudre;

c) la distance entre les collectivités rurales et les centres administratifs;

d) les conditions d'habitation rurales traditionnellement sous-développées : facilités hygiéniques familiales précaires, taux élevé d'occupation des locaux, proximité et même promiscuité de la vie de la famille avec les animaux;

e) les conditions précaires du milieu et de l'hygiène des collectivités rurales : production et transformation in situ des produits alimentaires frais (lait, viande et dérivés, huiles végétales), activités artisanales à l'intérieur de l'agglomération (travail de la laine, teinturerie, tannerie), emploi des pesticides et des anticryptogamiques, emploi des engrais organiques;

f) la fragilité des situations épidémiologiques : le climat, les conditions de l'environnement à l'intérieur et à l'extérieur, les niveaux de nutrition, les habitudes des familles, les traditions, le nomadisme, etc. facilitent la transmission des maladies et la présence d'agents pathogènes et de vecteurs de maladies typiques;

g) l'éducation sanitaire, absolument inadéquate, surtout pour compenser la fragilité des situations épidémiologiques et les conditions défectueuses de l'environnement;

h) le poids insignifiant des collectivités rurales dans la vie politique et administrative des régions par rapport, par exemple, aux secteurs touristiques, industriels et tertiaires.

2. L'expérience italienne

2.1 Généralités

En ce qui concerne l'expérience italienne, il faut tenir compte de la présence de deux situations socio-économiques différenciées : la première concerne les régions du nord et une partie des régions centrales, avec un niveau industrialisé (Piémont, Ligurie, Lombardie, Vénétie, Emilie romagne, Friuli, Vénétie julienne, Romagne, Toscane, Latium); la seconde, qui comprend la partie restante des régions centrales (Molise, Abruzzes, Marches), les régions du sud (Campanie, Pouilles, Lucanie, Calabre) et les îles : la Sicile, d'autres îles mineures et la Sardaigne, et dont le niveau socio-économique, dans certaines parties, doit être considéré comme étant en voie de développement. On rappellera ici plus particulièrement les expériences des régions du second type.

Il faut mentionner ici surtout qu'une agence d'Etat, "La Cassa per il Mezzogiorno", a été constituée dans le but spécifique d'améliorer les conditions hygiéniques de ces régions, et dont le rôle primordial est de financer et de diriger la phase de projet et la réalisation des ouvrages concernant les infrastructures sanitaires de base et l'irrigation. Dans plusieurs régions, il existe des organismes publics s'occupant par ailleurs de la gestion des aqueducs ruraux dans le contexte de l'assainissement des zones agricoles.

La tendance récente est de créer des organismes supervisant la solution des problèmes des aqueducs et des réseaux d'égouts et dans certains cas également, des déchets solides, y compris les traitements divers. "L'Acquedotto pugliese" qui fonctionne depuis 50 ans en est un exemple.

La collecte et l'évacuation (traitement) des eaux d'égouts ainsi que celles des déchets solides sont institutionnellement de la compétence des municipalités. Dans le cas des zones rurales, l'unité administrative minimale prévue est la "fraction" (Frazione) qui a compétence à ce sujet sur les communautés éparpillées et les fermes. Récemment, l'organisation politico-administrative des "communautés de montagne" (Comunità Montane) a été créée avec la compétence locale de financer et de planifier les oeuvres hydrauliques et les infrastructures dans les zones géographiques correspondantes.

Par l'intermédiaire du Conseil supérieur de la Santé, des Bureaux de Médecine provinciale et des Laboratoires d'Hygiène et de Prophylaxie, le Ministère de la Santé promulgue des normes sur les critères de qualité et les méthodes de contrôle et il surveille les niveaux de la qualité de l'environnement dans les différentes provinces par différents types d'interventions. La réforme sanitaire qui entrera en vigueur à partir de janvier 1981 prévoit l'institution des "unités sanitaires locales" (Unità sanitarie locali) qui, parmi leurs nombreuses tâches, auront pour rôle de sauvegarder, d'améliorer et de contrôler l'hygiène du milieu, les aliments et l'éducation sanitaire. Les collectivités rurales feront appel à l'action de ces unités.

En général, la tendance actuelle de la société rurale du sud de l'Italie est caractérisée par l'abandon des maisons isolées et des fermes en tant qu'habitations et par le déplacement vers les agglomérations. Cette tendance est motivée par l'attraction de conditions de vie meilleures (du moins, en apparence), et elle est renforcée par la mécanisation de l'agriculture, par les difficultés de trouver de la main-d'oeuvre désirant résider à la campagne, et par le développement de la motorisation et des réseaux routiers. Par conséquent, des fractions et des communes, qui avaient autrefois un caractère principalement rural, voient leur population augmenter et les plus grandes d'entre elles prennent avec le temps une physionomie de ville-dortoir. Une conséquence caractéristique de cet état de choses est l'augmentation de la demande de services.

Les fermes prennent de plus en plus l'aspect de centres industriels pour la zootechnie, la production et la transformation des produits agricoles laitiers; en même temps, le travail des oliviers et de la vigne a tendance à diminuer au niveau familial.

2.2 Approvisionnement en eau potable

On peut affirmer que pratiquement l'ensemble de la population rurale est desservie en majeure partie par des réseaux de distribution à l'intérieur des maisons et dans les autres cas, par des fontaines publiques alimentées en eau de qualité adéquate contrôlée par les autorités sanitaires.

Le service contrôlé des camions-citernes assure le transport dans les cas urgents. L'utilisation des puits à l'intérieur des collectivités rurales est subordonnée au contrôle des autorités sanitaires, qui d'ailleurs découragent l'utilisation des eaux des puits privés.

La dotation hydrique journalière des collectivités desservies par des réseaux de distribution à l'intérieur des maisons est d'environ 150 l/habitant.

La plus grande partie des eaux distribuées provient des nappes profondes et l'on n'a pas une grande expérience d'installations de potabilisation destinées spécifiquement aux collectivités rurales. Dans le cas des réservoirs en tête de réseau et des réseaux de distribution, la sécurité sanitaire est assurée grâce à la chloration avec des solutions d'hypochlorite.

2.3 Collecte et évacuation des eaux résiduaires domestiques

L'expérience acquise en Italie dans ce domaine est assez remarquable. Le Conseil supérieur de la Santé a élaboré, il y a déjà dix ans, des dispositions qui ont été presque entièrement reprises par la nouvelle loi concernant la protection des eaux contre les pollutions (Loi No.319 du 10 juin 1976). Les normes fixées ont d'ailleurs été élaborées avec la contribution expérimentale des spécialistes de l'Ecole du Génie sanitaire de l'Université de Naples et sur la base des projets développés par ceux-ci dans la réalité de l'Italie du sud qui, à plusieurs points de vue, se rapproche de celle de nombreuses autres régions du Bassin méditerranéen.

Les considérations suivantes trouvent leurs points de repère dans les normes mentionnées ci-dessus.

2.3.1 Assainissement individuel (moins de 50 unités)

En principe, les eaux résiduaires doivent provenir uniquement des habitations; l'admission des eaux pluviales n'est pas acceptable du tout.

a) Fosses étanches

Le système est admis seulement dans le cas des maisons dépourvues de distribution intérieure d'eau et lorsque la dotation hydrique est inférieure à 40 l/j par habitant.

Les fosses doivent être construites de façon qu'aucune fuite d'eau ne se produise; elles seront situées au dehors des maisons, enfouies à une distance de 50 cm des murs de fondation et au moins à 10 m de distance des tuyaux, puits et réservoirs d'eau potable.

On recommande une capacité de 300 à 400 litres par personne desservie, dont le nombre ne devrait pas dépasser 18-20. La vidange périodique des boues devrait être effectuée par aspiration en utilisant des pompes mobiles installées sur des véhicules spéciaux. Les boues digérées seront transférées dans des zones appropriées pour y être enterrées ou séchées. La mise en dépôt des boues digérées serait souhaitable dans des stations de traitement ou sur des lits de séchage centralisés et installés au service de plusieurs collectivités. Le compostage avec des ordures ménagères doit être particulièrement contrôlé (vecteurs, parasites, niveau de digestion, manipulation, types de culture, etc.).

b) Fosses septiques

Avant de prendre ce système en considération, il faut tenir compte des contraintes et des recommandations suivantes :

- population desservie par bassin unitaire : 50-60 habitants (la dotation hydrique par habitant étant au moins de 50-60 l/j);
- temps de détention : 12-36 h;
- capacité de digestion de la boue : 150-300 l/h (en fonction du nombre de vidanges par an);
- distance minimale des murs de fondation : 1 m;
- localisation à l'extérieur des bâtiments;
- distance minimale des puits, réservoirs, tuyaux d'eau potable : au moins 10 m;
- disposition planimétrique de façon que les opérations d'extraction des boues de la fosse n'aient pas d'effets nuisibles;
- adoption de préférence de bassins équipés d'une zone de digestion des boues séparée de la zone de décantation (même si elles sont en communication entre elles).

La fosse septique trouve un emploi convenable dans le traitement primaire à l'amont des systèmes d'évacuation des effluents à travers le terrain (puits perdus, irrigation subsuperficielle), beaucoup mieux qu'à l'amont des systèmes d'oxydation.

c) Fosses du type Imhoff

Ce système de traitement primaire est très utilisé dans le sud de l'Italie pour les petites collectivités, de 50 jusqu'à 5 000-10 000 habitants.

- nombre maximal de personnes desservies par bassin unitaire : 3000;
- temps de détention calculé sur le débit de pointe : 2 à 3 heures;
- capacité de digestion des boues : à calculer sur la base de 30-40 litres par habitant desservi, ceci au cas où le bassin est utilisé pour le traitement primaire uniquement.

Au cas où la fosse Imhoff doit être utilisée également pour les boues de la décantation secondaire, la capacité mentionnée ci-dessus devra être élevée à 90 litres environ par habitant. L'évacuation des boues devrait être effectuée trois ou quatre fois par an. En tout cas, une extraction avant la saison des pluies est recommandée.

Lorsque les fosses Imhoff constituent le seul traitement et que la population desservie ne dépasse pas 100 habitants, l'évacuation des boues pourrait être effectuée par un système de pompage mobile. Dans tout autre cas, il faut prévoir des lits de séchage au service de la fosse (capacité de la fosse : 1 m³ pour 40 habitants : traitement primaire; 1 m³ pour 25 habitants : traitements I et II). Les fosses desservant plus de 500 habitants peuvent être convenablement équipées de cloches pour la collecte du biogas.

2.3.2 Traitement secondaire

a) Systèmes à dispersion

Les systèmes à dispersion à travers le terrain ont déjà été mentionnés. Leur usage est approprié pour les petites collectivités agricoles. En ce qui concerne les puits dispersés, la population ne devrait pas dépasser le nombre de 30 par unité. Le cas échéant, si la perméabilité du terrain n'est pas tout à fait satisfaisante, il est recommandé d'utiliser deux unités fonctionnant à des périodes alternées.

Un ensemble de plusieurs unités au service de collectivités plus grandes, jusqu'à cent habitants environ, peut aussi être envisagé.

Le système par subirrigation peut être convenablement utilisé pour des populations jusqu'à 500 habitants.

Les contraintes principales à respecter sont représentées, notamment, par la présence de nappes dans les environs des systèmes de dispersion, ainsi que d'ouvrages destinés à la collecte et/ou à la récolte d'eau potable (pour prévenir toute pollution, respecter au moins une distance de 50 m).

b) Systèmes d'oxydation

Le type le plus appropriée est le lit bactérien. Etant donné les fluctuations notables constatées dans les débit journaliers, il est recommandé d'installer un petit bassin de collecte équipé d'un siphon de chasse. L'ensemble doit être proportionné de façon, d'une part, à permettre des intermittances dans le fonctionnement du lit pendant les heures de pointes (pour une meilleure oxydation du film biologique) et, d'autre part, à ne pas avoir de périodes de repos trop longues (réduction des activités biologiques) pendant certaines heures de la journée, à cause des débits trop faibles parvenant à l'installation.

Le type de lit bactérien à faible charge (2-3 m³ de pierraille par m³ d'eau d'égout par jour) est le plus recommandé dans les cas envisagés.

La distribution des effluents par tuyaux fixes ou par petits canaux n'est pas appropriée, à cause de l'obturation, au cours du temps, des trous de passage de l'eau d'égout en traitement.

L'équipement le plus utilisé est le bras distributeur en connection hydraulique avec le siphon mentionné ci-dessus. Pour le remplissage du lit, dans le cas des zones rurales, la pierraille calcaire est préférable aux éléments en plastique, pour des raisons économiques.

Les biodisques trouvent aussi une application adéquate pour une large gamme de population : de 10-15 jusqu'à plusieurs milliers d'habitants. L'énergie nécessaire au mouvement des nodules unitaires de disques est très faible : par exemple, la puissance pour une installation au service de 15 habitants est estimée à environ 0,4 kW; pour 100 habitants, à 0,6 kW. L'énergie à prévoir par habitant est estimée à 8-10 kWh/an.

Un avantage ultérieur des biodisques est représenté par la faible différence dans les niveaux hydriques entre l'amont et l'aval de la station de traitement. Le volume du bassin dans lequel les biodisques sont installés est très modeste : par exemple, 4 m³ de bassin pour 15 habitants; 5,5 m³ pour 100 habitants.

Les systèmes à boues activées ne sont pas particulièrement employés dans les zones rurales en Italie. Dans ces situations, par contre, le traitement par oxydation totale utilisant des canaux équipés avec des brosses rotatives (système hollandais Pasveer) est considéré comme très approprié .

c) Décantation secondaire

Un bassin de décantation secondaire doit toujours être installé en aval des lits bactériens ainsi que des biodisques (pour la récolte des petits morceaux du film biologique qui se détachent du moyen de soutien).

Sur la base de l'expérience acquise pendant plusieurs années dans le sud de l'Italie, il est recommandée d'utiliser aussi, si possible, la fosse Imhoff pour la décantation secondaire. Compte tenu de l'humidité plus élevée de la boue secondaire, il est recommandé que la capacité de la zone de digestion à l'intérieur de la fosse soit dimensionnée sur la base de 60 litres par habitant. Le temps de détention dans la zone de décantation est d'environ 2 heures, calculé sur le débit de pointe.

Comme équipement alternatif, on utilise le bassin du type Dortmund à plan circulaire, dimensionné de façon que le temps de détention soit de 2 heures environ, calculé sur le débit de pointe.

2.3.3 Quelques schémas de traitement

Les solutions techniques concernant l'assainissement des petites collectivités rurales ont déjà été mentionnées. On va résumer ci-dessous les critères adoptés et/ou suggérés en Italie pour les collectivités rurales de 1000 jusqu'à 10 000 habitants.

Les variables et contraintes principales ayant une influence sur les solutions techniques sont notamment les suivantes :

- le système de collecte des eaux d'égout;
- les dimensions et les fluctuations (journalières; saisonnières) des débits à traiter;
- la variabilité de la qualité des eaux à traiter (présence d'eaux résiduaires de l'industrie agricole);
- l'utilisation éventuelle des effluents et/ou des boues pour l'agriculture;
- l'opportunité de la récupération du biogaz;
- la possibilité de mise en dépôt des boues (fraîches ou digérées) dans une station de traitement centralisée;
- la disponibilité sur place de main-d'oeuvre qualifiée;
- l'organisation des services de contrôle;
- les facilités locales dans l'approvisionnement en pièces de rechange.

Le schéma suivant se réfère à une situation demandant une dépuración poussée.

a) Traitement des eaux d'égout

- grillage : nettoyage éventuellement mécanique, by-pass de panne; le matériel retenu doit être enfoui dans des tranchées;
- décantation primaire : zones supérieures de bassin(s) combiné(s) de type Imhoff;
- oxydation : lits bactériens; biodisques;
- décantation secondaire : zones supérieures de bassin(s) combiné(s) du type Imhoff; solution alternative : bassin(s) du type Dortmund;
- désinfection : solutions d'hypochlorite; bassin de contact et mélange.

b) Traitement des boues

- digestion : dans les zones inférieures des bassins Imhoff;
- séchage : lits de séchage.

Le schéma mentionné est très simple et très économique du point de vue de l'exploitation et de la gestion. Le niveau d'épuration qu'on peut atteindre est d'environ 85% (DBO). Il faut dire en même temps que ce schéma demande une différence de niveau notable (entre 2,5 et 4 m) entre l'arrivée de l'eau d'égout brute et la sortie des effluents finals. Si l'altimétrie du terrain le permet, il est possible de réaliser un fonctionnement entièrement par gravité, ce qui représente une condition très économique. Dans les zones plates, il faut au contraire prévoir un soulèvement de l'eau d'égout en traitement.

Le pompage doit être effectué en amont de l'oxydation, de façon que, en cas de panne, l'eau d'égout à déverser ait subi au moins une clarification primaire.

Une des contraintes de l'utilisation de fosses de type Imhoff est la profondeur d'excavation exigée par ce type d'installation (la hauteur totale du bassin variant de 4,5 à 6 m),

Par conséquent, si la situation locale l'exige (coût de l'excavation, position de la nappe hydrique), on peut utiliser pour la décantation secondaire un bassin traditionnel du type Dortmund, dont la hauteur est d'environ 2,5-3 m. Dans ce cas, les boues secondaires doivent être transférées à l'amont des bassins primaires pour décanter avec les eaux brutes. Comme on l'a déjà mis en évidence, les capacités de digestion devront, dans ce cas, être dimensionnées de façon adéquate.

Chaque bassin (ou groupe de bassins) de décantation (I et II) sera pourvu de lits de séchage.

Pour que la désinfection des effluents soit efficace, il faut qu'après les adjonctions de solutions d'hypochlorite, l'eau en traitement soit mélangée pendant une période d'au moins vingt minutes (débit de pointe). Des bassins à plan rectangulaire équipés d'un système de chicane sont utilisés et recommandés. En effet, faute d'un temps de contact approprié, la désinfection par chloration ne peut pas donner, les résultats attendus.

Le schéma en discussion est encore convenable, dans le cas où l'on envisage l'utilisation des effluents et/ou de la boue pour l'agriculture.

La collecte du biogas est possible, lorsque les bassins de décantation sont équipés de cloches installées en communication avec les zones de digestion. Dans le cas de production intensive de biogas (par exemple, élevages zootechniques), le digesteur chauffé est préférable.

2.3.4 Utilisation des eaux d'égout pour l'agriculture

La nouvelle loi italienne mentionnée plus haut prévoit toute une série de normes et de contraintes à ce propos. Les normes considèrent en particulier le niveau de qualité des effluents : absence de substances nocives et pathogènes; concentration de métaux; concentration microbienne; rapports entre Na et Ca+Mg; types de cultures à arroser; protection des nappes souterraines, etc.

2.4 Collecte et évacuation des déchets solides

La réutilisation des déchets solides a représenté depuis toujours une particularité de l'économie rurale. Dans le cas des communautés isolées et éloignées des voies de communication, le système de l'enfouissement des produits utilisables pour l'économie de la communauté même est largement adopté. Le développement du réseau routier permet de sensibiliser aussi les fractions au système de collecte municipale. Le système de la décharge contrôlée commence à avoir une diffusion considérable. Le compostage n'est pas utilisé comme système collectif de réutilisation des déchets, mais on commence à ébaucher des projets pour le traitement combiné des déchets solides et des boues d'épuration des eaux d'égouts. Les autorités sanitaire découragent l'emploi des déchets solides pour l'alimentation du bétail, cette méthode ne pouvant d'ailleurs pas être considérée comme un système d'évacuation contrôlé.

2.5 Education sanitaire

Elle est enseignée dans les écoles primaires (obligatoires jusqu'à 14 ans) et elle rentre dans les programmes d'éducation physique et d'éducation civique.

Les municipalités confient cette tâche aux assistantes sociales et aux visiteuses domestiques. Les Régions et le Ministère de la Santé entreprennent des actions informatives par voie d'affiches, de communications de presse et de films dans certains cas, ainsi que par des campagnes spéciales de vaccinations.

Les unités sanitaires locales instituées récemment vont entreprendre une action spécifique dans leurs secteurs respectifs.

3. Conclusion

Il ressort de ce qui précède que si des considérations techniques et économiques exigent l'utilisation des technologies les moins sophistiquées possible, le contrôle des objectifs à atteindre pour améliorer la qualité de l'environnement et de ce fait la santé publique exige la meilleure organisation et doit procurer une garantie totale.

Le fragilité des conditions épidémiologiques et la précarité de certaines situations typiques du milieu rural imposent le maximum de conscience de la part des autorités responsables ainsi que la connaissance et le respect des normes de la part des populations.

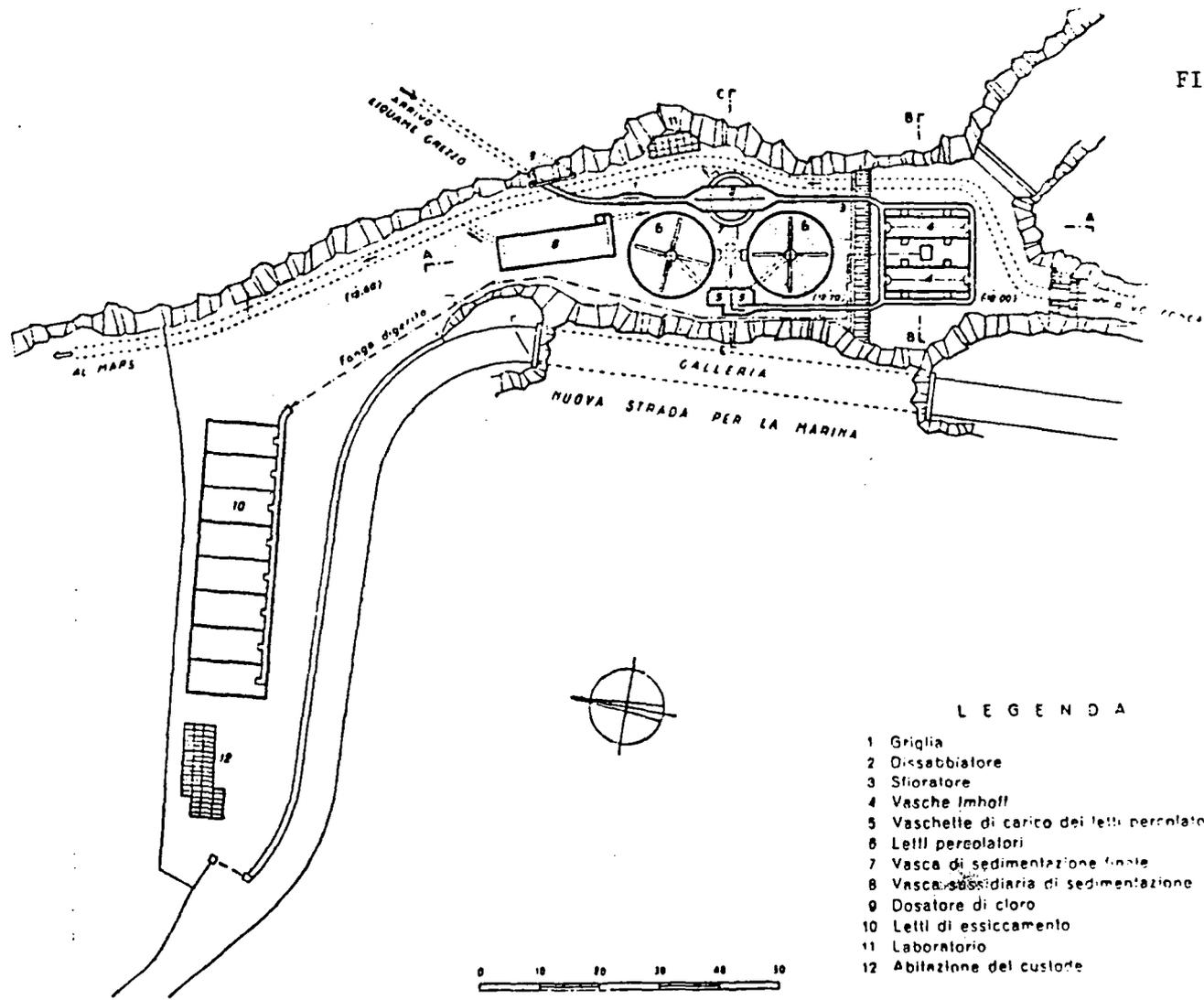


FIGURE I

Anexe

LEGENDA

- 1 Griglia
- 2 Dissabbiatore
- 3 Sfioratore
- 4 Vasche Imhoff
- 5 Vaschette di carico dei letti percolatori
- 6 Letti percolatori
- 7 Vasca di sedimentazione finale
- 8 Vasca sussidiaria di sedimentazione
- 9 Dosatore di cloro
- 10 Letti di essiccamento
- 11 Laboratorio
- 12 Abitazione del custode

STATION DE TRAITEMENT DE SORRENTO : PLANIMETRIE

FIGURE II

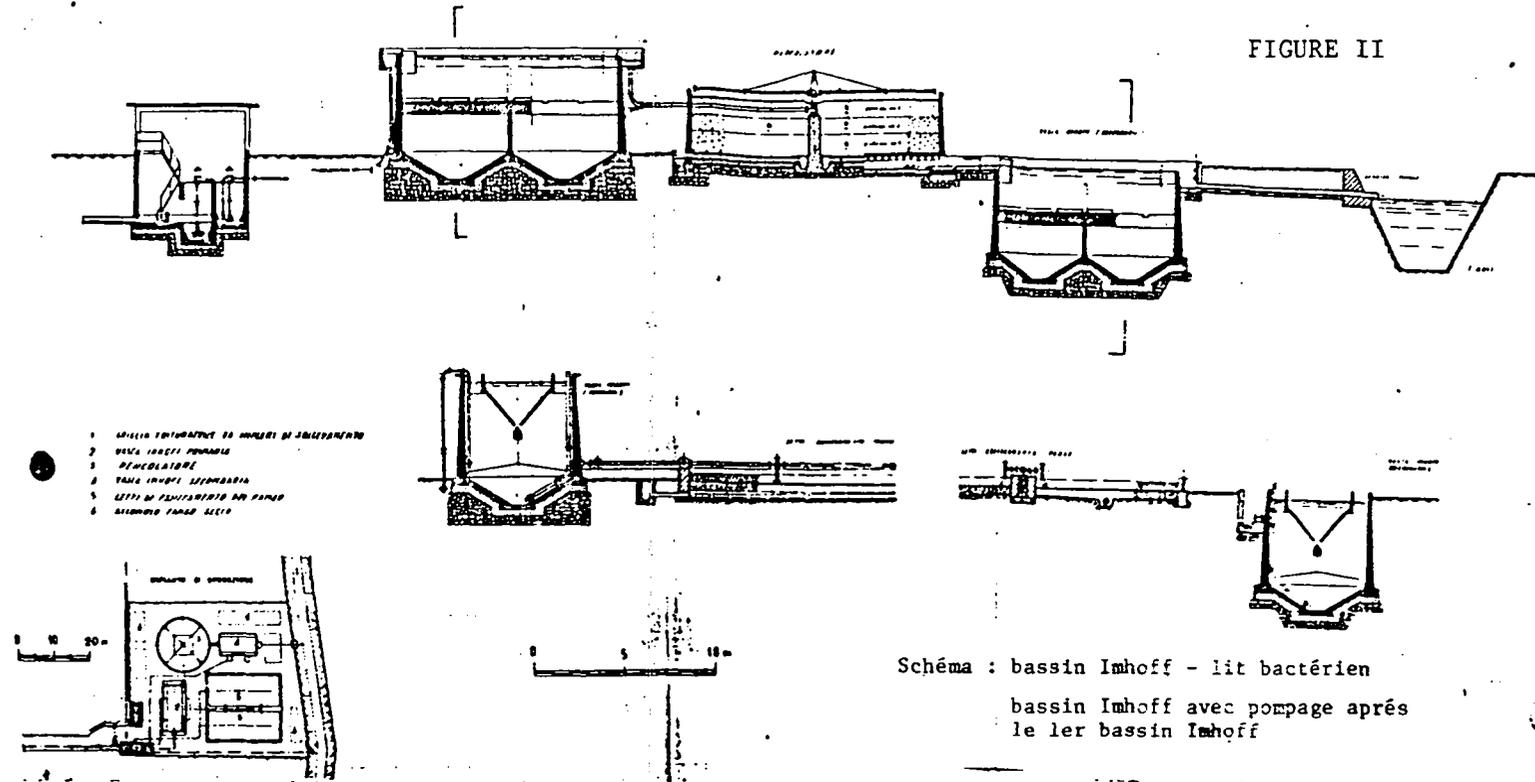


Schéma : bassin Imhoff - lit bactérien
 bassin Imhoff avec pompage après
 le 1er bassin Imhoff

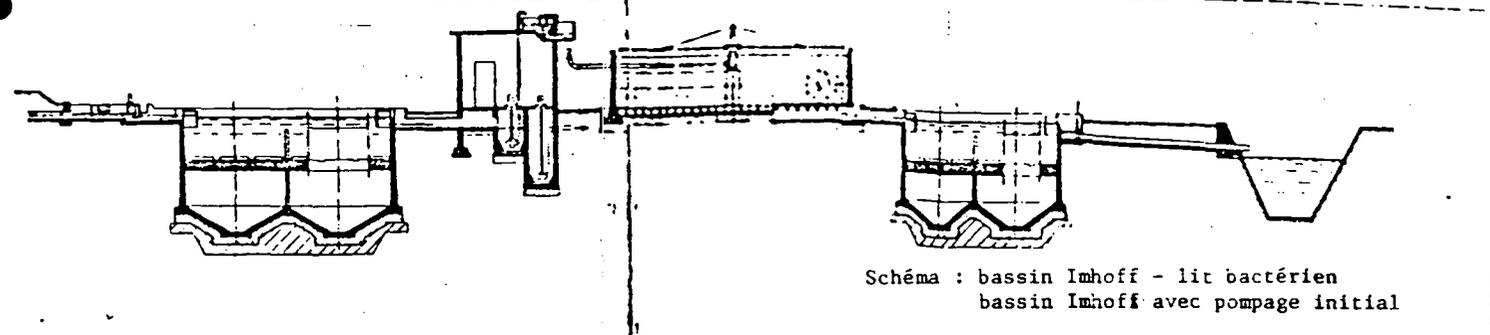
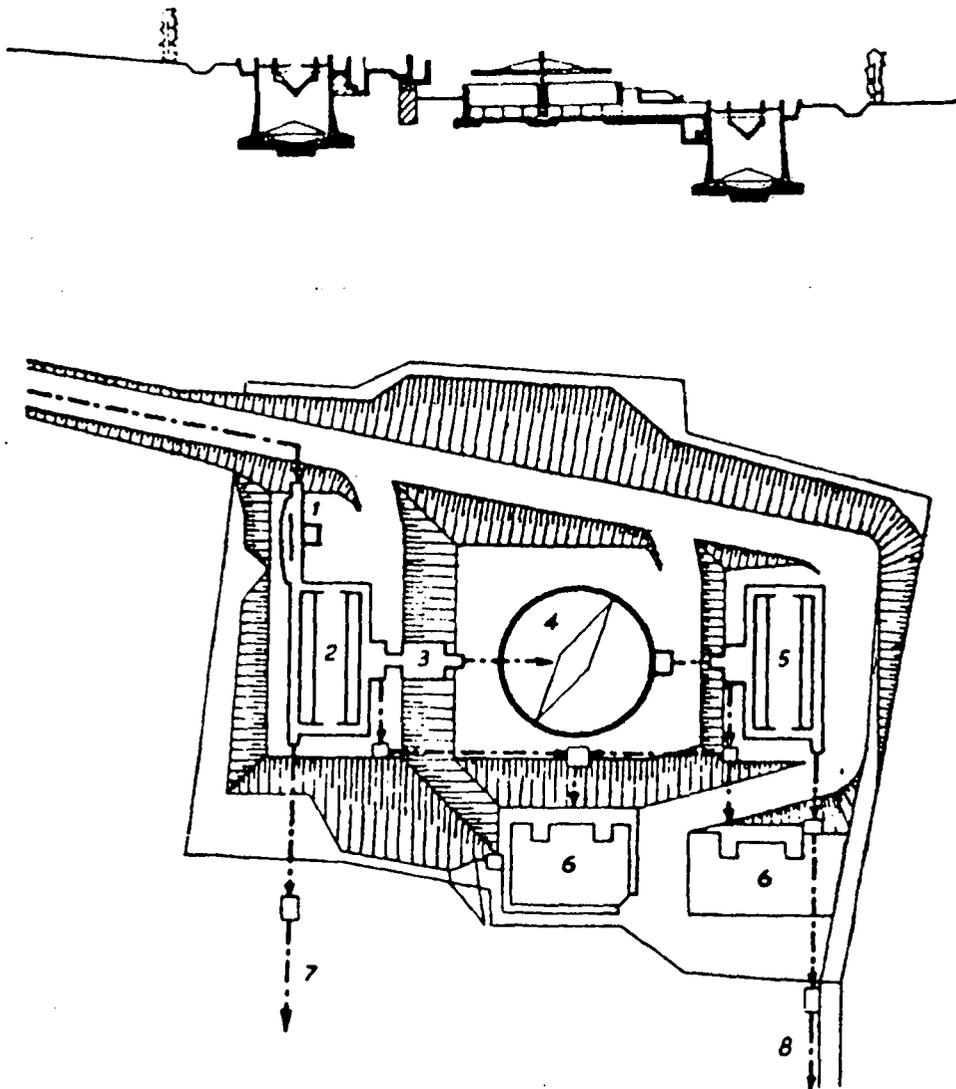


Schéma : bassin Imhoff - lit bactérien
 bassin Imhoff avec pompage initial

Annexe
 (suite)

Annexe
(suite)

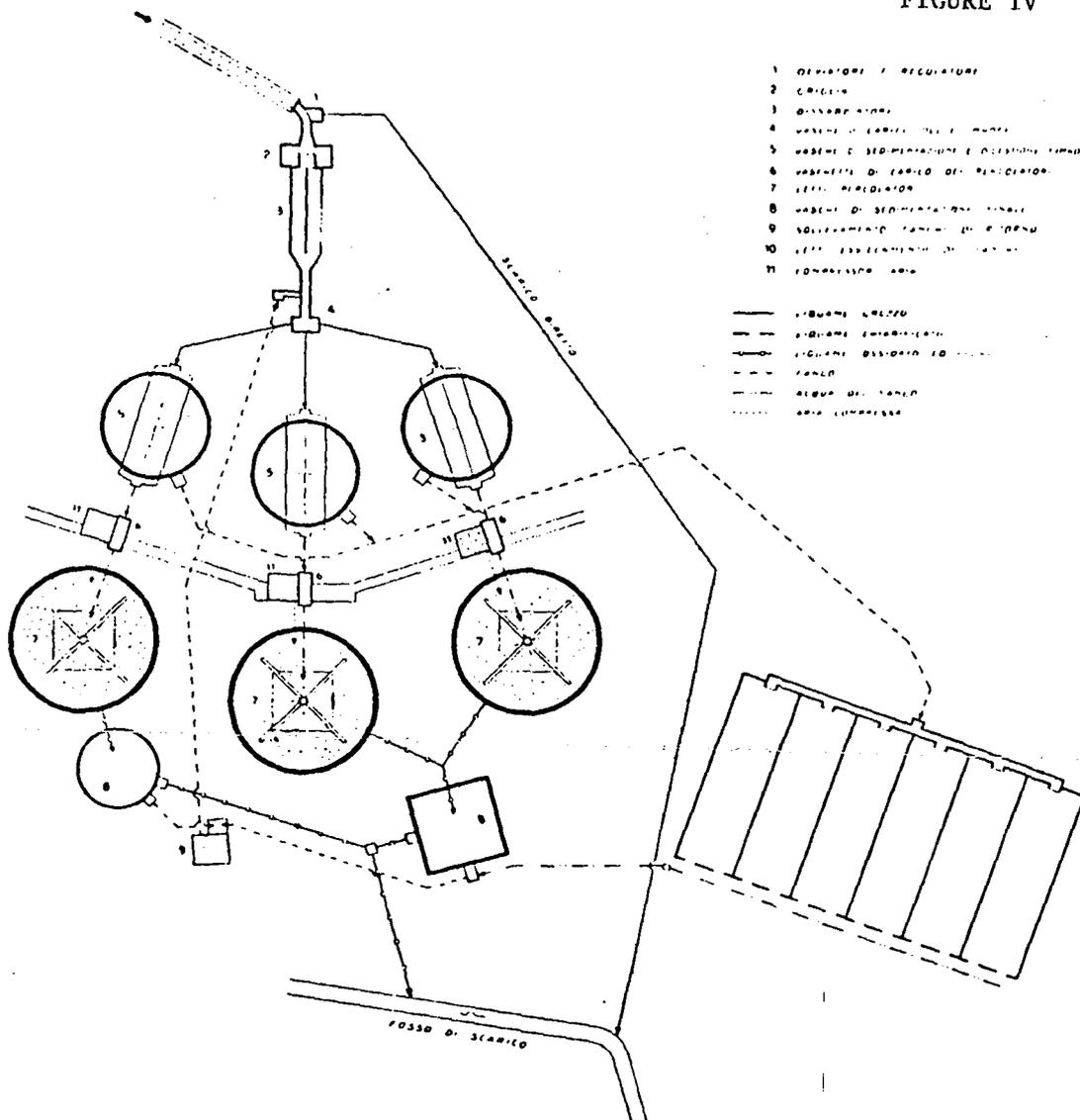
FIGURE III



Station de traitement du Faito : Planimétrie et Section

Annexe
(suite)

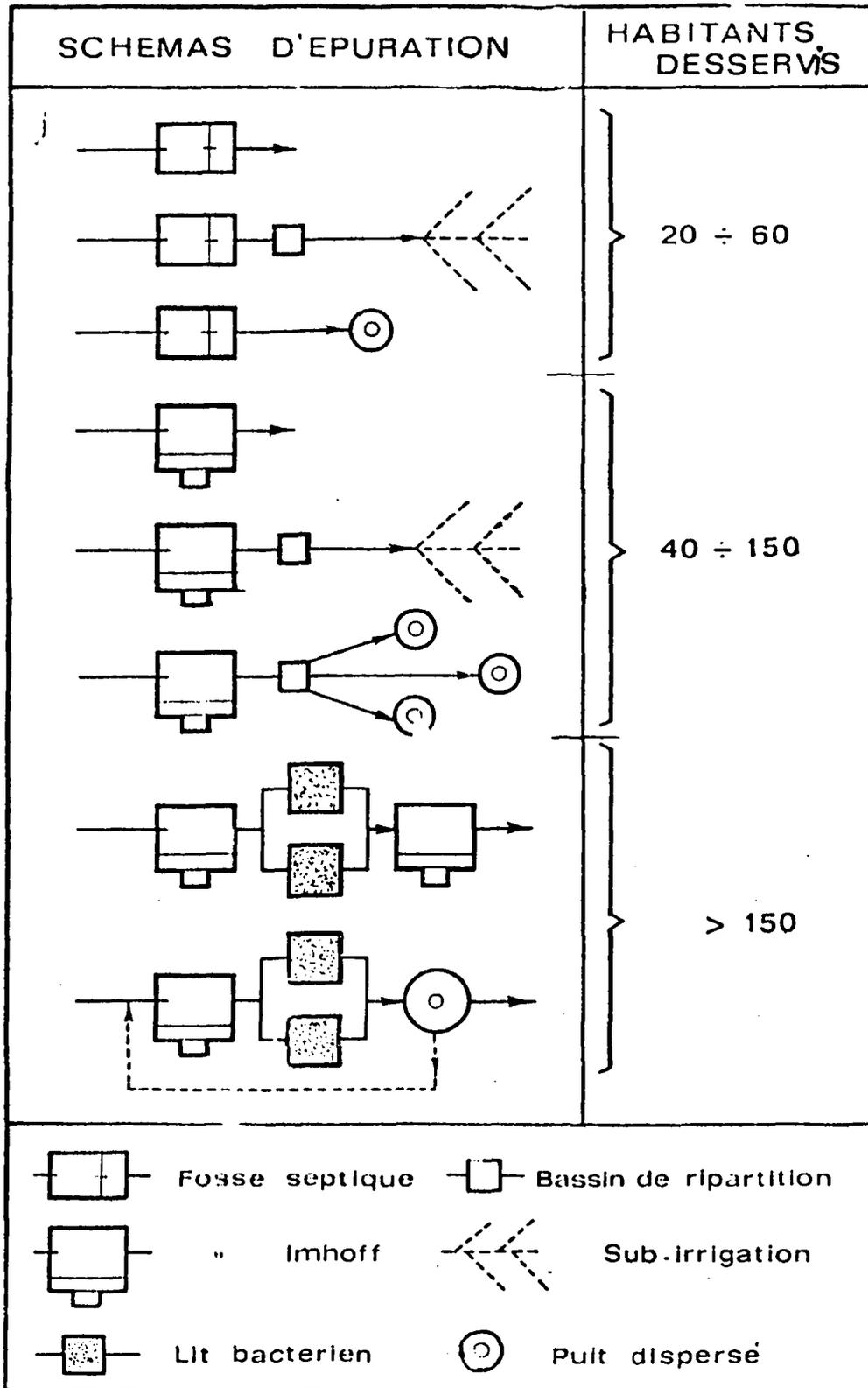
FIGURE IV



Station de traitement de Fiuggi: Schéma de fonctionnement

Annexe
(suite)

FIGURE V



Séminaire sur la technologie appropriée
pour l'assainissement en milieu rural

MOR/BSM 003

Rabat, 1er-5 décembre 1980

PLAN DIRECTEUR D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE
EN MILIEU RURAL

par
T. Zeribi
Ingénieur
Chef adjoint du Département de Génie civil
de l'Ecole Mohammadia d'Ingénieurs
Rabat, Maroc

SOMMAIRE

	<u>Page</u>
1. Introduction - Santé et assainissement	231
2. Plan directeur d'alimentation en eau en milieu rural	231
3. Implantation du plan directeur	236
3.1 Corollaires du plan	236
3.2 Etudes géologiques et hydrogéologiques	236
3.3 Niveaux de service	236
4. Conception de ces niveaux de service	237
5. Identification d'une zone pilote	237
6. Elargissement à l'échelle nationale	237
7. Gestion et opération des infrastructures d'alimentation en eau en milieu rural	239
8. Conclusion	239

1. Introduction - Santé et assainissement

Fournir une eau potable au plus grand pourcentage possible de la population rurale, sans pour cela créer une charge financière non réaliste et incompatible avec les capacités économiques, humaines et physiques du pays est l'un des défis soulevés par le présent séminaire.

Dans de nombreux pays, les populations en milieu rural souffrent d'un grand nombre de maladies dont quelques-unes sont fatales. Il est très difficile d'établir un bilan des dommages causés à la population rurale par une mauvaise alimentation en eau ou un mauvais assainissement. Ce qui complique les statistiques, c'est que ces malades sont rarement hospitalisés et soignent leur maladie soit par la médecine traditionnelle, soit par le "dédain".

La fourniture d'eau potable aux zones rurales ne résoudra pas à elle seule les problèmes de santé, car la maladie peut être contractée par la baignade, le contact direct ou indirect avec les excréta humains, la consommation de nourriture malsaine, etc. Un programme d'alimentation en eau rurale seul peut avoir des effets négatifs sur la santé publique en accentuant les problèmes de l'assainissement, de la prolifération des eaux stagnantes, des mauvaises odeurs, des moustiques, etc.

2. Plan directeur d'alimentation en eau en milieu rural

La nécessité de l'implantation d'un plan directeur peut avoir plusieurs origines, une ou plusieurs de celles qui suivent s'appliquant certainement au secteur faisant l'objet de l'étude :

- Des conditions sociales ou autres favorisant de nouvelles approches de la part des dirigeants, qui décideront que l'alimentation en eau en milieu rural est une priorité dans les domaines d'activité de l'Etat.
- L'enthousiasme d'un directeur ou d'un groupe de fonctionnaires pour le sujet.
- Une reconnaissance tacite ou implicite du fait que le système existant est trop fragmenté pour permettre des décisions adéquates pour la solution du problème.
- Des pressions locales ou régionales faisant ressortir que le secteur a besoin d'être organisé.

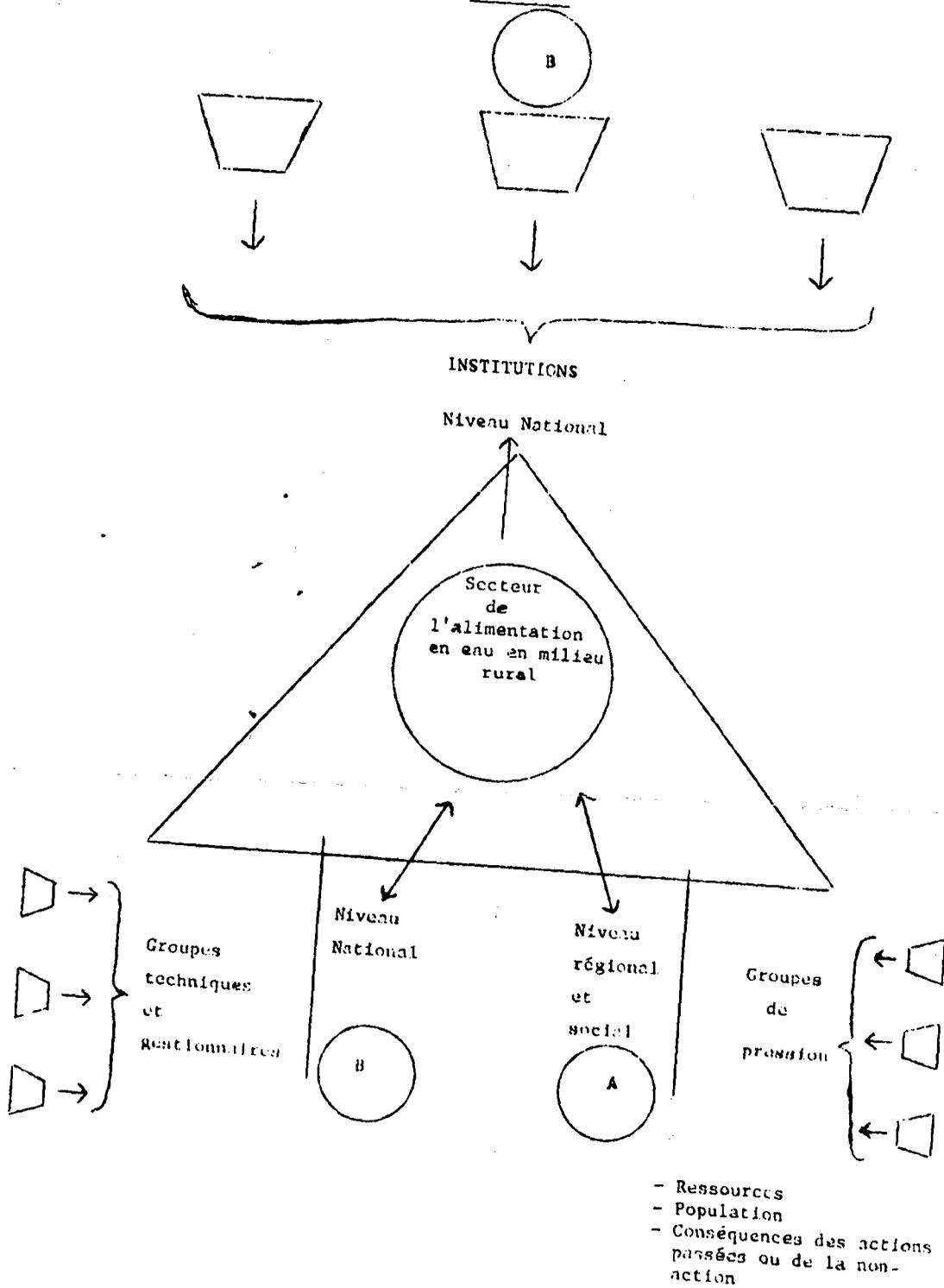
Une fois que le secteur a été classé prioritaire, les problèmes qu'on aura à affronter sont d'ordre institutionnel, plusieurs départements s'intéressant au secteur et des groupes de pression se formant pour défendre une tranche de population, une zone géographique particulière, etc.

En général, les questions ci-après devront être résolues avant de pouvoir implanter les premiers jalons de l'étude :

- 1) Quelle agence ou organisme aura la responsabilité de la coordination de l'implantation du plan directeur ?
- 2) Quelle proportion du budget national sera allouée pour ce secteur ?
- 3) Quel niveau de service doit-on satisfaire ?
- 4) Quel pourcentage de la population sera couvert par l'action ?

Le schéma ci-après représente les différents acteurs qui actuellement ont un impact plus ou moins important sur le secteur (Figure 1).

Figure 1



(A) est le groupe qui subit les conséquences du manque d'eau, de sa mauvaise qualité (qui en est quelquefois le responsable indirect).

L'attitude la plus courante et la plus facile pour ce groupe est de s'adresser au niveau institutionnel (B) qui a, soit le pouvoir législatif, soit les moyens techniques à l'échelle nationale.

(B) s'adresse à (C) qui se trouve submergé par les demandes urbaines, et ce dernier, s'il a le temps, délèguera un technicien sur le terrain pour faire un rapport et un constat qui ne résoudront en rien le problème du manque d'eau et de l'amélioration de sa qualité.

Si les pressions du secteur deviennent trop fortes, on formera un comité ou une commission nationale pour coordonner l'action des différentes institutions. Cette commission formera un sous-comité technique qui, après une première réunion, éprouvera peut-être quelques difficultés pour regrouper ses membres pour une deuxième réunion, chacun estimant que ce n'est pas son rôle de résoudre le problème.

Ceci n'est qu'une image exagérée de la situation, tracée pour introduire la notion de plan directeur d'alimentation en eau en milieu rural, qui devra permettre de passer de cette situation de crise à une meilleure harmonie entre les différents éléments du secteur (voir Figure 2 à la page suivante).

Si dans la situation actuelle, le niveau national est prédominant, l'impact de la deuxième approche sera plus appréciable au niveau local et régional, c'est-à-dire auprès de l'utilisateur à qui le service est destiné.

Une fois le consensus obtenu sur les termes de référence du plan directeur, on peut alors commencer la programmation (voir la Figure 3).

A chacune des étapes de cette programmation, les quatre paramètres suivants doivent toujours être présents dans les évaluations :

- Où en est-on ? (Référence aux éléments préalablement connus);
- Qu'essaie-t-on d'atteindre ? (Référence à l'objectif);
- Est-ce le meilleur cheminement ? (Référence à la programmation);
- Est-ce la meilleure solution ? (Evaluation et critique du travail).

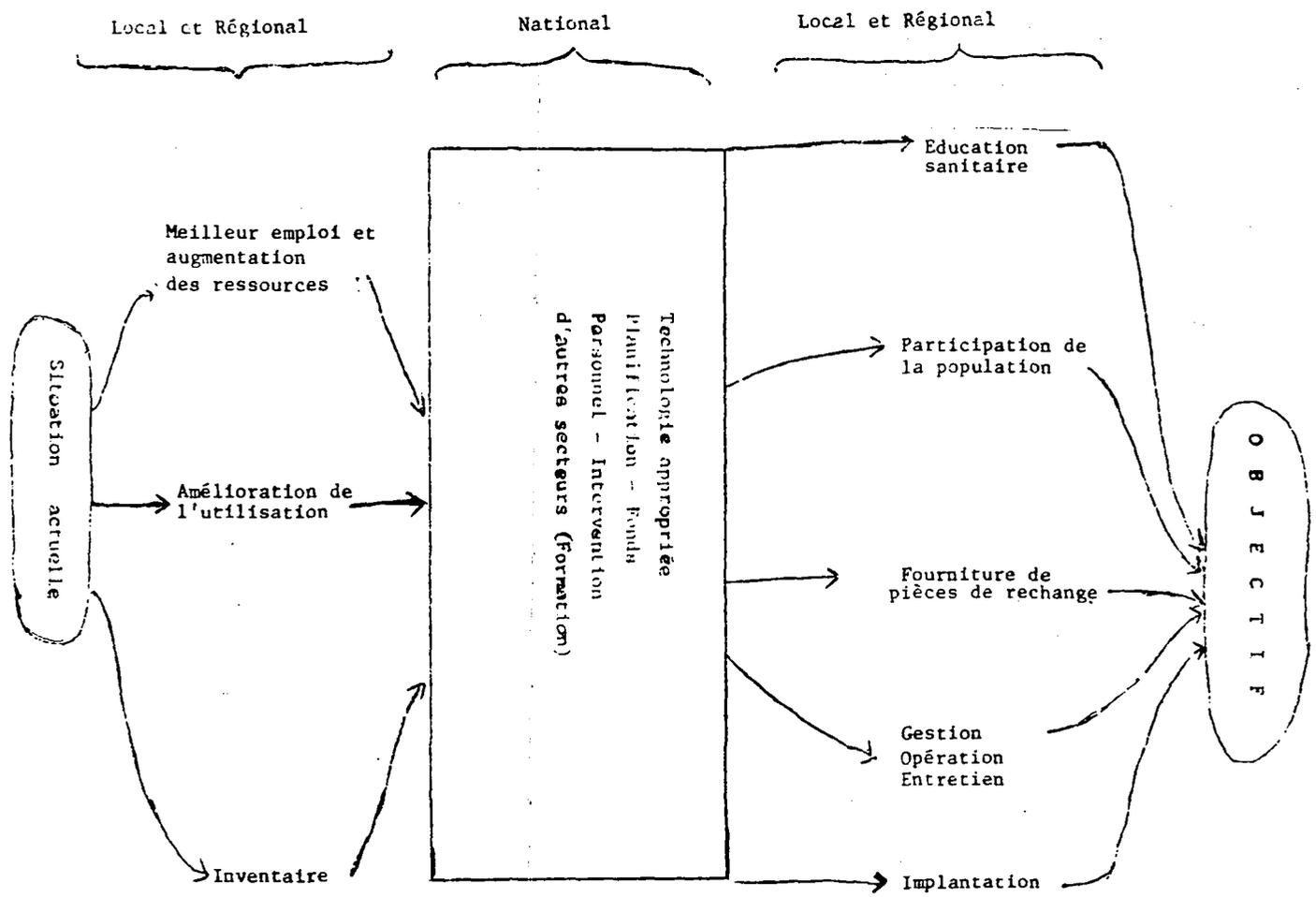
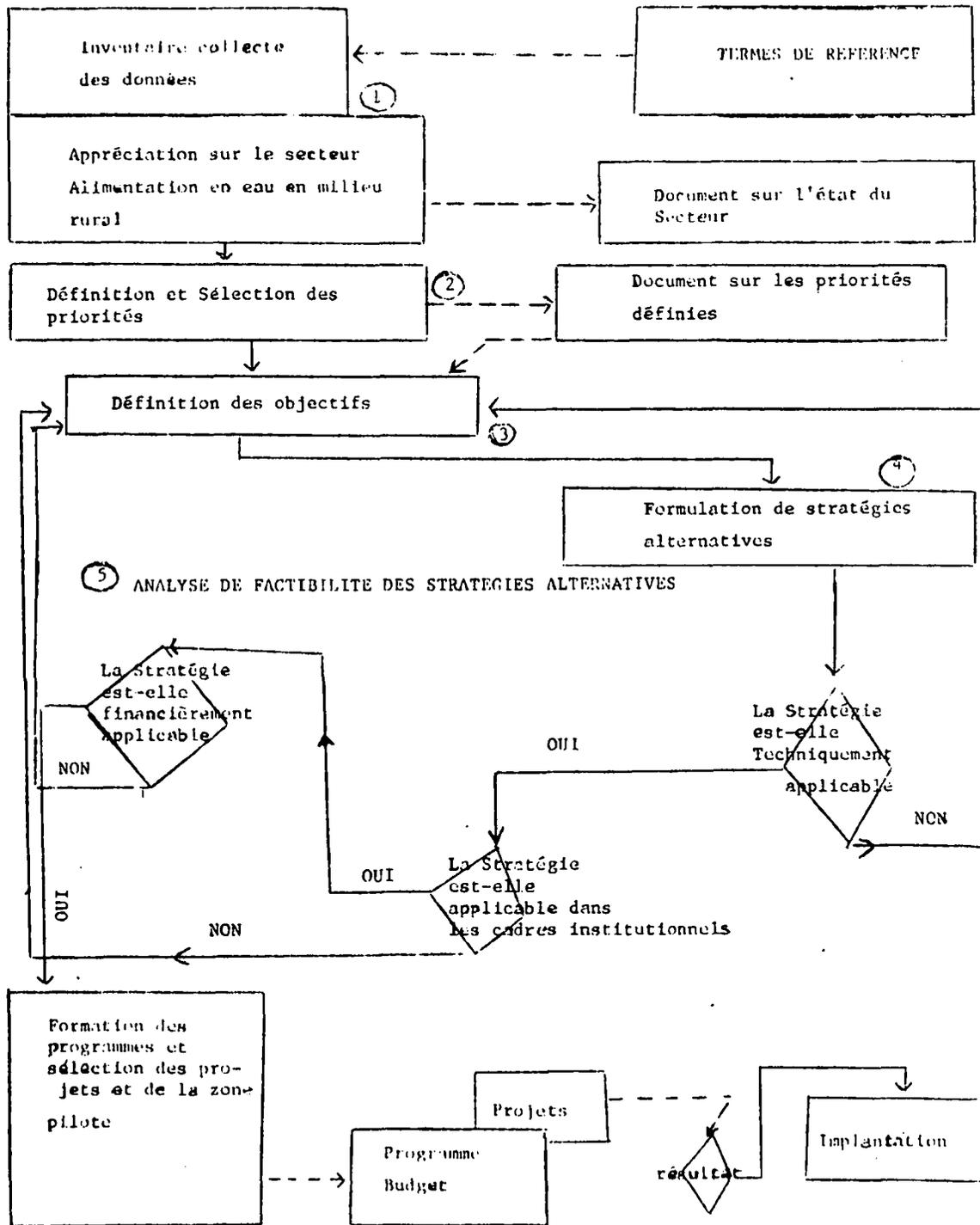


FIGURE 2

Figure 3.



3. Implantation du plan directeur

3.1 Corollaires du plan directeur

On peut mentionner les aspects suivants :

- a) législatifs : solution au problème de la multiplicité de départements impliqués;
- b) budgétaires : contraintes budgétaires - priorité nationale;
- c) techniques : manque de personnel technique - formation;
- d) locales : participation communautaire (temps - matériaux de construction - participation financière);
- e) éducatifs : éducation sanitaire pour sensibiliser la population.

3.2 Etudes géologiques et hydrogéologiques

Elles auront pour but de localiser les sources potentielles en eau potable et permettront de définir les modalités techniques de l'aménagement des sources :

- zones où il est possible de s'alimenter à partir de la nappe aquifère sans grande difficulté;
- zones où le débit de la nappe est faible et où des travaux d'envergure de recherche en eau profonde seront nécessaires;
- zones où l'on peut utiliser l'eau de surface sans traitement sophistiqué;
- zones où la source d'eau nécessite des travaux d'aménagement et des procédés complexes de traitement.

3.3 Niveaux de service

Une politique en ce sens devra être définie. A titre d'exemple, les niveaux suivants peuvent être appliqués : 100% d'un niveau, ou 25% de l'un et 75% de l'autre, etc.

3.3.1 Les petites collectivités de moins de 200 personnes seront alimentées par des puits collectifs ou individuels. Il est entendu que ces puits seront aménagés de façon adéquate.

3.3.2 Les collectivités de 200 à 2000 personnes seront alimentées à partir de fontaines d'eau publiques. La consommation moyenne est estimée de 25 l/h/j à 40 l/h/j.

3.3.3 Les collectivités de 2000 à 5000 personnes seront desservies par des réseaux auxquels ceux qui le pourront seront connectés, le reste de la population étant alimentée par fontaines publiques.

4. Conception de ces niveaux de service

Un manuel de plans et d'études pour chacun de ces différents niveaux de service devra être publié, standardisant l'implantation des différents modèles de sources d'approvisionnement et de systèmes d'aménagement :

- Pompes à main - éoliennes - bornes-fontaines - sources artésiennes, de fond - réservoirs - traitement;
- Utilisation de modules - critères de conception - durée des équipements, etc.

Plusieurs des interventions de ce séminaire ont abordé ces sujets.

Toutes ces possibilités d'implantation devront être chiffrées : matériel - implications sanitaires - entretien - pièces de rechange - personnel d'entretien, etc.

En ce qui concerne la standardisation des équipements (utilisation des modules) tels que les aménagements de puits ou l'utilisation de pompes à main ou autres, la Figure 4 à la page suivante définit un circuit à suivre avant la production à grande échelle des prototypes retenus.

5. Identification d'une zone pilote

Sans attendre la fin des études d'un plan directeur d'alimentation en eau en zone rurale, ce qui peut prendre plusieurs années, et parallèlement aux étapes décrites plus haut, l'identification d'une zone pilote où l'on pourra "tester" les idées préconisées à l'échelle d'une région constitue une démarche importante pour l'amorce de la solution du problème.

Les études à effectuer dans cette zone pilote porteront sur les points suivants :

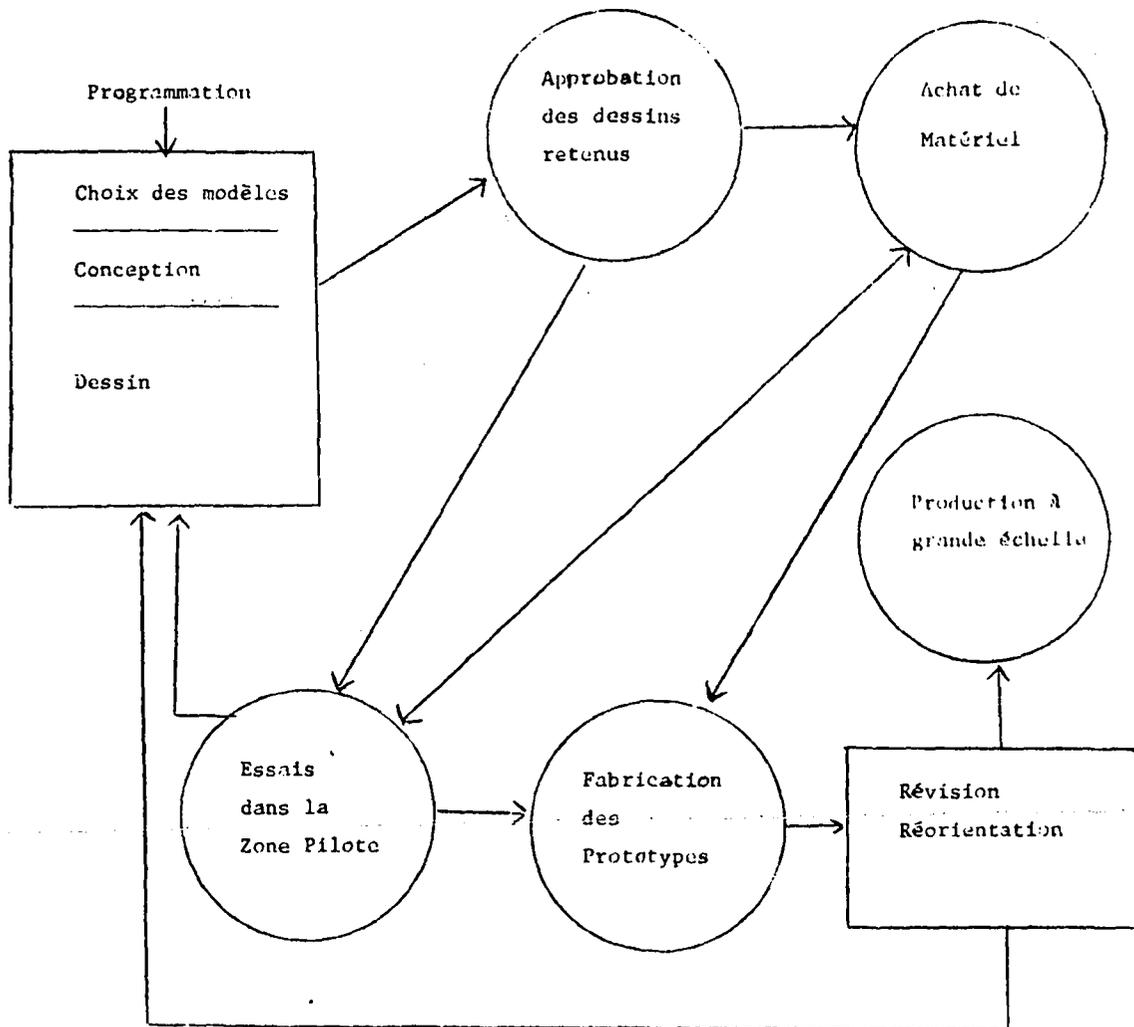
- a) Inventaire détaillé de la population rurale, des douars et des villages de la zone.
- b) Inventaire des systèmes existants et évaluation après inventaire, avant duplication.
- c) Identification des sources existantes - délimitation des besoins en eau du système futur.
- d) Etudes hydrogéologiques avec termes de référence sur les recherches d'autres sources, avant de faire les choix définitifs des points d'alimentation.
- e) Evaluation chiffrée de toutes les possibilités de couverture et du niveau de service à obtenir : matériel, ressources humaines, gestion, opération, implications financières, etc.

6. Elargissement à l'échelle nationale

Les critères de priorité d'implantation sont variables et peuvent avoir plusieurs contraintes :

- financement;
- manque de ressources en eau;
- manque d'intérêt de la population;
- efficacité médiocre des groupes de pression.

Figure 4.



7. Gestion et opération des infrastructures d'alimentation en eau en milieu rural

Afin de résoudre le sérieux handicap des problèmes de gestion et de maintenance, il est essentiel de renforcer à l'échelle régionale et locale les systèmes existants et de les développer dans les régions où ils sont absents, ce qui est malheureusement la majorité des cas dans plusieurs pays.

Sous la responsabilité du Service central responsable de l'alimentation en eau en milieu rural, le pays serait divisé en districts dont la structure devrait inclure les éléments suivants :

- a) Un gérant, responsable du district.
- b) Un service de génie incluant un service mobile d'entretien.
- c) Un magasin de pièces et des ateliers de réparation.
- d) Des services administratifs.
- e) Une unité financière avec du personnel spécialisé en budget, comptes et collecte de taxes.

Les fonctions de chacune de ces unités et les qualifications de leur personnel doivent être similaires à celles des services au niveau national. Une étude détaillée de chaque district permettra de définir le nombre de divisions de chaque unité et les tâches qui leur seront assignées.

A titre d'exemple, l'atelier de réparation devra inclure 3 sections :

- Section des réparations "in situ" des grosses pièces provenant de pompes, éoliennes ou autres;
- Section des forages employant entre autres du personnel local ayant de l'expérience dans le creusage des puits;
- Section de l'entretien du matériel roulant et de communication par radio.

8. Conclusion

En conclusion, le plan directeur d'alimentation en eau en milieu rural devra éviter la tyrannie des décisions globales :

- il sera adapté aux besoins et aux moyens du pays;
- il anticipera les difficultés d'implantation;
- il permettra d'obtenir une sélection adéquate des priorités;
- il permettra de systématiser les solutions préconisées, après classement par catégorie;
- il facilitera l'adaptation par transfert de technologie appropriée de ces solutions aux conditions locales;
- il évitera le dédoublement et le gaspillage par la coordination des différents éléments du secteur rural;
- il assurera la participation des usagers et leur éducation sanitaire, éléments de garantie du succès du programme.
- il contribuera à une meilleure santé des populations dans le cadre des soins de santé primaires.

Les temps présents sont en faveur de l'amélioration de l'alimentation en eau en milieu rural. La Décennie de l'eau potable et de l'assainissement 1981-1990 en a fait un de ses objectifs principaux. Les Gouvernement marocain et les organismes internationaux comme l'OMS, l'UNICEF, le PNUD, la Banque mondiale, etc. sont prêts à consentir des investissements dans ce secteur, de même que les agences de coopération bilatérale (USAID, CIDA, Corps de la Paix, etc.). Il est urgent et primordial, pour tirer avantage de toutes ces ressources potentielles, que les pays sans plan directeur d'alimentation en eau et d'assainissement en milieu rural se mettent à la tâche, pour sauvegarder la santé de millions d'individus vivant en milieu rural et aider ainsi à combattre leur exode vers les milieux urbains.

Séminaire sur la technologie appropriée
pour l'assainissement en milieu rural

MOR/BSM 003

Rabat, 1er-5 décembre 1980

L'ALIMENTATION EN EAU POTABLE DES POPULATIONS RURALES

par
P. Carlier¹, A. El Khabote²
B. Henou¹ et M. Normand¹

¹ Ingénieur au Ministère de l'Équipement et de la Promotion nationale du Royaume du Maroc, Direction de l'Hydraulique, Division des Ressources en Eau, Conseiller scientifique et technique (coopération franco-marocaine).

² Ingénieur à la Direction de l'Hydraulique, Division des Ressources en Eau.

SOMMAIRE

	<u>Page</u>
Introduction	243
1. Les eaux superficielles	243
1.1 Les attributions du Service de l'Hydrologie	243
1.2 Caractéristiques des données hydrométéorologiques	244
1.3 Les données hydrométéorologiques disponibles	250
1.4 Conclusions	250
2. L'alimentation en eau à partir des eaux souterraines	251
3. Qualités physico-chimiques des eaux	253
3.1 Origine des analyses d'eau effectuées par la DRE	253
3.2 Nature des analyses	253
3.3 But de l'analyse chimique	254
3.4 Origine de la minéralisation de l'eau	254
3.5 Grille de classification normative des eaux à usage alimentaire	254
3.6 Objectifs de la Direction de l'Hydraulique pour le contrôle de la qualité des eaux en milieu rural	256
ANNEXE Grille de classification normative des eaux à usage alimentaire au Maroc	259

Introduction

La Direction de l'Hydraulique a pour attributions l'étude du cycle général de l'eau et de ses incidences sur la vie économique et sociale de la nation. Elle est donc appelée à établir d'une manière quantitative et qualitative l'inventaire systématique et le bilan des ressources en eau sous toutes ses formes et à définir les modalités de leur exploitation et de leur conservation. Elle est donc à ce titre directement concernée :

- par tous les problèmes d'alimentation en eau, notamment en eau potable;
- par tous les problèmes d'assainissement, par suite des risques de pollution des eaux superficielles et souterraines.

La Direction de l'Hydraulique procède à la collecte des données au moyen de réseaux nationaux d'observations des eaux superficielles et des paramètres climatologiques, d'une part, et des eaux souterraines (puits témoins), d'autre part.

Elle élabore les annuaires hydrologiques, effectue les études du régime des écoulements superficiels et souterrains et dresse le bilan des ressources en eau potentielles disponibles, mobilisables et mobilisées, aux fins de leur utilisation pour les besoins agricoles, en eau potable et en eau industrielle.

Les mesures effectuées sur les réseaux nationaux d'observations et les études des ressources en eau constituent des données de base indispensables pour tous les projets d'alimentation en eau potable et/ou d'assainissement.

Les besoins en eaux des différents utilisateurs ne cessent de croître et sont de plus en plus concurrentiels, alors que les ressources en eau sont limitées quantitativement et qualitativement, et inégalement réparties dans le temps et dans l'espace. Les sécheresses de ces dernières années ont accentué ce phénomène et mis en évidence la nécessité d'établir des plans d'aménagement des eaux à l'échelle d'un bassin versant, en vue d'assurer un équilibre optimal entre les besoins quantitatifs et qualitatifs des différents utilisateurs dans le cadre des plans de développement envisagés. Là encore, des mesures hydrométéorologiques et hydrogéologiques précises et représentatives constituent les données de base de ces plans d'aménagement des eaux. Elles permettent d'utiliser de façon plus rationnelle les ressources financières disponibles, généralement faibles dans le cas des collectivités rurales.

Le présent exposé comprendra trois parties :

- Les eaux superficielles (M. Normand et A. El Khabote)
- Les eaux souterraines (P. Carlier)
- Les qualités physico-chimiques des eaux (B. Henou)

1. Les eaux superficielles

1.1 Les attributions du Service de l'Hydrologie

Le Service de l'Hydrologie gère un réseau de mesure comprenant :

- 226 stations hydrométriques essentiellement implantées sur les grands oueds. On constate, en effet, qu'une seule station contrôle un bassin versant inférieur à 50 km², et que six sources seulement sont équipées, toutes dans le Moyen Atlas;

- 74 stations climatologiques complètes;
- 65 pluviographes et 220 pluviomètres.

Le Service de l'Hydrologie procède en outre à des mesures périodiques de débit sur quelques centaines de points implantés dans le cadre de divers projets d'aménagement sur des oueds, des sources, des canaux, des seguias, etc. Quatre remarques s'imposent en ce qui concerne ces mesures :

- fiabilité médiocre;
- faible représentativité de ces mesures ponctuelles à l'échelle du jour, du mois, etc.
- depuis 1978, pour des mesures d'austérité budgétaire, le nombre des points de mesure et des tournées de jaugeage a été considérablement réduit;
- ces points de mesure sont très inégalement répartis dans l'espace.

Exemples : Dans le bassin de la Moulouya (53 700 km²), une seule source est jaugée périodiquement; dans le bassin versant de l'oued Behr en amont du barrage d'El Kansera (4546 km²), il n'y a aucun point de mesure.

Le Service de l'Hydrologie élabore les annuaires hydrologiques et effectue des études sur le régime hydrologique des oueds et sources.

1.2 Caractéristiques des données hydrométéorologiques

1.2.1 Variabilité dans le temps

Les débits des oueds et sources subissent des variations plus ou moins importantes à l'échelle journalière, saisonnière et interannuelle, consécutives essentiellement aux variations de la pluviométrie et plus ou moins différées et amorties par les réservoirs aquifères dans le cas des sources. Le Maroc subit des climats arides, semi-arides ou désertiques, caractérisés justement par leur extrême irrégularité à l'échelle saisonnière et interannuelle.

Exemple de variabilité du régime pluviométrique

Pour le poste pluviométrique d'Azrou dans le Moyen Atlas, la pluviométrie annuelle sur 55 ans a varié entre 428 mm en 1944-45 et 1414 mm en 1962-63 autour d'une valeur moyenne de 856 mm (voir Fig. 1 à la page suivante).

Exemple de variabilité saisonnière des débits d'une source

Les débits d'Aïn Timédrine ont varié pour le cycle hydrologique 1978-79 entre 335 l/s en décembre 1978 et 2676 l/s en avril 1979, avec un module annuel de 1159 l/s. Pour le cycle hydrologique 1979-80, les débits ont varié entre 382 l/s en septembre 1979 et 1955 l/s en mai 1980, avec un module de 1192 l/s (Fig. 2).

Exemple de variabilité interannuelle des débits de sources

Les modules annuels d'Aïn Timédrine mesurés sur 27 ans ont varié entre 688 l/s en 1966-67 et 2540 l/s en 1962-63, autour d'une valeur moyenne de 1450 l/s (Fig. 3 et 4).

Les débits instantanés des Aïoun Hijja varient entre quelques litres par seconde (2 l/s en mai 1950) et 880 l/s (en juin 1936).

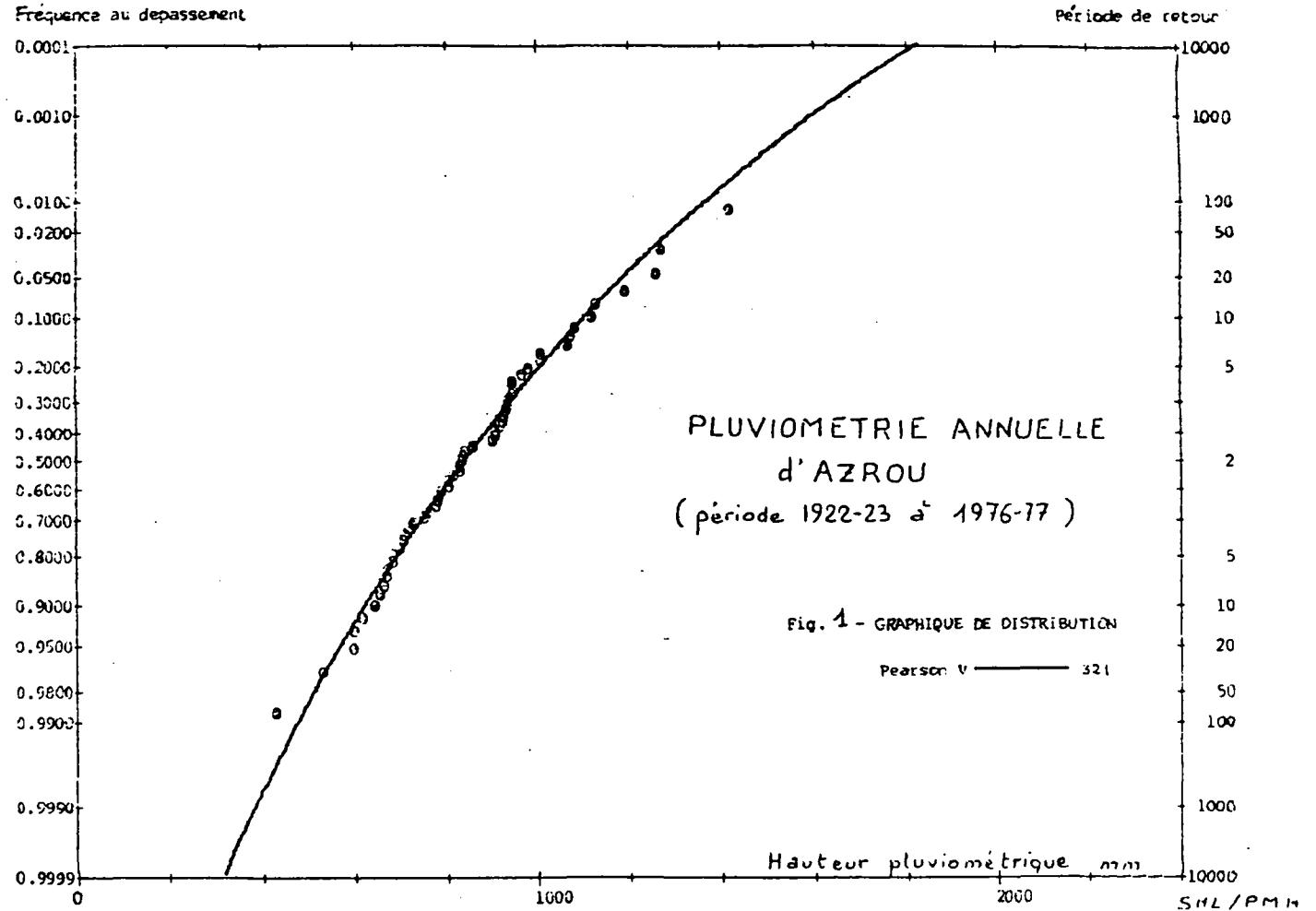
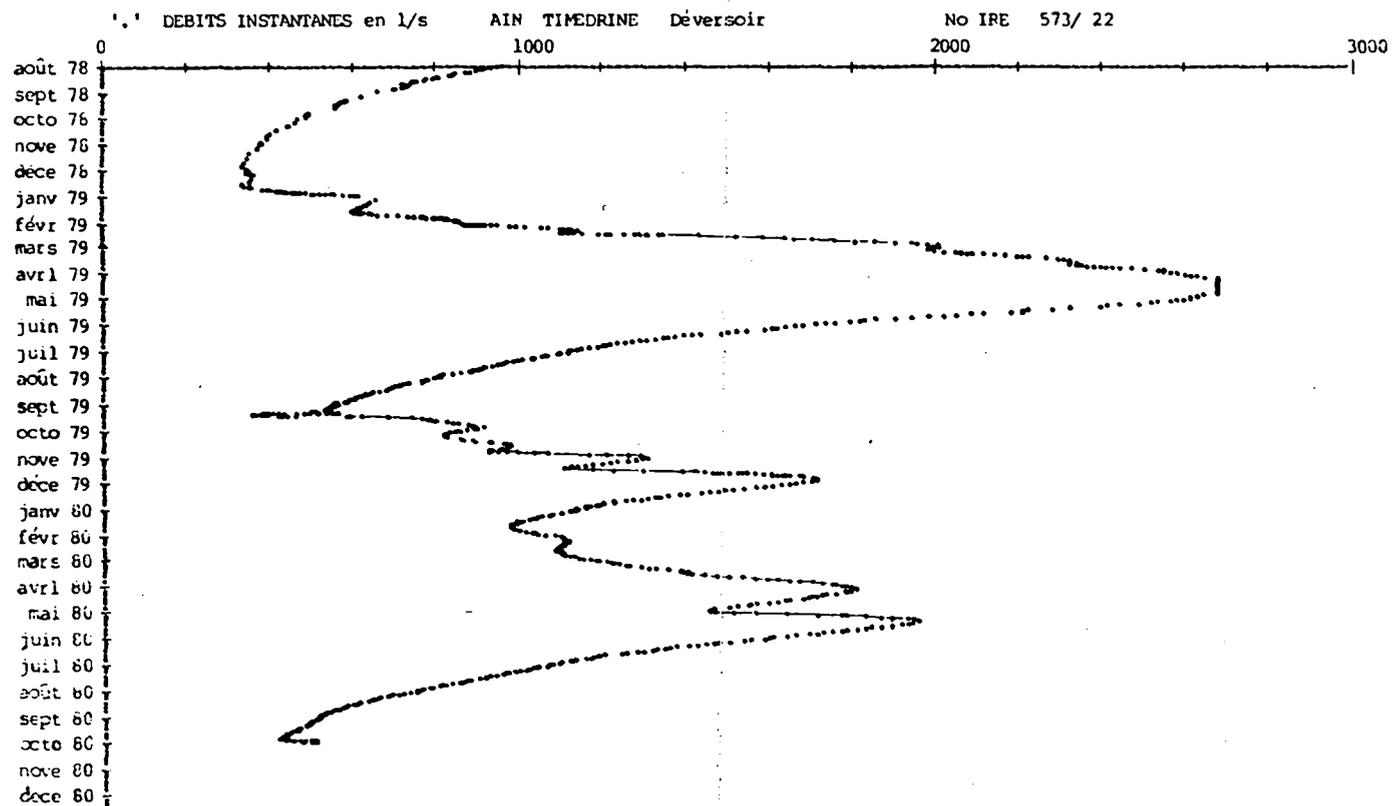


Fig.2 GRAPHIQUE Y = F (temps)

291180 SHL/PMH



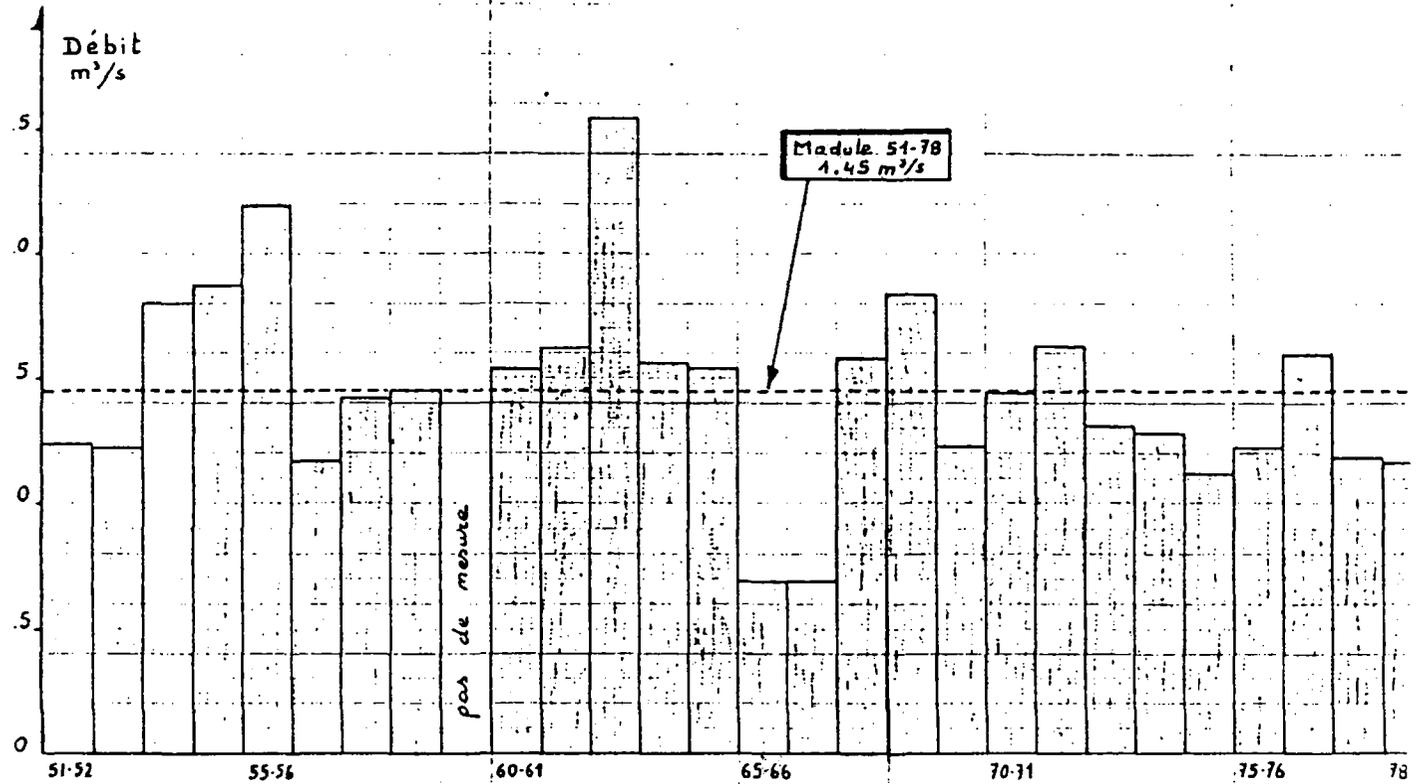


Fig.3 - Evolution des modules annuels d'Ain Timedrine (période 1951-52 à 1978-79)

1/1/80

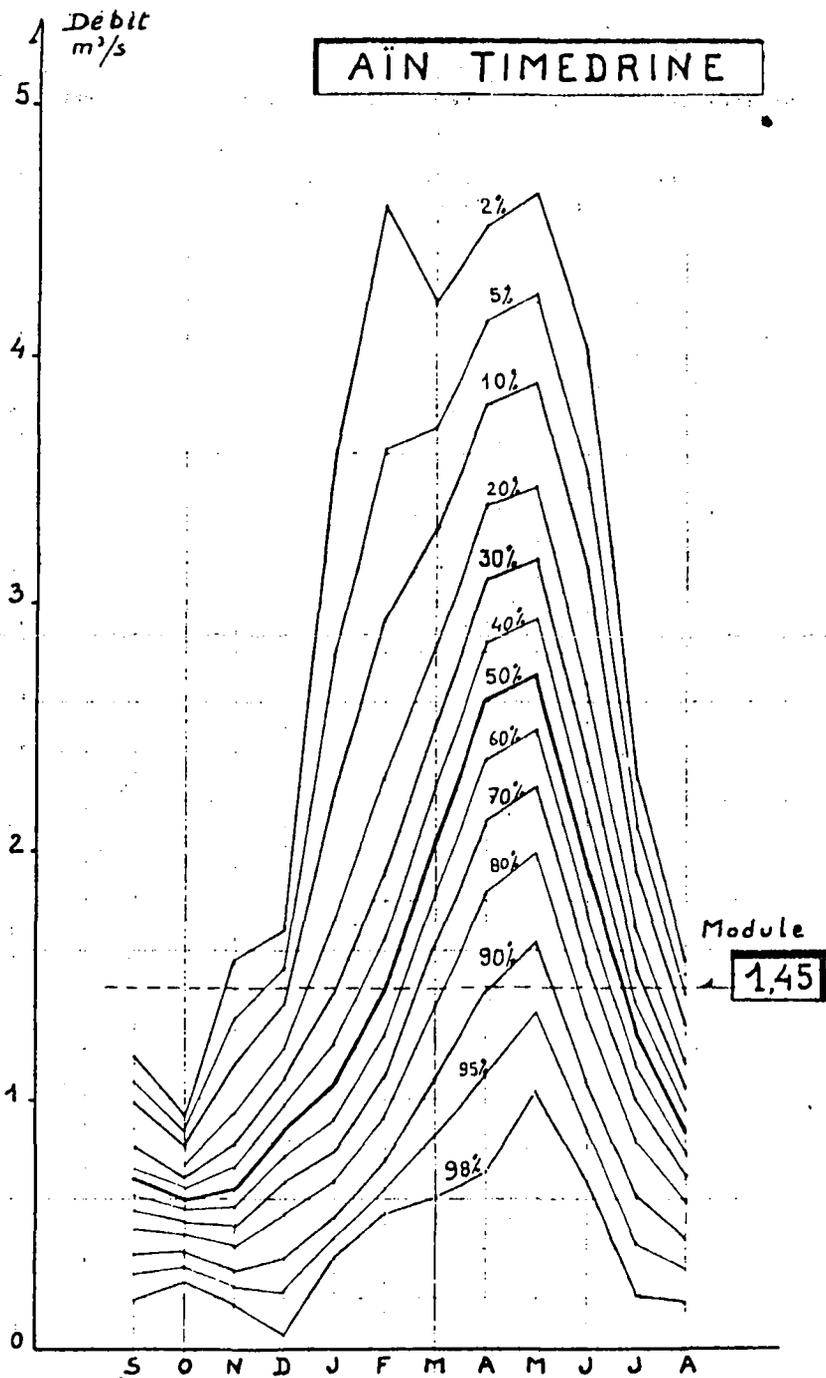


Fig. 4

Les débits instantanés d'Aïn Aguemguem varient entre quelques dizaines de l/s (29 l/s en 1950, 0 l/s à l'étiage en 1967) et plus de 7 m³/s (février 1979), alors que le module interannuel sur 17 ans est de l'ordre de 1233 l/s.

Cette caractéristique est indispensable pour pouvoir :

- dimensionner les ouvrages de captage;
- définir un risque de défaillance pour l'alimentation en eau potable lors d'années sèches;
- planifier la satisfaction des besoins en eau potable
- évaluer la gamme de dilution possible d'effluents pollués dans un oued.

1.2.2 Variabilité dans l'espace

Tout le monde connaît la variabilité des conditions climatiques dans l'espace. Il en est de même pour les données hydrologiques (oueds) et hydrogéologiques (sources) qui présentent des régimes de débit souvent très hétérogènes dans l'espace.

Exemple : Dans la plaine du Saïs, deux sources distantes de moins de 50 m ont une variabilité mensuelle de débit de 7% et 39%, respectivement.

Cette caractéristique permet de comprendre les difficultés que l'on rencontre pour extrapoler les résultats des mesures sur une source ou un oued à un point d'eau voisin du même type.

1.2.3 Nature des débits mesurés

Au Maroc, les débits mesurés sur la plupart des stations sont des débits influencés par des prélèvements effectués soit pour l'irrigation soit pour satisfaire d'autres besoins. Ces prélèvements ne cessent de croître et ils sont très difficiles à évaluer. Cette baisse du débit des oueds, notamment en étiage, entraînera une baisse de la dilution des effluents pollués rejetés dans ces oueds et par conséquent impliquera la nécessité de traitements de plus en plus efficaces des effluents.

Ces caractéristiques impliquent que le Service de l'Hydrologie doit disposer :

- d'un réseau de points de mesure suffisamment dense pour permettre la connaissance directe ou indirecte, par diverses méthodes, du régime de n'importe quel oued ou source avec une précision satisfaisante;
- de relevés réguliers et fiables portant sur la plus longue période possible (plusieurs dizaines d'années) pour que ceux-ci soient représentatifs du régime interannuel de ces points d'eau. C'est là un point très important que négligent de nombreux projeteurs. Si l'on ne connaît rien du régime d'un point d'eau, il faudra procéder auprès des populations locales à une enquête permettant de fixer des ordres de grandeur, mais il faudra attendre d'avoir effectué des mesures sur quelques années pour préciser les estimations avancées. Il y aura donc des délais incompressibles pour recueillir les données de base. Il importe donc que les points de mesure soient disposés de façon telle qu'ils permettent de répondre aux problèmes d'assainissement actuels et prévisionnels (AEP).

1.3 Les données hydrométéorologiques disponibles

1.3.1 Les données d'archives

La Direction de l'Hydraulique dispose de nombreuses données d'archives relatives à des mesures de débits sur des oueds ou des sources. Ces mesures restent en général à rassembler, à contrôler et à mettre en forme, et leur manque de fiabilité et de représentativité rend souvent ces mesures difficilement exploitables.

Il faut noter, d'une part, que d'autres organismes détiennent également des archives relatives à des débits de sources (ONE, Régies de Distribution d'Eau, etc.) et que, d'autre part, de nombreuses données d'archives ont disparu lors des changements successifs qui ont abouti à la création de la Division des Ressources en Eau.

1.3.2 Les annuaires et études hydrologiques

Le Service de l'Hydrologie publie les annuaires hydrologiques. Le dernier annuaire publié relatif à la période 1973-74 et 1974-75 concerne 98 stations. L'annuaire des années plus récentes est en cours d'élaboration.

De nombreuses études hydrologiques, soit sous forme de monographies, soit sous forme de synthèses, ont été élaborées dans le cadre de divers projets d'aménagement. Toutes les données de base sont à la disposition des utilisateurs.

1.3.3 Mesures effectuées par d'autres organismes

On rappellera que le Service de la Météorologie nationale gère un réseau de 30 stations climatologiques synoptiques.

L'ONEP et les Régies de Distribution d'Eau procèdent dans certains cas à des mesures périodiques de débit des sources captées.

De même, certaines sources sont captées par l'ONE pour produire de l'énergie hydro-électrique (ex.: Ras el Ma de Taza).

Il y aurait lieu d'inciter les divers utilisateurs de sources à contrôler régulièrement le débit total de la source et le débit prélevé à la prise, et à prévoir dans les captages à venir des dispositifs simples et accessibles de mesure de débits.

Il serait souhaitable que toutes les mesures relatives aux débits des sources captées recueillies par divers organismes, y compris naturellement les données d'archives, soient communiquées au Service de l'Hydrologie, chargé de centraliser toutes ces informations.

1.4 Conclusions

Il paraît indispensable que la Direction de l'Hydraulique puisse centraliser toutes les informations hydrologiques et les mette sous une forme accessible et directement utilisable par les projeteurs.

L'élaboration des projets d'assainissement actuels et prévisionnels et, a fortiori, l'élaboration d'un plan d'aménagement des eaux nécessitent :

- une très bonne connaissance de la situation actuelle, qui ne peut s'acquérir que sur le terrain (nécessité de missions de terrain);

- des données fiables et représentatives dans le temps (nécessité de longues séries) et dans l'espace (nécessité de disposer d'un réseau suffisamment dense et représentatif).

Si l'on veut pouvoir répondre, dans les années à venir, aux problèmes d'AEP, pour l'assainissement individuel et en milieu rural, il conviendra que la Direction de l'Hydraulique procède à une extension rationnelle de son réseau de mesures pour contrôler des oueds drainant de petits bassins versants et des sources caractéristiques. Le choix d'implantation de ces nouvelles stations ou points de mesures périodiques devra être conditionné, d'une part, par les demandes actuelles et prévisionnelles des projeteurs et, d'autre part, par des considérations de représentativité hydrologique et hydrogéologique. Il y aurait lieu de faire un effort particulier en ce qui concerne les sources, qui représentent de loin la principale ressource en eau potable du milieu rural.

Il sera impératif de prévoir, parallèlement aux crédits d'équipement, des crédits de fonctionnement suffisants pour permettre d'assurer la bonne gestion de ce réseau hydrométéorologique : véhicules de terrain et leur entretien, carburant et lubrifiant, et frais de déplacement des agents affectés notamment aux tournées de jaugeage.

De même, il est impératif de prévoir les techniciens et ingénieurs indispensables pour mettre en place, contrôler, gérer et exploiter les mesures hydroclimatologiques.

2. L'alimentation en eau à partir des eaux souterraines

Par rapport aux prises d'eau superficielle, le captage des eaux souterraines présente un certain nombre d'avantages :

- grandes étendues, facilitant leur captage près des lieux d'utilisation, ce qui permet la satisfaction de demandes dispersées; toutefois, il peut y avoir absence de nappes (ou nappes très faibles) dans certaines régions (le Rif, par exemple);
- moindre dépendance des eaux souterraines aux aléas climatiques; grâce aux réserves des aquifères, les risques de défaillance sont faibles;
- qualité supérieure à celle des eaux de surface sur le plan sanitaire; elles nécessitent peu ou pas de traitement pour la production d'eau potable (sauf le cas particulier de minéralisation excessive);
- faible occupation au sol des équipements de captage;
- faible coût en énergie;
- investissements mieux adaptés aux installations individuelles et aux petites collectivités.

La mobilisation des eaux souterraines nécessite un long travail de recherche : étude géologique régionale; étude géophysique; reconnaissance par forages pour définir les caractéristiques hydrogéologiques de l'aquifère et les conditions de son exploitation.

Les sources présentent un cas particulier, du fait de leur exploitation généralement ancienne et de leur grande variabilité de débit. Une amélioration des conditions de captage est souvent possible.

Une méthodologie pour la recherche d'eau en milieu déshérité a été appliquée au Maroc depuis 1974. La méthode de prospection adoptée est fondée sur l'utilisation systématique de deux techniques habituellement peu employées en hydrogéologie :

- la photo-interprétation pour la recherche des fractures et des zones d'altération des roches;
- la foration à l'air au marteau "fond de trou" et/ou la foration mixte air et boue, méthode rapide, économique et apportant de nombreux renseignements sur les terrains traversés, les venues d'eau et la qualité chimique de l'eau;

De 1974 jusqu'en 1980, environ 2000 sondages de reconnaissance, représentant 80 000 mètres linéaires de forage, ont été réalisés dans les différentes régions du Maroc. Sur ces sondages, 80% ont rencontré un aquifère, 20% ont été négatifs (soit secs ou arrêtés pour cause d'ennuis techniques), et 65% ont rencontré de l'eau de bonne qualité chimique (utilisable sans traitement coûteux). Le prix de revient de ces travaux de reconnaissance est d'environ 300 DH par mètre linéaire, ce qui représente de 1/4 à 1/6 du coût de foration par les autres techniques.

A la suite de ces sondages, 500 puits et 50 forages d'exploitation ont été exécutés. On creuse des puits lorsque la nappe est à une profondeur inférieure à 60 mètres, et des forages au-delà de cette profondeur. L'expérience a montré que dans les régions rurales, les puits sont préférables aux forages qui ne peuvent être exploités que par des moyens mécaniques (pompes, éoliennes, etc.).

Une amélioration importante de l'alimentation en eau potable des régions à faible densité de population peut être obtenue à peu de frais à partir des ressources contenues dans les fissures et les altérations de roches considérées jusqu'à ces derniers temps comme stériles.

Cette méthode de prospection suppose des modalités précises d'exécution des diverses étapes, adaptées, bien sûr, à chaque cas particulier.

a) Enquête

- dépouillement des archives sur la région;
- interprétation des photos aériennes en recherchant la fracturation;
- visite sur le terrain de tous les douars avec recensement des points d'eau publics et particuliers et enquête auprès des habitants pour connaître leurs besoins : le point de vue des utilisateurs est important, afin d'éviter de réaliser des ouvrages inadaptés à la demande locale.

b) Amélioration des points d'eau existants

- approfondissement de puits;
- construction de puits cimentés près des puits anciens en mauvais état;
- amélioration du captage des sources.

c) Exécution des sondages de reconnaissance

- les sondages sont implantés à proximité des douars dépourvus de points d'eau; la localisation de l'emplacement à forer doit être aussi précise que possible, les lignes de fracturation représentant sur le terrain des surfaces de quelques mètres carrés seulement;

- chaque sondage fait l'objet d'une coupe géologique, d'une mesure de la minéralisation (au moyen d'un conductivimètre ou d'un résistivimètre) et de tests de débit.

d) Réalisation des ouvrages d'exploitation

A la fin de la campagne de reconnaissance par sondages, un programme d'exécution de puits classés par ordre d'urgence est établi. La Direction de l'Hydraulique contrôle les travaux de foration et les essais de pompage permettant de définir le débit d'exploitation de l'ouvrage. La maintenance des puits ou forages est sous la responsabilité des collectivités locales et/ou d'organismes spécialisés (ONEP, Ministère de l'Agriculture, Ministère de l'Intérieur).

3. Qualités physico-chimiques des eaux

3.1 Origine des analyses d'eau effectuées par la DRE

La Direction des Ressources en Eau effectue ou fait effectuer par des services tiers des analyses chimiques d'eau. Il s'agit soit d'analyses ponctuelles, lors d'inventaires de points d'eau, de forages d'eau ou de mise en fonction d'un puits, soit d'analyses de routine pour contrôler l'évolution chimique des eaux des nappes souterraines des grands périmètres agricoles ou pour connaître l'évolution géochimique des cours d'eau superficiels.

La DRE a inventorié environ 70 000 points d'eau, dont près des 3/4 sont utilisés pour l'alimentation des communes rurales. La majorité de ces points d'eau ont été analysés au moins une fois. Actuellement, 100 000 analyses chimiques sont archivées au Service central, leur intégration sur fichier informatique étant en cours de réalisation. Il existe des programmes de traitement automatique permettant de contrôler la qualité de l'analyse (les analyses chimiques ont été effectuées à différentes époques, par différents laboratoires et en utilisant des techniques différentes). D'autres programmes déterminent automatiquement la qualité des eaux suivant les différents types d'utilisation (potabilité, aptitude à l'irrigation).

3.2 Nature des analyses

Réglementairement, la détermination de la qualité d'une eau à usage alimentaire nécessite une série d'analyses :

- analyse bactériologique
- analyse virologique
- analyse biologique
- analyse radiologique
- analyse physico-chimique (substances chimiques toxiques - pesticides - autres substances pouvant affecter la santé - substances et caractéristiques affectant l'acceptabilité de l'eau - analyse chimique générale.

A la DRE, les paramètres analysés sont ceux de l'analyse chimique générale :

- température de l'eau, pH, conductivité à 25°C
- le résidu sec à 105°C et les ions, K⁺, Na⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Cl⁻, NO₃⁻, HCO₃⁻, CO₃⁻⁻, SO₄⁻⁻.

Les analyses sont effectuées soit dans les laboratoires de la Direction de l'Hydraulique à Oujda et Beni-Mellal, soit dans les laboratoires des Offices régionaux de Mise en Valeur agricole du Ministère de l'Agriculture.

3.3 But de l'analyse chimique

3.3.1 Potabilité et aptitude de l'eau à l'irrigation

Le but de l'analyse chimique d'une eau est d'obtenir une première approche globale sur la potabilité d'une eau, potabilité liée aux caractéristiques de l'aquifère et de son environnement. Ces éléments resteront dans l'eau après un traitement de décontamination bactérien.

Les paramètres analysés et le plus généralement utilisés pour la détermination de la potabilité d'une eau sont la minéralisation totale, la dureté et les nitrates.

Les paramètres utilisés pour déterminer l'aptitude de l'eau à l'irrigation sont le sodium, le calcium, le magnésium et la conductivité.

3.3.2 Connaissance hydrogéologique de l'aquifère

La chimie de l'eau renseignera sur la nature de l'aquifère et les conditions de gisement de cette eau, de son évolution et de ses relations avec l'environnement géographique, géologique et climatique.

3.4 Origine de la minéralisation de l'eau

L'eau de pluie, contenant quelques mg/l de résidu sec, va se minéraliser surtout dans ses premiers contacts avec le sol. Elle se minéralisera ensuite suivant différents facteurs :

- facteurs naturels :

- . climatiques (aridité du climat - pluviométrie)
- . hydrologiques (coefficient de ruissellement, évapotranspiration)
- . géographiques (endoréisme - invasion marine)
- . géologiques (nature lithologique des terrains traversés)

- facteurs humains :

- . irrigation (remontée de la nappe - mauvais drainage)
- . surexploitation et contamination par une autre nappe de qualité médiocre ou par la mer
- . exhaure des mines (salines)
- . agriculture : engrais (nitrates).

3.5 Grille de classification normative des eaux à usage alimentaire

Cette grille de classification sert de support à une cartographie de la qualité des eaux à usage alimentaire au Maroc. Cette carte au 1/1 000 000 est en cours d'élaboration.

L'orientation choisie est une représentation d'informations directement utilisables par des services ou organismes chargés de l'approvisionnement en eau plutôt que des données de base sur les caractéristiques chimiques et physiques de l'eau qui nécessitent une interprétation pour être converties en termes d'une "offre de qualité".

Cette orientation nouvelle a conduit à une carte normative de qualité des eaux par opposition aux cartes "hydrochimiques" réalisées antérieurement. Elle implique le choix préalable des types d'utilisation d'eau dont les exigences en matière de qualité serviront de référence pour la classification des qualités que la cartographie prendra pour base.

L'orientation prioritaire a été donnée à la qualité des eaux pour l'alimentation humaine, en se référant donc essentiellement aux normes de potabilité physico-chimiques.

Dans la classification de la qualité des eaux d'adductions collectives, il a été envisagé de fournir des indications sur les implications sur la qualité des conditions de transport et de stockage de l'eau.

Il est par ailleurs bien précisé que la classification choisie ne se borne pas à confronter les propriétés naturelles des eaux aux normes de potabilité, en répartissant les eaux en deux classes, dans le cas le plus simple, ni à qualifier les eaux selon une échelle de valeur plus ou moins subjective (qualité excellente, bonne, médiocre, etc.), mais qu'elle a été basée sur des critères objectifs en fonction des réactions physiologiques et de l'importance des traitements correctifs à opérer selon les cas pour amener l'eau naturelle au niveau de qualité jugé acceptable pour la distribution d'eau potable.

Ainsi conçue, la carte en cours d'établissement aura pour but principal de sensibiliser et d'informer tous les responsables de l'approvisionnement en eau potable des populations. Elle constituera surtout une aide à l'orientation vers des solutions et des décisions d'engagement d'études, plus qu'à des décisions directes de réalisation d'équipements.

Accessoirement, la carte permettra de faire ressortir les lacunes éventuelles des connaissances concernant certaines régions et facilitera ainsi l'établissement de programmes d'investigation ultérieurs.

Classification (voir la grille en annexe)

a) Classes de qualité

Elles sont au nombre de six, numérotées de 0 à 5. Ces classes sont en relation directe avec la minéralisation totale.

b) Principes de classification

Pour chaque paramètre, on attribuera une classe de qualité. La classe de qualité finale de l'eau sera la classe la plus défavorable des différentes classes attribuées à chaque paramètre.

- Classe 0 : c'est la classe délimitant la limite inférieure. Il s'agit d'eau trop faiblement minéralisée. Cette classe ne sera pas représentée au Maroc, du moins pas à une échelle aussi petite que celle choisie. Un traitement correctif de l'eau est nécessaire pour les eaux d'adduction collective : les valeurs de dureté inférieures à 10° français entraîneront une corrosion certaine des adductions. Les eaux de faible minéralisation peuvent être à l'origine de maladies cardio-vasculaires. Une eau chimiquement pure n'est pas potable - d'où la nécessité d'une limite inférieure.

- Classe 1 : dans cette classe on trouvera toutes les valeurs, à l'exception de niveaux de minéralisation et de dureté inférieurs aux normes définies au Maroc. Une eau qui se situera dans cette classe ne subira aucun traitement correctif en ce qui concerne les éléments physico-chimiques considérés.

La classe 1 sera le but à atteindre dans les régions subhumides à humides.

- Classe 2 : même remarque que pour la classe 1. La classe 2 sera considérée comme acceptable dans les zones semi-arides à arides. En effet, les eaux relativement chargées en sels présentent moins d'inconvénients pour l'alimentation humaine dans certaines régions arides que dans les régions humides. Pendant la saison sèche, la perte en sels minéraux par la transpiration peut être élevée et l'absorption d'eau chargée en sels contribue à combler un déficit possible de l'organisme.
- Classe 3 : C'est la limite des normes de potabilité des eaux préconisées au Maroc. En l'absence de traitement, il ne peut y avoir, au-delà de cette classe, d'adduction d'eau collective sans autorisation préalable. Pour les eaux appartenant à cette classe, un traitement est recommandé.

Il existe au Maroc plusieurs réseaux d'adduction collective qui distribuent une eau de cette classe sans traitement pour les éléments considérés.

- Classe 4 : au-delà de 5 g/l, les eaux des adductions collectives doivent être nécessairement traitées. Au-delà de 100° F, la dureté pose de réels problèmes de traitement correctif.

Pour les valeurs de NO₃ supérieures à 100 mg/l, une dénitrification est nécessaire. A ces teneurs, ce paramètre peut avoir des effets nocifs (cancérogènes). A ce taux de minéralisation, l'apport d'eau doit être associé à un régime alimentaire désodé très stricte. L'eau est assimilable par l'organisme sans gros problème physiologique. L'absorption de cette eau doit rester exceptionnelle, si elle n'est pas traitée.

- Classe 5 : c'est la limite des eaux réellement non potables sans traitement. Une déminéralisation est obligatoire, quel que soit le type d'alimentation considéré. Les valeurs des différents paramètres de cette classe sont toxiques pour l'homme.

3.6 Objectifs de la Direction de l'Hydraulique pour le contrôle de la qualité des eaux en milieu rural

3.6.1 Mise en place de laboratoires d'analyses dans les arrondissement de l'Hydraulique

a) Laboratoires actuels

Seuls 2 arrondissements sur 20 sont pourvus d'un laboratoire. De plus, le personnel n'a pas une formation théorique suffisante pour garantir la qualité des analyses.

b) Programme de mise en place de laboratoires

Un programme de mise en place de laboratoires d'analyses chimiques et bactériologiques dans les arrondissements se fera progressivement avec le recrutement prochain d'ingénieurs du génie sanitaire chargés d'instituer une politique régionale de contrôle de qualité dans les arrondissement de l'Hydraulique.

3.6.2 Réseau de contrôle de la qualité des eaux

a) Optimisation du réseau de contrôle de la qualité des eaux souterraines

Le but est d'obtenir le maximum de renseignements avec le minimum de mesures et de frais, ce qui n'est pas le cas actuellement. Les contrôles se font sur le même réseau que les relevés piézométriques; or, les prélèvements devraient plutôt avoir lieu aux stations de pompage pour une bonne représentativité de l'eau.

Un programme de mesure systématique des nitrates dans les grands périmètres agricoles sera mis en place. Une augmentation sensible des teneurs a été constatée ces dernières années (1976). Vingt-trois centrents urbains sont alimentés par des eaux ayant des teneurs supérieures ou égales à 44 mg/l, dont 4 avec des teneurs supérieures ou égales à 100 mg/l.

b) Optimisation du réseau de contrôle de la qualité des eaux superficielles

- Détermination de la vocation des cours d'eau et des sources.

Bien que la Commission nationale de Développement régional du 3 février 1972 ait refusé d'aborder le problème, ce classement est indispensable pour une politique programmée des ressources en eau. Le refus était motivé par le caractère aléatoire d'une classification des eaux au Maroc, l'affectation des eaux n'étant jamais définitive, comme en témoignent certains barrages dont la vocation a changé depuis leur mise en eau.

- Réseau de contrôle

Réseau actuel : il n'y a pas actuellement un réseau efficace de contrôle de qualité des eaux, bien que les analyses des eaux superficielles représentent le 1/3 des analyses effectuées, soit 1500 environ.

Amélioration du réseau : il faudra adapter les mesures aux objectifs de qualité nécessaire à la vocation du cours d'eau.

Sur toutes les stations principales de jaugeage, un programme de mesures systématiques de paramètres indicateurs de pollution (DBO₅ - pH - T° - conductivité et turbidité) sera mis en place .

GRILLE DE CLASSIFICATION NORMATIVE DES EAUX A USAGE ALIMENTAIRE AU MAROC

A BUT CARTOGRAPHIQUE

Classe de qualité	concentration totale mg/l	Dureté °F	Cl ⁻ mg/l	SO ₄ ⁻⁻ mg/l	Mg ⁺⁺ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	Fe ⁺⁺ + Mn ⁺⁺ mg/l	Mn ⁺⁺ mg/l	F ⁻ mg/l	Pb mg/l	Sc mg/l	As mg/l	Cu ²⁺⁺ mg/l	Zn ²⁺ mg/l
0	0 à 100	0 à 10	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant
1	100 à 500	10 à 30	0 à 200	0 à 200	0 à 100	0 à 44	0 à 0,3	0 à 0,05	0 à 1,0	0 à 0,1	0 à 0,05	0 à 0,05	0 à 1,0	0 à 5,0
2	500 à 2000	30 à 50	200 à 500	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant
3	2000 à 5000	50 à 100	500 à 3000	200 à 3000	100 à 400	44 à 100	0,3 à 1,0	0,05 à 0,5	1,0 à 1,7	néant	néant	néant	néant	néant
4	5000 à 8000	100 à 400	néant	néant	néant	sup. à 100	1 à 1,5	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant
5	supérieure à 8000	sup. à 400	sup. à 3000	sup. à 3000	sup. à 400	néant	sup. à 1,5	sup. à 0,5	sup. à 1,7	sup. à 0,1	sup. à 0,05	sup. à 0,05	sup. à 1,0	sup. à 5,0

Annexe

Séminaire sur la technologie appropriée
pour l'assainissement en milieu rural

MOR/BSM 003

Rabat, 1er-5 décembre 1980

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS
DU SEMINAIRE

Dans le cadre de la Décennie internationale de l'eau potable et de l'assainissement, les participants au Séminaire sur la technologie appropriée pour l'assainissement en milieu rural organisé à Rabat, du 1er au 5 décembre 1980, par le Ministère de la Santé publique et l'Ecole Mohammadia d'Ingénieurs avec la collaboration de l'Organisation mondiale de la Santé, tenant compte :

- de la situation précaire du milieu rural dans les domaines de l'hygiène du milieu, de l'alimentation en eau potable et de l'assainissement;
- du fait que les techniques et les pratiques en usage en matière d'hygiène du milieu sont parfois mal adaptées aux différentes conditions socio-économiques, géographiques et sanitaires;
- de la multiplicité des intervenants dans le secteur;
- du fait que la majorité de la population marocaine vit en milieu rural, avec une tendance à l'exode vers les zones urbaines;
- du fait que les nappes aquifères, les eaux souterraines et les eaux de surface sont les ressources principales de l'alimentation en eau des populations;
- des objectifs fixés par la Décennie internationale de l'eau potable et de l'assainissement;
- du fait que la formation et l'information, ainsi que la recherche, constituent des facteurs primordiaux dans ce domaine,

RECOMMANDENT

- l'élaboration d'un plan directeur national dans les secteurs de l'eau potable et de l'assainissement des zones rurales, élément essentiel pour le développement intégré du milieu rural et en particulier pour la promotion de la santé;
- la participation du comité d'action national à la coordination effective entre les différents intervenants nationaux et internationaux dans le secteur;
- l'utilisation de technologies appropriées qui engloberaient tous les procédés techniques adaptés aux particularités nationales dans les contextes sociologiques, géographiques et climatiques, en faisant appel aux techniques, à la main-d'oeuvre et aux matériaux locaux, sans pour autant négliger les problèmes de gestion, d'entretien et d'opération, le tout étant ajusté aux possibilités économiques et financières des populations du milieu rural;
- l'implantation immédiate d'une zone pilote où seront expérimentés les procédés techniques, les facteurs de gestion, d'inventaire, de revalorisation, de normalisation des critères d'application, de localisation des ressources en eau avec leur classification, d'entretien et d'opération, qui seront élargis et adaptés à l'échelle locale et nationale;

- le renforcement des programmes d'éducation sanitaire et de participation des usagers dans les différents stades de l'implantation des projets;
- l'extension du Centre de Génie sanitaire, Section Génie de l'Environnement, de l'Ecole Mohammadia d'Ingénieurs, en centre de référence interrégional pour le développement de la recherche, entre autres dans le domaine de la technologie appropriée, et pour la promotion de la formation à différents niveaux de cadres de génie sanitaire.