

341.1 92SE

SEMINAIRE

# ASSAINISSEMENT

**RABAT**  
16, 17 et 18 Juin 1992

nn 10346

LIBRARY, INTERNATIONAL REFERENCE  
CENTRE FOR COMMUNITY WATER SUPPLY  
AND SANITATION (IIRC)  
P.O. Box 971200, 2009 AD The Hague  
Tel. (070) 314911 ext. 141/142  
RN: nn 10346  
LO: 341.1 925E

## SOMMAIRE

	Page
<b>I) LES POLLUANTS</b>	
- l'impact sur l'environnement et la réglementation	1 à 16
- la pollution des eaux	17 à 27
<b>II) LES TRAITEMENTS DES EAUX USEES</b>	
- prétraitement	28 à 29
- traitement primaire	30 à 30
- épuration de l'effluent liquide après décantation	31 à 40
- traitement des boues	41 à 47
- traitement tertiaire	47 à 62
<b>III) COLLECTE DES EAUX USEES</b>	
- origine des eaux usées	63 à 65
- quantité d'eau à transiter	66 à 72
- détermination des débits de pointe	73 à 76
- réseaux d'assainissement	77 à 83
<b>IV) TECHNOLOGIE DES RESEAUX</b>	
- ouvrages de transport des eaux	84 à 88
- ouvrages annexes	88 à 90
- technologie de construction	91 à 97
<b>V) MISE EN PLACE DE LA FONCTION ASSAINISSEMENT</b>	98 à 104
<b>VI) EXPLOITATION</b>	105 à 109
<b>VII) ASSAINISSEMENT INDIVIDUEL</b>	110 à 121
<b>VIII) ASPECTS FINANCIERS</b>	122 à 136
<b>IX) REUTILISATION DES EAUX USEES</b>	137 à 148

# SEMINAIRE "ASSAINISSEMENT"

RABAT LES 16, 17 ET 18 (matin) JUIN 1992

---

## Programme

### Mardi 16 juin 1992

- 9 h 00 - 11 h 00 : Les polluants  
- impact sur l'environnement  
- réglementation M. ROBAINE
- 11 h 00 - 11 h 15 : Pause
- 11 h 15 - 12 h 30 : Traitements des eaux usées M. ROBAINE
- 12 h 30 - 14 h 30 : Déjeuner
- 14 h 30 - 16 h 30 : Collecte des eaux usées M. DE BELLY
- 16 h 30 - 17 h 45 : Technologie des réseaux  
d'assainissement M. DE BELLY

### Mercredi 17 juin 1992

- 9 h 00 - 10 h 15 : Mise en place de la fonction  
assainissement M. DE BELLY
- 10 h 15 - 10 h 30 : Pause
- 10 h 30 - 12 h 30 : Exploitation M. DE BELLY
- 12 h 30 - 14 h 30 : Déjeuner
- 14 h 30 - 17 h 45 : Traitement des eaux usées M. ROBAINE

### Judi 18 juin (matin 1992)

- 9 h 00 - 10 h 15 : Assainissement individuel M. DE BELLY
- 10 h 15 - 10 h 30 : Pause
- 10 h 30 - 11 h 30 : Les aspects financiers M. DE BELLY
- 11 h 30 - 12 h 30 : Réutilisation des eaux usées M. ROBAINE

## **I) LES POLLUANTS**

- **L'impact sur l'environnement et la réglementation**
- **La pollution des eaux**

**par Monsieur ROBAINÉ**

# L'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT ET REGLEMENTATION

## L'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

### L'EVOLUTION DE L'ASSAINISSEMENT.

A l'origine l'assainissement consistait par un ensemble de techniques et moyens à évacuer par voie hydraulique, sans nuisance, les déchets provenant des habitations et des activités humaines pour des raisons d'hygiène et de santé.

Mais ce n'était en fait, qu'un transfert du problème car le milieu récepteur vu l'augmentation des quantités de déchets ne pouvait plus jouer à lui seul son rôle épurateur. Il a donc été nécessaire de reproduire dans des installations l'épuration des effluents dans le double but

- de protéger le milieu naturel
- de protéger les ressources en eau destinées à l'alimentation des hommes.

Un nouveau problème est apparu depuis plusieurs années lié au développement des villes et à l'imperméabilisation des sols : **l'évacuation des eaux pluviales** pour garantir la sécurité des biens et des personnes lors des inondations dues aux fortes pluies.

Mais cette politique de l'ASSAINISSEMENT n'est pas très ancienne bien que l'on retrouve des égouts construits par les Romains, les Grecs et les Turques. A Paris, les premiers réseaux d'égouts ont été construits vers 1850. Dans les autres grandes villes, ce n'est que vers la fin du XIX siècle que l'assainissement est apparu. Mais aucune règle, aucune norme n'existaient permettant d'avoir une cohérence dans les principes de l'assainissement et le dimensionnement des réseaux. Ce n'est qu'en 1950 qu'est paru en FRANCE la première instruction précisant les conditions de réalisation et de dimensionnement des réseaux : **la circulaire CG 1333**.

A partir de cette circulaire, les techniciens de l'ensemble du territoire français pouvaient étudier les projets d'assainissement sur des bases identiques. Si pour l'évacuation des eaux usées, le dimensionnement d'un réseau ne pose pas de problème, en revanche, celui des eaux pluviales est beaucoup plus délicat car la répartition des pluies et des orages n'est pas uniforme sur le territoire français du fait d'une climatologie et d'un relief très différent par régions et surtout que les phénomènes pluviométriques ne sont pas reproductibles.

Des études statistiques plus approfondies ont donc été menées sur la pluviométrie pour découper la France en trois zones climatiques ayant une pluviométrie semblable. Cette démarche a permis une adaptation de la C G 1333 par la parution en 1977 de l'**Instruction Technique relative aux réseaux d'assainissement des agglomérations** (Circulaire interministérielle n° 77 - 284 du 22 juin 1977).

L'introduction de l'informatique et des modèles mathématiques a apporté une dimension nouvelle à l'étude des réseaux d'assainissement. En effet, l'ingénieur a maintenant à sa disposition des outils qui lui permettent de transformer une pluie en débit et de simuler les écoulements dans les réseaux existants ou projeter en faisant varier les coefficients et paramètres entrant dans les différentes formules mathématiques. Une précision plus grande est apportée aux études et par conséquent aux travaux et à leurs coûts.

Le traitement des eaux a également fait des progrès très importants durant les quinze dernières années, tant sur le problème des eaux par le développement de biréacteurs très performants, que celui des boues par une intensification de la valorisation de celles-ci.

## ETAT DE LA DEPOLLUTION EN FRANCE

Sous l'impulsion des Agences de Bassin s'appuyant sur une réglementation de plus en plus draconienne, les communes, les villes, les départements et les industriels se voient dans l'obligation de résoudre leur problème de traitement des effluents.

Ces opérations s'inscrivent dans des plans quinquennaux élaborés par les Agences de Bassin qui contribuent financièrement à leur réalisation.

C'est ainsi qu'au cours du IV<sup>e</sup> programme 1982 - 1986 :

- 1 000 stations d'épuration ont été réalisées correspondant à 10 millions équivalent-habitants représentant un concours financier des Agences de 1,72 milliards de francs.

- 1,74 milliards d'aides des Agences ont permis de réduire de 18 % les rejets toxiques des industries.

Au niveau de la collecte des eaux usées, le taux est de 90 % en milieu urbain, de 40 % en milieu rural et de 73 % en moyenne pour la FRANCE.

Un inventaire a été dressé à l'initiative du Ministère de l'Environnement, Direction de la Prévention des Pollutions, sur la situation de la dépollution en FRANCE entre 1981 et 1984.

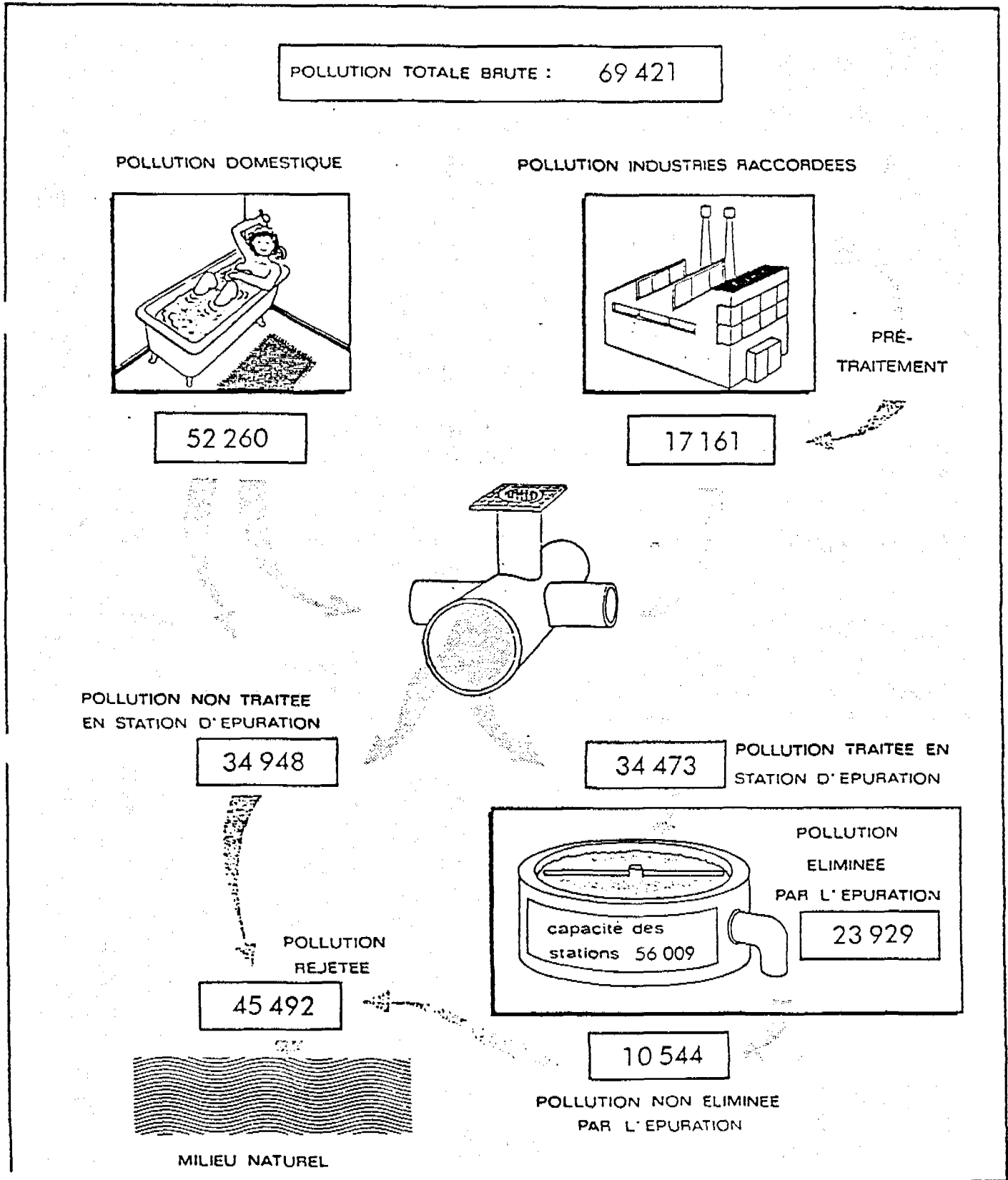
Le tableau ci-dessous donne l'évolution du traitement des effluents sur cette période.

	1980		1984	
	MES	M.O	MES	M.O
Production collectée	58,0 Meh	68,0 Meh	61,0 Meh	69,5 Meh
Production raccordée aux stations	28,5 Meh	30,5 Meh	29,5 Meh	34,5 Meh
Capacité de traitement	48,0 Meh	48,0 Meh	56,0 Meh	56,0 Meh
Elimination par épuration	22,0 Meh	21,0 Meh	22,5 Meh	24,0 Meh
Rejet dans le milieu naturel	36,0 Meh	47,0 Meh	38,5 Meh	45,5 Meh
<b>TAUX DE DEPOLLUTION</b>	<b>38 %</b>	<b>30 %</b>	<b>37 %</b>	<b>34 %</b>

Meh : million d'équivalent-habitants  
M.O : matières organique dissoute  
MES : matière en suspension

# BILAN GLOBAL (1984) DE LA POLLUTION

En milliers d'équivalent-habitants  
(57 g MO = 1 équivalent-habitant)



TAUX DE DÉPOLLUTION	=	TAUX DE COLLECTE	x	RENDEMENT DES STATIONS
34 %	=	50 %	x	69 %



Il ressort de cette étude que, sur un bilan global de pollution de 69 500 000 équ.hab. dont 24 % de pollution industrielle raccordée, il en était rejeté en milieu naturel 45 500 000 équ.hab.. Le taux global de dépollution en 1984 ressort donc à 34 %, ce qui est une amélioration de 11 % par rapport à 1980 ; mais ce taux est malheureusement encore faible par rapport à certains pays européens dont les taux de dépollution vont jusqu'à 75 %.

C'est pourquoi le Ve programme (1987-1991) des Agences de Bassin va s'attacher à augmenter ce taux de dépollution et leurs actions porteront plus particulièrement sur :

- la pollution domestique avec priorité à la réhabilitation des réseaux de collecte ,
- la poursuite de l'effort sur les stations d'épuration,
- l'assainissement autonome,
- la prévention de la pollution industrielle,
- la sécurité de l'approvisionnement en eau potable,
- la recherche sur la pollution des eaux pluviales,
- l'aménagement des cours d'eau.

Ce Ve programme représente un volume de travaux de 30 à 40 milliards de francs sur lesquels les Agences de Bassin apporteraient leur concours à hauteur de 18 milliards de francs.

Si ce programme est entièrement réalisé en 1991, cela correspondrait à 10 000 000 équ.hab. supplémentaires raccordés et 10 000 000 équ.hab. traités sur des stations. Le taux de dépollution serait alors de 44 %.

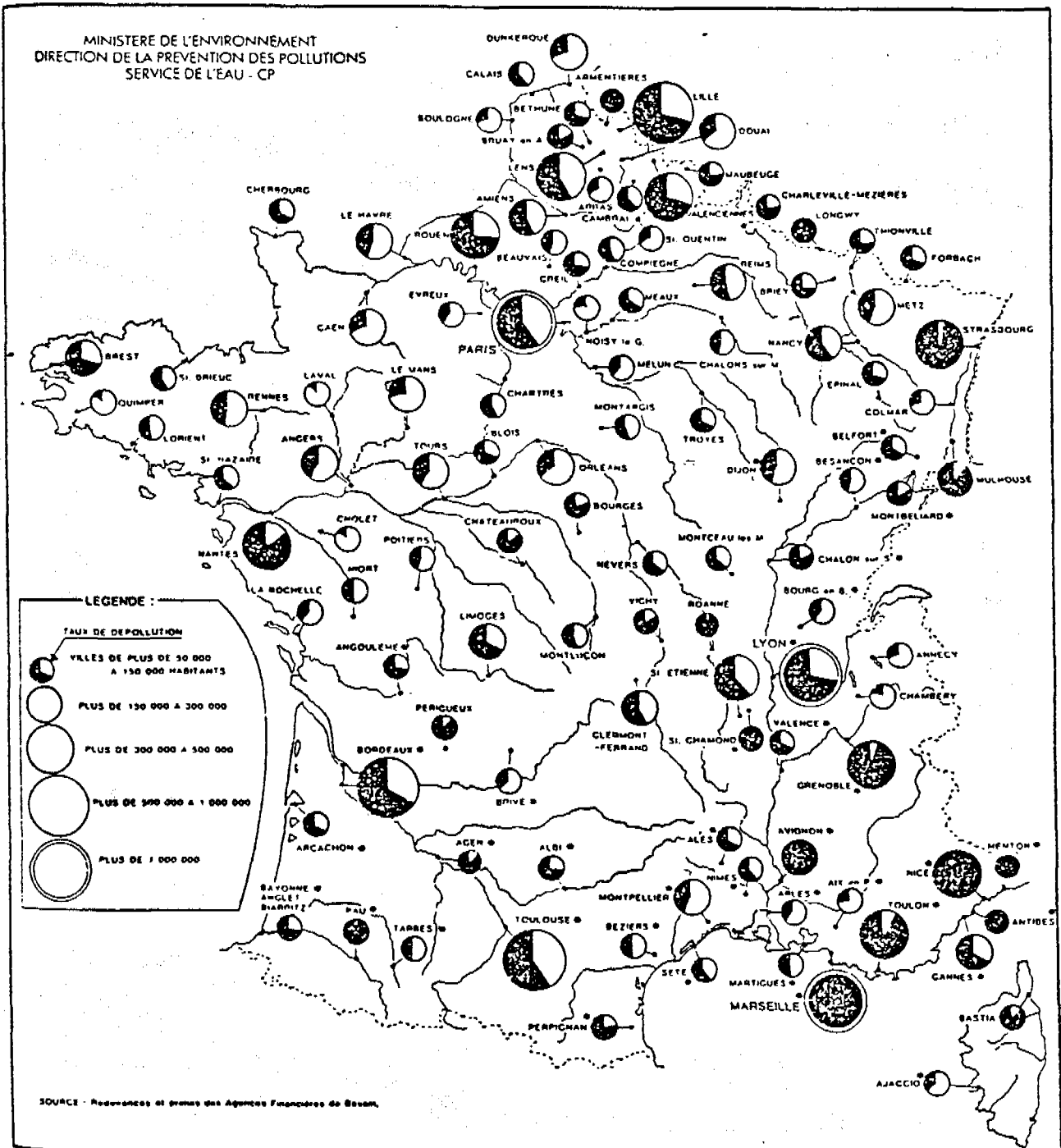
Mais cet effort des Agences de Bassin ne peut se concrétiser qu'avec l'accord des communes et villes qui doivent apporter un concours financier à toutes ces opérations.

Or, des investissements aussi lourds ne sont pas sans incidence sur les budgets communaux ou les redevances d'assainissement dans une conjoncture où les taux d'intérêts sont particulièrement élevés par rapport à l'inflation.

Un choix important sera à faire pour l'avenir et la protection du milieu naturel.

# TAUX DE DÉPOLLUTION DES PRINCIPALES AGGLOMÉRATIONS (plus de 50.000 habitants) - 1984 ou 1985 -

(les données 1984 concernent les villes suivies d'un •)



Bien que des efforts très importants aient été réalisés dans le domaine du traitement de la pollution (construction des stations d'épuration de grandes villes), les Agences de Bassin ont élaborées des programmes 1990 - 1986, par lesquels elles se donnent les moyens techniques et financiers pour mettre en oeuvre ce programme d'investissement. Il est d'ores et déjà avancé **que le prix de l'eau doublerait en 10 ans.**

Pour l'Agence de Bassin Rhin-Meuse, ce programme peut se résumer ainsi :

5,1 MILLIARDS de Francs pour :

- la qualité de la collecte,
- la réduction des eaux claires,
- les déversements par temps de pluie,
- les branchements d'épuration.

Ce programme a été enteriné par un décret qui confirme la volonté politique de mettre les moyens financiers à la hauteur du programme d'investissement.

Les objectifs de ce programme sont :

**\* Pollution classique industrielle**

éliminer 700 000 habitants-équivalents  
réduire le rejet total à 1 500 000 habitants-équivalents

**\* Pollution industrielle toxique**

éliminer 2 400 Kéq tox/j (soit l'équivalent de 2,4 T/j de cyanure)  
réduire le rejet total à 2 500 Kéq tox/j

**\* Pollution domestique**

éliminer 1 550 000 habitants-équivalents  
réduire le rejet total à 1 700 000 habitants-équivalents

## ASPECTS REGLEMENTAIRES

### A) CONDITIONS DE REJET DES EFFLUENTS URBAINS

En France, la circulaire du 4 novembre 1980 (J.O. du 24 novembre 1980) précise :

- la méthode d'établissement des caractéristiques à imposer à un rejet d'ERU dans le milieu naturel,
- une gamme de niveaux de qualité, servant de guides, et identifiés par des valeurs chiffrées pour les principaux paramètres de pollution.

L'évaluation des caractéristiques à obtenir sur le rejet est, normalement, dans le cas de rejet en rivière, basée sur "l'objectif de qualité" fixé à la rivière, basée sur "l'objectif de qualité" fixé à la rivière ou à la portion de rivière considérée. Les notions de flux de pollution et de facteur de dilution sont largement pris en compte dans l'approche du problème.

Les niveaux de qualité correspondent, grosso modo, aux possibilités techniques des principaux procédés de réduction des différents paramètres de pollution.

Un effluent brut est considéré comme urbain (ou à dominante domestique) lorsqu'un échantillon moyen sur 24 heures, après une décantation de deux heures, présente un rapport DCO/DBO<sub>5</sub> < 2,5, une DCO < 750 mg.l<sup>-1</sup> et une teneur en NTK < 100 mg.l<sup>-1</sup>.

#### Niveaux de qualité :

Ceux-ci sont fixés pour trois groupes d'éléments polluants :

- les MES et les matières oxydables,
- les différentes formes de substances azotées,
- les substances phosphorées.

Le tableau ci-dessous donne la définition de ces différents niveaux :

QUALITE MINIMALE DE L'EFFLUENT												
PREMIER GROUPE												
Niveaux de rejet pour les matières en suspension et matières oxydables												
Niveaux	Echantillon moyen sur vingt-quatre heures non décanté				Echantillon moyen sur deux heures non décanté							
	Matières décantables	MES totales	DCO (mg.l <sup>-1</sup> )	DBO 5 (mg.l <sup>-1</sup> )	MES totales (mg.l <sup>-1</sup> )	DCO (mg.l <sup>-1</sup> )	DBO 5 (mg.l <sup>-1</sup> )					
a	Elimination à 90 %	Elimination à 80 % (1) Elimination à 90 %			120	(2) 120	(2) 40					
b												
c												
d								90	30	30	120	40
e								50	15	20	80	20
f												

(1) Remarque - Dans le cas d'un effluent particulièrement dilué pour lequel l'application d'une exigence de qualité exprimée, dans les niveaux b ou c, en terme de rendement d'élimination conduirait à ce que la concentration en matières en suspension totales dans l'effluent traité soit inférieure à 20 mg par litre, on fixera l'exigence de traitement à cette dernière valeur. (2) Sur échantillon filtré.

**DEUXIEME GROUPE**  
**Niveaux de rejet pour les formes**  
**de substances azotées**

- Azote Kjeldahl (N.K.) : azote organique + azote ammoniacal exprimés en N :

*Niveau N.K. 1 :*

50 mg par litre sur un échantillon moyen de deux heures ; 40 mg par litre sur un échantillon moyen de vingt-quatre heures.

*Niveau N.K. 2 :*

15 mg par litre sur un échantillon moyen de deux heures ;  
 10 mg par litre sur un échantillon moyen de vingt-quatre heures.

*Niveau N.K. 3 :*

5 mg par litre sur un échantillon moyen de deux heures.

- Azote global (N.G.L.) : azote organique + azote ammoniacal + azote nitreux + azote nitrique exprimés en N. :

*Niveau N.G.L. 1 :*

25 mg par litre sur un échantillon moyen de deux heures ;  
 20 mg par litre sur un échantillon moyen de vingt-quatre heures.

*Niveau N.G.L. 2 :*

10 mg par litre sur un échantillon moyen de deux heures.

**TROISIEME GROUPE**  
**Niveaux de rejet pour les substances**  
**phosphorées (phosphore total),**  
**exprimés en P**

*Niveau P.T. 1 :*

80 % d'élimination sur vingt-quatre heures (1).

*Niveau P.T. 2 :*

1 mg par litre sur un échantillon moyen de deux heures.

---

(1) Dans le cas d'un effluent particulièrement dilué pour lequel l'application de l'exigence de qualité minimale P.T. 1 exprimée en terme de rendement d'élimination conduirait à ce que la concentration en phosphore total dans l'effluent traité soit inférieure à 2 mg par litre on pourra fixer l'exigence de traitement à cette dernière valeur.

Sur les ERU brutes dont les caractéristiques excèdent celles des effluents appelés "urbains", un simple abattement de 75 % de la DCO AD est envisagé.

**B) CONDITIONS DE REJET DES EFFLUENTS INDUSTRIELS**

En France, les prescriptions générales fixées par la circulaire du 6 juin 1953 (complétées par l'instruction du 10 septembre 1957) et résumées dans le tableau 71 restent valables mais elles sont complétées par divers arrêtés et circulaires propres aux différentes branches d'industries.

Tableau ci-après.

Conditions de rejet des effluents industriels (suivant circulaire du 6 juin 1953).

CONDITIONS DE REJET DES EFFLUENTS INDUSTRIELS (suivant circulaire du 6 juin 1953).

		Rejet dans le milieu naturel				Rejet dans un réseau d'assainissement pourvu d'une station d'épuration		
		Rejet éloigné de prises d'eau pour les villes, de plages, de bancs de coquillages ou de réserves à salmonidés. Charge de pollution industrielle			Rejet à proximité de prises d'eau pour les villes, de plages, de bancs de coquillages ou de réserves à salmonidés	Charge de pollution industrielle		
		Faible	importante mais non prépondérante	prépondérante		Faible	importante mais non prépondérante	prépondérante
Dilution d (rapport entre le débit du cours d'eau et le débit de l'effluent) suivant la durée du déversement industriel	déversement en 24 h	d > 300	150 < d < 300	d < 150		d > 2,5	2,5 < d < 25	d < 2,5
	déversement en 10 h	d > 720	360 < d < 720	d < 360		d > 60	6 < d < 60	d < 6
pH - cas général		5,5 < pH < 8,5	5,5 < pH < 8,5	5,5 < pH < 8,5	5,5 < pH < 8,5	5,5 < pH < 8,5	5,5 < pH < 8,5	5,5 < pH < 8,5
pH dans le cas de neutralisation à la chaux		5,5 < pH < 9,5	5,5 < pH < 9,5	5,5 < pH < 9,5	5,5 < pH < 9,5	5,5 < pH < 9,5	5,5 < pH < 9,5	5,5 < pH < 9,5
Composés cycliques hydroxylés et leurs dérivés halogénés		interdits	interdits	interdits	interdits	interdits	interdits	interdits
Substances de nature à favoriser la manifestation d'odeurs, de saveurs, de colorations anormales, dans les eaux naturelles utilisées en vue de l'alimenta- tion humaine		interdites	interdites	interdites	interdites			
Matières en suspension totales		100 mg.l <sup>-1</sup>	50 mg.l <sup>-1</sup>	30 mg.l <sup>-1</sup>	30 mg.l <sup>-1</sup>		< 1000 mg.l <sup>-1</sup>	< 500 mg.l <sup>-1</sup>
DBO5		200 mg.l <sup>-1</sup>	100 mg.l <sup>-1</sup>	40 mg.l <sup>-1</sup>	40 mg.l <sup>-1</sup>		< 500 mg.l <sup>-1</sup>	< 500 mg.l <sup>-1</sup>
Azote Kjeldahl		60 mg.l <sup>-1</sup> en N 80 mg.l <sup>-1</sup> en NH <sub>4</sub>	30 mg.l <sup>-1</sup> en N 60 mg.l <sup>-1</sup> en NH <sub>4</sub>	10 mg.l <sup>-1</sup> en N 15 mg.l <sup>-1</sup> en NH <sub>4</sub>	10 mg.l <sup>-1</sup> en N 15 mg.l <sup>-1</sup> en NH <sub>4</sub>		< 150 mg.l <sup>-1</sup> en N < 200 mg.l <sup>-1</sup> en NH <sub>4</sub>	< 150 mg.l <sup>-1</sup> en N < 200 mg.l <sup>-1</sup> en NH <sub>4</sub>
Substances capables d'entraîner la destruction du poisson en aval du dé- versement		interdites	interdites	interdites	interdites			
Température maximale		30 °C	30 °C	30 °C	30 °C	30 °C	30 °C	30 °C
Matières flottantes et susceptibles de dégrader les ouvrages, produits déga- geant des gaz toxiques et inflammables						interdits	interdits	interdits

Pour chaque famille d'activité industrielle, la législation précise le plus souvent les limites de pollution acceptables "à la source" de façon à s'assurer que les techniques de fabrication et l'organisation des ateliers sont performants. On peut citer les conditions de rejet prévues normalement, dans le cas de stations d'épuration autonomes de l'établissement, avec rejet direct au milieu naturel, pour quelques industries.

**- Abattoirs** (Arrêté du 01/02/1983)

Caractéristiques de l'effluent traité inférieures à  $DBO_5 = 30 \text{ mg.l}^{-1}$ ,  $DCO = 120 \text{ mg.l}^{-1}$ ,  $MES = 30 \text{ mg.l}^{-1}$  et flux polluants limités comme suit à la sortie de l'établissement :

Activité	Grandeur	Flux polluant mg		
		DBO5	DCO	MES
Abattage	par kg de carcasse abattue	180	720	180
Fonte corps gras	par kg de corps gras brut	150	600	100
Sous-produits animaux	par kg de matière traitée	150	600	100

**- Brasseries** (circulaire du 22/02/1983)

Caractéristiques de l'effluent traité inférieures à  $DCO = 100 \text{ mg.l}^{-1}$ ,  $DBO_5 = 30 \text{ mg.l}^{-1}$ ,  $MES = 30 \text{ mg.l}^{-1}$ .

**- Traitements de surface**

Voir chapitre 2, § 5.10.1.

**- Papeteries**

Voir chapitre 2, § 5.6.2.

**- Raffineries**

. Arrêté du 4 septembre 1967 (J.O. du 6 octobre 1967) : règles d'aménagement et d'exploitation des usines de traitement de pétrole brut, de ses dérivés et résidus.

. Arrêté du 12 septembre 1973 (J.O. du 22 septembre 1973).

. Arrêté du 19 novembre 1975 (J.O. du 23 janvier 1976).

. Brochure du J.O. n° 1305 (1974).

Les installations d'épuration seront telles que l'effluent rejeté par la raffinerie (caractérisé par l'échantillon moyen journalier) possède au maximum les caractéristiques suivantes :

	Raffinerie simple	Raffinerie avec craquage catalytique ou thermique et raffinerie complexe
pH	5,5 à 8,5*	5,5 à 8,5*
Phénols	0,5 mg.l <sup>-1</sup>	1 mg.l <sup>-1</sup>
MES	30 mg.l <sup>-1</sup>	30 mg.l <sup>-1</sup>
DBO <sub>5</sub>	30 mg.l <sup>-1</sup>	40 mg.l <sup>-1</sup>
DCO	120 mg.l <sup>-1</sup>	150 mg.l <sup>-1</sup>

\* A titre exceptionnel, dans le cas où la neutralisation est faite à la chaux, le pH pourra être compris entre 5,5 et 9.



En outre, quelque soit le type de raffinerie considéré :

- la teneur en plomb doit être inférieure à 0,1 mg.l<sup>-1</sup> et celle en chrome hexavalent à 0,05 mg.l<sup>-1</sup>,
- La teneur en hydrocarbures doit être inférieure à 5 mg.l<sup>-1</sup> par la méthode de dosage des matières organiques en suspension dans l'eau extractibles à l'hexane (norme AFNOR n° T 90-202) ; 20 mg.l<sup>-1</sup> par la méthode de dosage des hydrocarbures totaux (norme AFNOR n° T 90-203).

Les eaux de purges des circuits fermés d'eaux de refroidissement des unités contenant des chromates doivent subir un traitement approprié afin d'éliminer le chrome hexavalent. Il doit être vérifié que l'efficacité de ce traitement est telle que la teneur en chrome hexavalent à la sortie de la station est inférieure à 0,1 mg.l<sup>-1</sup>.

Pour tout déversement d'ERI au milieu naturel, les conditions de rejet fixées doivent satisfaire à la réglementation propre à chaque type d'industrie mais aussi permettre de respecter le niveau de qualité assigné au milieu récepteur.

## C) EVACUATION DES BOUES

### 1) Utilisation en agriculture des boues d'ERU

(Loi du 13/07/1979 et Norme NF U 44.041)

Les "valeurs de référence" des teneurs en éléments-traces sont, en France, les suivantes en mg par kg de MS des boues :

Cd	20	Cr	1000
Cu	1000	Hg	10
Ni	200	Pb	800
Se	100	Zn	3000
Cr + Cu + Ni + Zn	4000		

Normalement, aucune teneur des boues en l'un de ces éléments-traces ne doit excéder le double de la teneur de référence correspondante, de même que pour la somme des teneurs en Cr, Cu, Ni et Zn.

Les boues ne doivent pas être épandues sur des sols dont la teneur en un ou plusieurs éléments-traces excède les valeurs suivantes en mg par kg de terre sèche :

Cd	2	Cr	150
Cu	100	Hg	1
Ni	50	Pb	100
Se	10	Zn	300

La norme fixe certaines autres caractéristiques sur la nature des sols. Le marquage obligatoire du produit précise aussi teneurs en MS, MO, NTK,  $P_2O_5$ , Ca ainsi que le pH et le rapport C/N.

Les valeurs de référence des éléments-traces données précédemment conduisent, dans le cas d'application d'une dose de 3 t de MS par hectare et par an, à ne pas apporter plus de 50 % de la quantité maximale de ces éléments que l'on peut rencontrer dans un sol agricole normal (sauf pour Cd et Hg). Les boues dont les teneurs excèdent le double des valeurs de référence ne peuvent être utilisées que si elles obtiennent une homologation ou une autorisation provisoire de vente.

## 2) Mise en décharge contrôlée

(circulaire du 11 mars 1987).

Normalement, les teneurs en eau des boues doivent être inférieures à 70 %. Ces boues ne devraient pas apporter plus de 30 % d'eau libre par rapport à la masse totale des déchets admis en décharge (l'eau libre est définie comme la quantité de liquide exsudée sous une pression de 1 bar).

Toutefois, l'admission de boues dont la teneur en eau est supérieure est possible, en tenant compte de la capacité d'absorption des ordures ménagères dans les limites suivantes:

Teneur en eau	Ordures fraîches par tonne de boue
70 à 80 %	5 tonnes
80 à 90 %	7 tonnes
> 90 %	10 tonnes

## 3) Incinération des boues

L'arrêté du 9 juin 1986 (publié au J.O. du 10 juillet 1986) est relatif aux installations d'incinération de résidus urbains. Il précise en particulier les conditions de rejet des gaz de combustion.

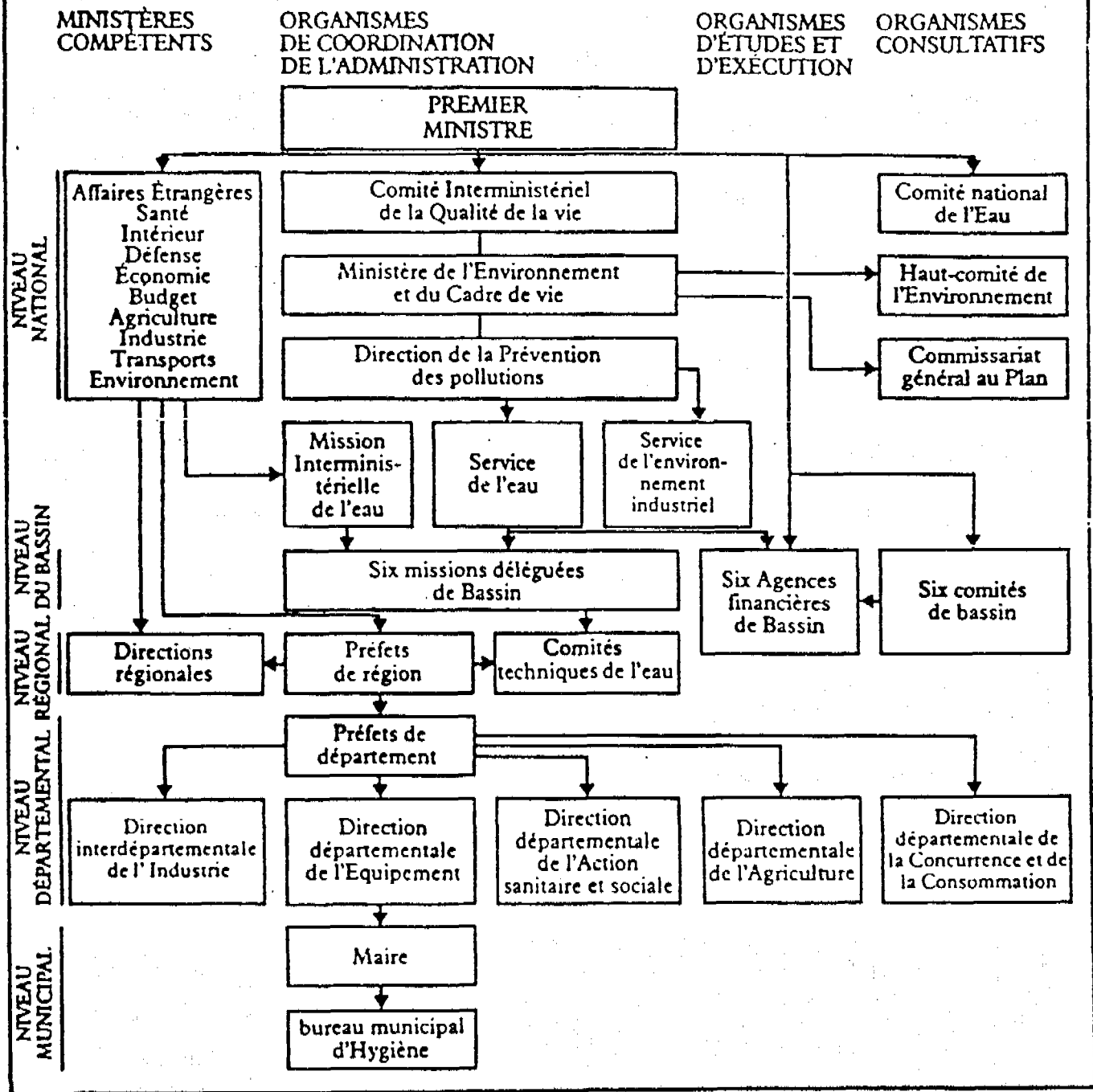
### Installations comportant un four de capacité supérieure à 3 t.h-1

Vitesse verticale d'émission des gaz  $\leq 12 \text{ m.s}^{-1}$

Teneurs des gaz rejetés à l'atmosphère inférieures à :

- 50 mg.Nm-3 de poussières.

## DES RESPONSABILITÉS LOCALES ET RÉGIONALES DANS UN CADRE NATIONAL



Source : Livre Blanc de la politique de l'eau (1980)

## POLLUTION DES EAUX

La pollution est variée et peut être d'origines diverses:

- organique : eaux usées urbaines, industries alimentaires
- chimique : industries chimiques, industries métallurgiques
- physique : industries minières, pâte à papier, tanneries etc...
- thermique : température trop élevée
- bactériologique : microbes pathogènes
- radioactive : présence d'éléments radioactifs dans les eaux.

### I- CARACTERISTIQUES DES EAUX USEES

#### I.1 Physiques

Une eau résiduaire peut être caractérisée sur le plan physique par sa température, son odeur, sa couleur, sa turbidité, son débit.

##### I.1.1. Température

L'accroissement de la température est généralement dû à la présence d'industries. Elle influe sur l'activité biologique et la décantation.

##### I.1.2 Odeur

L'eau usée fraîche n'a pas d'odeur spécialement désagréable. Devenant ancienne, par contre, elle peut fermenter (début du processus d'épuration par voie anaérobie) et dégager des odeurs difficilement supportables ( $H_2 S$ ).

Certaines odeurs sont bien spécifiques, quand elles proviennent d'industries.

##### I.1.3 Turbidité et couleur

L'eau résiduaire urbaine est normalement trouble de couleur grisâtre et jaunâtre. Si elle est noire (foncée) le processus de décomposition est déjà bien avancé.

Les rejets industriels ont souvent des couleurs caractéristiques (par exemple jaune : chrome, vert : conserverie, rouge : abattoir...)

##### I.1.4 Débit

Les débits des eaux usées urbaines subissent des variations journalières et saisonnières (ville moins importante). Suivant l'importance des industries, des fluctuations apparaissent. Souvent dans le cas des réseaux d'assainissement de type séparatif, des eaux des nappes ou d'origine pluviale pénètrent par infiltration dans les égouts et contribuent à une dilution des eaux usées (manque d'étanchéité des collecteurs).

## I.2 Chimiques

### I.2.1 Matières minérales

- sable d'origine pluviale
- sels minéraux provenant des eaux utilisées et souterraines : sulfates, carbonates, chlorure de sodium, de calcium, de magnésium, de potassium et de fer etc...
- matières minérales d'origine industrielle.

### I.2.2 Matières organiques

La fraction organique est généralement composée de protéine, de graisses, d'hydrates de carbone.

Protéine : C. H. N. O. (P.S.), microorganismes, protéines animales ou végétales.

Hydrates de carbone : C.H.O., sucre, amidon.

Graisses 76 % C ; 12 % H ; 12 % O, minérales, animales, végétales.

Elles sont sources d'ennuis, traitement difficile et obstruction.

## II - ELEMENTS COMPOSANTS LES EFFLUENTS - EVALUATION DE LA POLLUTION

### II - 1 Matières en suspension

Une grande partie de ces matières est décanable

Eaux usées urbaines	MeS mg/l	Minérales	Organique	Totales
150 l/hab/jour	séparable par décantation	130	270	400
	non sépar. par décantation	70	130	200
	ensemble	200	400	600

La décantation élimine 70 % des M.O.

Cette mesure se fait après 2 h de décantation dans un cône d'Imhoff ou cône du Docteur Coin.

## II - 2 Demande en oxygène

Le rejet d'un effluent organique ou réducteur dans le milieu naturel a pour incidence principale de diminuer la quantité d'O<sub>2</sub>, il a semblé naturel d'évaluer cette pollution organique, non décantable, en quantité d'oxygène demandée.

Cette activité consommatrice d'oxygène est à l'origine de l'autoépuration des eaux en milieu aérobi, elle se réalise grâce à des microorganismes présents dans l'eau qui dégradent les substances complexes rejetées.

Il y a deux types de demande :

- demande chimique d'oxygène : DCO
- demande biochimique en oxygène : DBO

### II - 2.1 Demande chimique en oxygène - DCO - Norme T 90 101

Cette analyse mesure la pollution par les matières organiques dégradables ou non, qui est due aux rejets industriels (chimie, pharmacie, pétrole etc...) et aux rejets des populations.

Elle correspond à la quantité d'O<sub>2</sub> cédée par voie chimique en milieu acide (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) par un oxydant puissant le bichromate de K (Cr<sub>2</sub> O<sub>7</sub>K<sub>2</sub>) suivant un mode opératoire défini par la norme AFNOR T90101.

La réaction d'oxydation se fait à l'ébullition ( 2h).

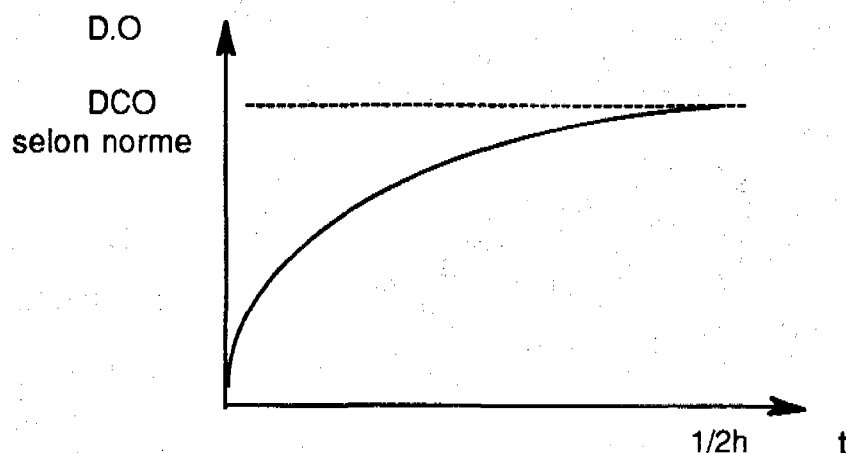
A la place du bichromate de K peut être utilisé le permanganate de K (méthode à froid plus rapide).

L'analyse (bichromate de K) est effectuée en 3 heures, elle a une certaine reproductivité.

L'ajout du Hg SO<sub>4</sub> neutralise les ions Cl<sup>-</sup> présents dans les eaux usées (urine).



En présence d'eau de mer, le mode opératoire est tout à fait différent.

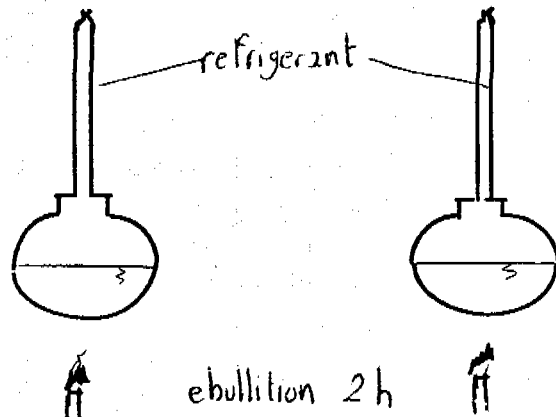


Exemple :

Prise d'essai : V = 50 ml eau usée décantée pendant 2 h  
Solution de sel de Mohr de titre T = 0,258

((SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub> Fe) non stable, il doit être titré par une solution de bichromate de potassium (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) de titre connu (virage en présence d'orthophénantroline Ferreuse)

Analyse



solution sulfurique de sulfate d'Ag 75 ml pour oxydation plus forte et 25 ml de Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> K<sub>2</sub> à 0,25 N

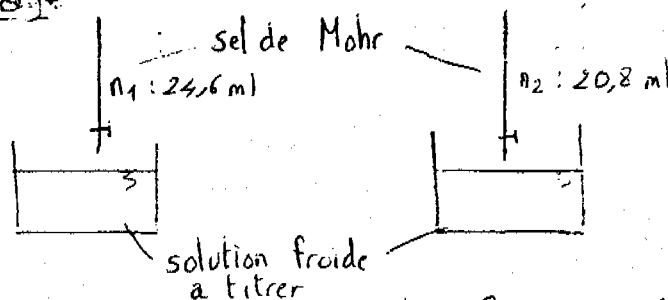
Essai à blanc

(V: eau distillée)

(V: prise d'eau)

Dilution dans un ballon apres refroidissement avec 350 ml d'eau distillée

Titrage



Temoin

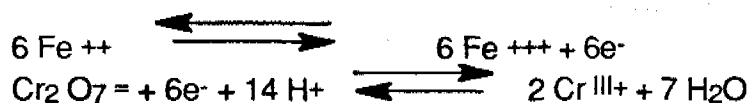
+ orthophenantroline ferreuse (vert → rouge)

$$DCO = \frac{8000 ((n_1 - n_2) T)}{V} = \frac{8000 (24,6 - 20,8) 6,25}{50} = 24,2$$

= 157 mg O<sub>2</sub>/l



Réactions :



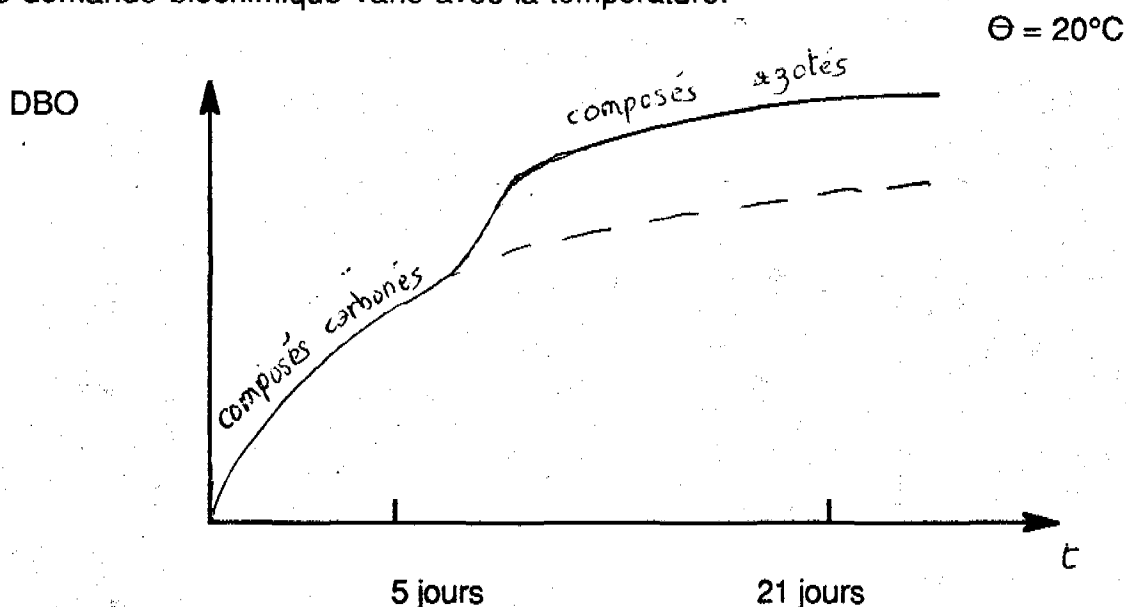
## II - 2.2. Demande biochimique en oxygène DBO - Norme T90 103

Quantité d'oxygène nécessaire à la destruction ou à la dégradation des matières organiques d'une eau avec le concours de microorganismes qui se développent dans des conditions données.

Les transformations biochimiques des M.O. s'effectuent en 2 stades :

- le premier stade se rapportant aux composés carbonés débute immédiatement et s'achève à 20 °C au bout de 20 jours environ,
- le deuxième stade se rapportant aux composés azotés ne commence guère qu'au bout d'une dizaine de jours et s'étend sur une période très longue.

Cette demande biochimique varie avec la température.



Les résultats étant comparables à partir de 5 jours dans les mêmes conditions d'incubation, la DBO<sub>5</sub> (en 5 jours) à 20 °C est généralement recherchée. Le résultat est exprimé en mg/l de O<sub>2</sub> consommé pendant 5 jours.

$$\text{DCO} > \text{DBO}_5$$

$$\text{DCO} \approx \text{DBO}_{21}$$

Pour certains effluents industriels, il faut corriger le manque de matières nutritives nécessaires au développement des microorganismes (N et P), l'eau enrichie doit être saturée d'air à 20 °C (8mg O<sub>2</sub>/l)

DCO > 50 mg/l

DBO<sub>5</sub> présumé  $\approx \frac{DCO}{8}$

Eaux usées urbaines :

Réseau séparatif

$1,5 < \frac{DCO}{DBO_5} < 3$

100 < DBO<sub>5</sub> < 300 mg/l

Facteur de dilution : F

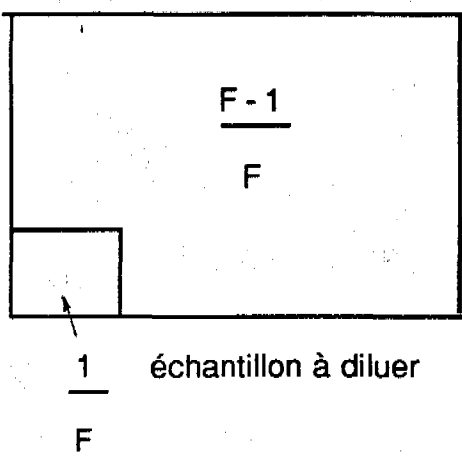
Mode opératoire :

Après chaque dilution de progression géométrique de 2, ( $\sqrt{F}$ , F,  $\sqrt{F}$ ) voisine et encadrant le facteur de dilution ci-dessus, la teneur en O<sub>2</sub> est mesurée pour chaque flacon, y compris le flacon témoin.

L'eau de dilution utilisée est aérée et éventuellement enrichie de nutriments.

Les récipients hermétiquement obturés sont placés à 20 ° C dans le noir pendant 5 jours, puis leur teneur résiduelle en O<sub>2</sub> dissous, qui a évolué, est mesurée (sonde à oxygène ou méthode de Winckler).

Pour calculer la demande en oxygène, seul est pris en compte le flacon qui a une consommation voisine de 50 % de O<sub>2</sub> dissous, conditions optima de dégradation biologique.



$\frac{F(F-1)}{F}$

$DBO_5 = F(C_o - C_f) - (F - 1)(T_o - T_f)$

- o : condition de départ
- f : condition après 5 jours
- T : flacon témoin (eau dilution)
- C : flacon considéré
- F : facteur de dilution  $\frac{1}{F}$

Matières oxydables :

$$\text{MO}_x = \frac{\text{DCO} + 2 \text{DBO}_5}{3}$$

Les matières oxydables sont utilisées sur l'effluent après décantation de 2 h pour le calcul de l'assiette de la redevance de pollution appliquée par les Agences Financières de Bassin.

Valeurs de base considérées par les Agences Financières de Bassin :

60 g DBO<sub>5</sub>/hab/jour

120 g DCO/hab/jour

57 g MO<sub>x</sub>/hab/jour

90 g MeS/hab/jour

après déc. 2h

35 g DBO<sub>5</sub>/hab. jour

100 g DCO/hab. jour

II - 3 Mesure de pH

Si pH > 9 )

les effluents sont neutralisés, ils doivent être voisins de 7

Ou pH < 6 )

II - 4 Test de putrescibilité du bleu de méthylène - Norme T90 104

Mesure du rH ou potentiel d'oxydoréduction :

$$\text{rH} = \frac{A + E + 2 \text{pH}}{29}$$

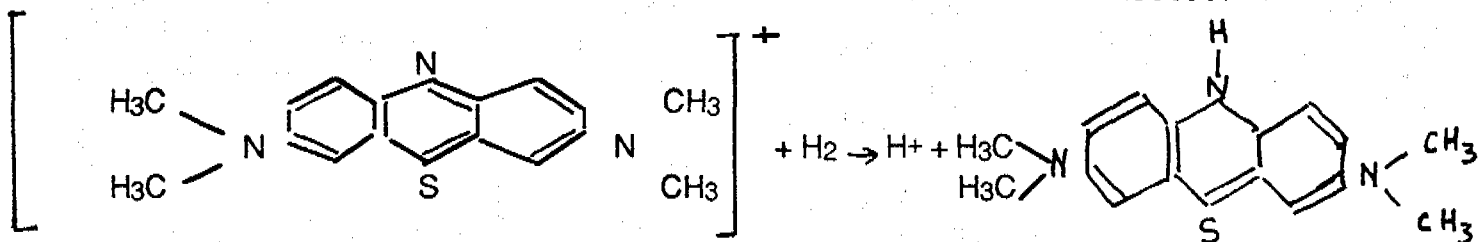
A = 250 mv (électrode au calomel /H<sub>2</sub>)

E mesuré en mv

Il sert pratiquement à l'essai de putrescibilité des effluents des stations d'épuration.

La présence dans l'eau de substances fermentissibles en anaérobiose est décelée par l'introduction d'une solution de bleu de méthylène, se décolorant par la formation de leucobase sous l'influence du milieu réducteur.

Zone de virage (bleu  $\rightarrow$  incolore)  
 $13 < rH < 15$



L'opération est réalisée à 20 °C pendant 5 jours, au bout desquels la décoloration est accompagnée généralement d'une odeur putride (flacon hermétique sans air au départ).

## II - 5 Demande totale en oxygène : DTO

Correlation avec la DCO

Principe : oxydation catalytique de l'effluent à 900 °C, la quantité de  $\text{O}_2$  utilisée est mesurée.

## II - 6 Carbone organique total COT

Correlation avec la DBO<sub>5</sub>

Principe : différence entre carbone organique à 150°C  
 et carbone minéral à 900 °C

Le carbone est mesuré par détecteur I.R.

## II - 6 Mesure de l'azote

Origine organique sous des formes diverses de stabilisation :

- ammoniacque libre  $\text{NH}_3$  )
- azote organique acide aminée )
- nitrates  $\text{NO}_3^-$  ) ensemble des matières azotées
- nitrites  $\text{NO}_2^-$  )

exemple : eaux usées urbaines

- fraîches et froides : hautes teneurs en azote organique  
faibles teneurs en ammoniacque libre, nitrates et nitrites
- vieilles et chaudes : riches en  $\text{NH}_3$  libre  
pauvres en azote organique
- épurées ou traitées : riches en nitrates, présence parfois de nitrites

Les nitrites ne sont pas stables  $\xrightarrow{\text{ou}}$   $\text{NH}_3$  (dénitrification  $\rightarrow \text{N}_2$ )  
 $\xrightarrow{\text{ou}}$   $\text{NO}_3^-$  (nitrification)

Mesure de l'azote total par la méthode de Kjeldahl.

$\text{NK} \rightarrow \text{NGL}$   
( $\text{NH}_3$  + Azote orga.)

## II - 8 Test de l'inhibition de la mobilité des daphnis (daphnia magna straus)-Norme T90301

Test pour mettre en évidence la toxicité des effluents (industriels).

La toxicité des eaux polluées est mesurée sur de petits crustacés d'eau douce, sélectionnés.

La concentration de toxique qui immobilise environ 50 % des daphnis est retenue au niveau d'un des échantillons, ayant été différemment dilués.

Le produit de référence toxique est  $\text{K}_2 \text{Cr}_2 \text{O}_7$  à  $20^\circ\text{C}$  + ou - 1, qui agit pendant 24 h.

Résultat : equitox = 1

C  $\pm$  50 (24 h)

### III - DEVERSEMENT D'EAUX RESIDUAIRES DANS LE MILIEU NATUREL

Normes de rejet : circulaire du 7 juillet 1970  
circulaire du 4 novembre 1980

- Eaux usées (pollution carbonnée)

Niveaux	a	b mg/l	c mg/l
Matières décantables	90 % d'élimination (moyenne/24h)		
MeS		80 % d'éliminat (moyenne/24h) ou 20	90 %d'élimination (moyenne/24hh ou 20

Niveaux	e mg/l	f mg/l	d mg/
MeS	30	20	120 (pointe/2h)
DBO5	40 30	20 (en pointe/2h) 15 (moyenne/24h)	40 (pointe/2h filtré)
DCO	120 90	80 (en pleine charge/2h) 50(moyenne/24h)	120 (pointe/2h filtré)

	(NH <sub>3</sub> + N organ.)	(NH <sub>3</sub> + N organ.+ NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )
- Azote		
Niveaux mg/l	NK (azote Kjeldahl)	NGL (azote global)
NK 1	40 (par 24h) 50 (pointe/2h)	
NK2	10 (par 24h) 15 (pointe/2h)	
NK3	5 (pointe/2h)	
NGL 1		20 (par 24h) 25 (pointe/2h)
NGL 2		10 (pointe/2h)

- Phosphore : Norme AFNOR 90-023

Niveaux mg/l	P(phosphore) "exprimé en P"
PT 1	80 % d'élimination par 24 h (ou 2mg/l pour effluents très dilués)
PT 2	1 mg/l (pointe/2h)

(AFNOR 90-023

Technique colorimétrique (Pt et polyphosphate)

- Analyses complémentaires

Absence de produits toxiques : pas de poissons morts après mélangeage à 50 m en aval et à 2 m de la berge de la rivière (milieu naturel de rejet)

Test de putrescibilité non positif.

#### IV - L'équivalent habitant

Un effluent brut est d'origine urbaine ou domestique si le rapport  $\frac{DCO}{DBO_5} < 2,5$ .

Si DCO < 750 mg/l et si NTK < 100 mg/l ceci après décantation de 2 heures sur un échantillon moyen de 24 h.

1 équivalent habitant : (Agence Financière de Bassin)

120 g DCO/hab.jour

60 g DBO<sub>5</sub>/hab.jour

70 g MOx/hab.jour

La charge de pollution industrielle est exprimée en équivalent habitant.

Exemple : Arrêté du 30/12/91 (J.O du 10/01/82)

90 g MES

57 g MOx

$$MOx = \frac{2 DBO_5 \text{ ad}2 + DCO \text{ ad}2}{3}$$

15 g NK

4 g PT

ad<sub>2</sub> : après décantation 2 h des effluents bruts

Exemple : brasserie 50 à 200 eq.hab/hl de bière.jour

abattoir 80 à 200 eq.hab/boeuf abattu.jour.

## **II) LES TRAITEMENTS DES EAUX USEES**

- **Prétraitement**
- **Traitement primaire**
- **Epuration de l'effluent liquide après décantation**
- **Traitement des boues**
- **Traitement tertiaire**

**par Monsieur ROBAINÉ**



## TRAITEMENT DES EAUX USEES

Une station d'épuration de type classique réalise le traitement des effluents en trois phases : prétraitement, traitement primaire et traitement biologique ou chimique. La pollution éliminée est récupérée sous forme de boues qu'il faut traiter afin de les évacuer dans des conditions économiques les plus favorables possibles. C'est le traitement des boues résiduelles.

### I - PRETRAITEMENT

Dans le cas du réseau unitaire, il faut prévoir à l'entrée de la station des déversoirs d'orage. De plus avant le traitement proprement dit, il faut relever les eaux usées qui s'écoulent ensuite en gravitaire dans l'usine.

#### 1) Bassin de stockage-neutralisation

Les effluents sont stockés dans un bassin, afin qu'ils aient à l'entrée de l'usine d'épuration des caractéristiques les plus constantes possibles : débit pH, charge de pollution.

Lorsque l'on traite certains effluents industriels, il faut procéder à une neutralisation du pH.

#### 2) Dégrillage

Il permet l'élimination des gros déchets, qui sont évacués pour être incinérés ou déposés en décharge.

Les grilles peuvent être verticales ou inclinées, manuelles ou mécaniques, un nettoyage par l'aval ou par l'amont.

La vitesse de passage à travers les barreaux doit permettre l'application des matières sur la grille, sans provoquer de perte de charge importante et de colmatage en profondeur.

La vitesse adoptée est comprise en moyenne entre 0,50 m/s et 1,2 m/s.

Les pertes de charge atteignent 0,15 m environ (maximum de 0,40 m), le dispositif de nettoyage doit fonctionner environ 3 à 4 heures par jour, sauf pendant certaine période de pointe.

Le coefficient de passage libre  $\frac{\text{écartement des barreaux}}{\text{écartement} + \text{épaisseur barreau}}$ , doit être aussi grand que possible en tenant compte de l'efficacité et de la résistance des barreaux.

Il existe encore des broyeurs mécaniques qui dilacèrent les déchets pour les rejeter avec l'effluent, cette technique est à présent abandonnée.

Dans certains cas (effluents industriels) il est nécessaire d'effectuer un dégrillage plus fin : c'est le tamisage. Les eaux usées sont "filtrées" sur toile, treillis ou tôle perforée (macrotamisage et microtamisage)

mailles >0,3 mm      mailles <100  $\mu$

### 3) Désablage

Pour les eaux usées urbaines, il est nécessaire de procéder à l'élimination du sable qui est entraîné dans les collecteurs, afin de minimiser essentiellement l'usure du matériel et de faciliter les traitements ultérieurs.

- désableurs longitudinaux.

Le rapport  $Q/Sp$ , où  $Sp$  est la surface du plan d'eau est de l'ordre de 2 cm/s (0,05 m<sup>2</sup> pour 1 l/s). Soit  $L$  la longueur du désableur et  $h$  sa hauteur, les rapports  $L/h$  dans la pratique sont compris entre 10 et 15, la vitesse de reprise des dépôts étant de 20 à 30 cm/s, la vitesse de décantation d'une particule de quartz de 0,2 mm est de 70 m/h. Les grains de diamètre minimal 0,25 mm sont retenus.

- Dessableurs cylindriques dits tangenciels

C'est le principe de l'hydrocyclone, avec une introduction tangentielle sous pression de l'effluent à un débit donné.

### 4) Deshuilage-dégraissage

Les huiles minérales et les graisses contenues dans les eaux usées doivent être éliminées par différence de densité :

Cette élimination se fait par écumage, par injection d'air-(flottation).

Il existe des déshuileurs à plaques parallèles inclinées dont l'efficacité est nettement meilleure.

Souvent le désableur et le déshuileur sont combinés dans un seul ouvrage. Les huiles et graisses sont évacuées périodiquement et incinérées.

Temps de séjour : 3 à 8 minutes en débit de temps sec

Vitesse ascensionnelle : 15 à 20 m/h

Débit d'air : 4 à 8 m<sup>3</sup>/h m<sup>3</sup> d'ouvrage ( $P < 0,5$  bar)

Efficacité : 80 à 90 % ( $O < 30^{\circ}C$ )

## II - TRAITEMENT PRIMAIRE

Par une décantation, les matières en suspension, minérales et organiques sont éliminées.

Le temps de séjour dans le décanteur ne doit pas dépasser une certaine limite afin d'éviter des phénomènes de fermentation qui abaisseraient son rendement. La durée de passage est d'environ 2 h, et 60 % des matières en suspension sont éliminées, 35 à 40 % de la DBO5.

Les décanteurs les plus couramment utilisés sont de forme circulaire avec un dispositif de raclage sur le fond.

Pour améliorer le rendement des décanteurs, il est possible d'ajouter des flocculants tels que la chaux, le  $Cl_3 Fe$  ou des polyélectrolytes aux eaux usées.

Dans le cas des eaux usées urbaines, il n'est pas nécessaire d'ajouter de réactif, les boues biologiques en excès (granuleuses et floconneuses) sont renvoyées en tête et contribuent à améliorer la décantation primaire où elles sont éliminées du circuit avec les matières en suspension provenant de l'eau brute.

Caractéristique essentielle : charge superficielle =  $\frac{\text{Débit}}{\text{Surface}}$  =  $\frac{VS}{S}$

Réseau séparatif < 2,50 m/h

Réseau unitaire < 5 à 6 m/h

Qp/Qm	m/h
2,5	2
5	3,75
10	6

### III - EPURATION DE L'EFFLUENT LIQUIDE APRES DECANTATION

#### Voie chimique

Ce traitement est valable pour certains effluents industriels ou des collectivités à très forte variation saisonnière.

On provoque des réactions d'oxydation et de coagulation des matières oxydées.

Pour les eaux usées urbaines, le traitement peut se faire par précipitation à la chaux, accompagnée d'un broyage énergétique.

Les dépenses sont assez élevées.

#### Voie biologique

Les processus naturels d'épuration biologique sont concentrés et accélérés.

##### A) Principe du traitement

L'épuration biologique peut s'effectuer par voie aérobie ou anaérobie.

Dans les deux cas ce sont des microorganismes adaptés au procédé qui se multiplient en absorbant la pollution organique (bactéries hétérotrophes).

Voie aérobie :  $C_6 H_{12} O_6 + 6O_2 \rightarrow 6 CO_2 + 6 H_2 O + 649 \text{ cal}$   
(glucose)

Voie anaérobie :  $C_6 H_{12} O_6 \rightarrow 3 CO_2 + CH_4 + 34 \text{ cal}$

Les traitements aérobies sont plus répandus que les traitements anaérobies qui sont réservés (à l'exception des fosses septiques) aux cas de pollution fortement concentrée où l'apport d'oxygène en quantité suffisante poserait un problème.

Les traitements aérobies sont plus énergétiques et ont des rendements très supérieurs. A la place de l'air, on peut utiliser de l'oxygène pur.

##### a) Mécanisme par voie aérobie

Pour la dégradation de la matière organique deux processus se développent parallèlement en consommant de l'oxygène, ce sont :

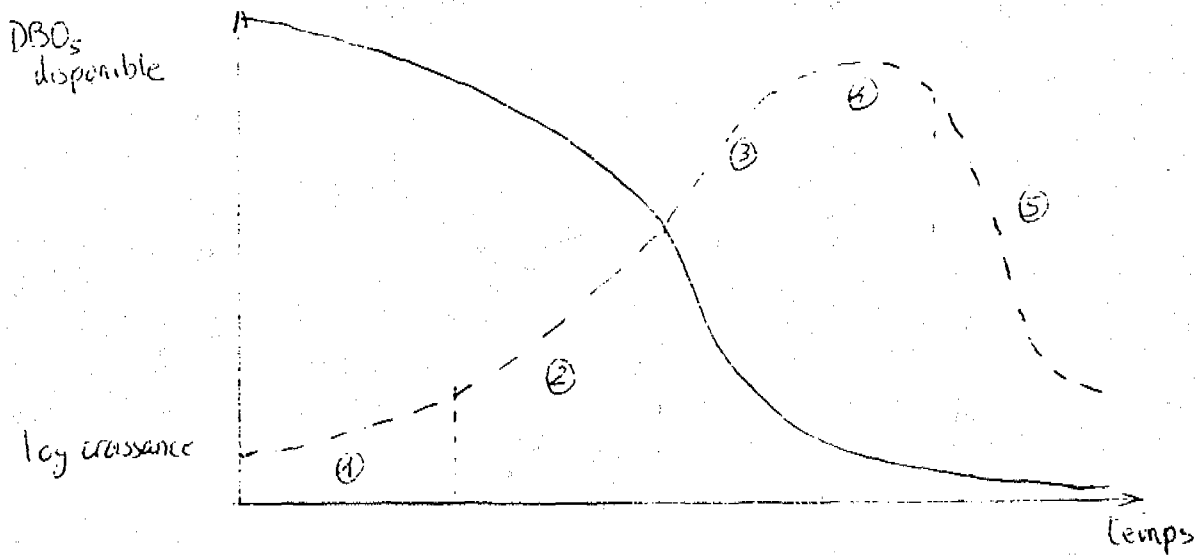
- oxydation de la matière organique avec production d'énergie pour le catabolisme (synthétisation de la matière vivante)

Matière organique +  $O_2$  +  $NH_3$   $\xrightarrow{\text{enzymes}}$  cellules nouvelles +  $CO_2$  +  $H_2O$

- auto-oxydation progressive de la masse cellulaire : respiration endogène

cellules +  $O_2$   $\xrightarrow{\text{enzymes}}$   $CO_2$  +  $H_2O$  +  $NH_3$

Réalisons une culture bactérienne en discontinu, c'est-à-dire dans un récipient contenant au départ une certaine quantité de matière organique qui n'est pas renouvelée :



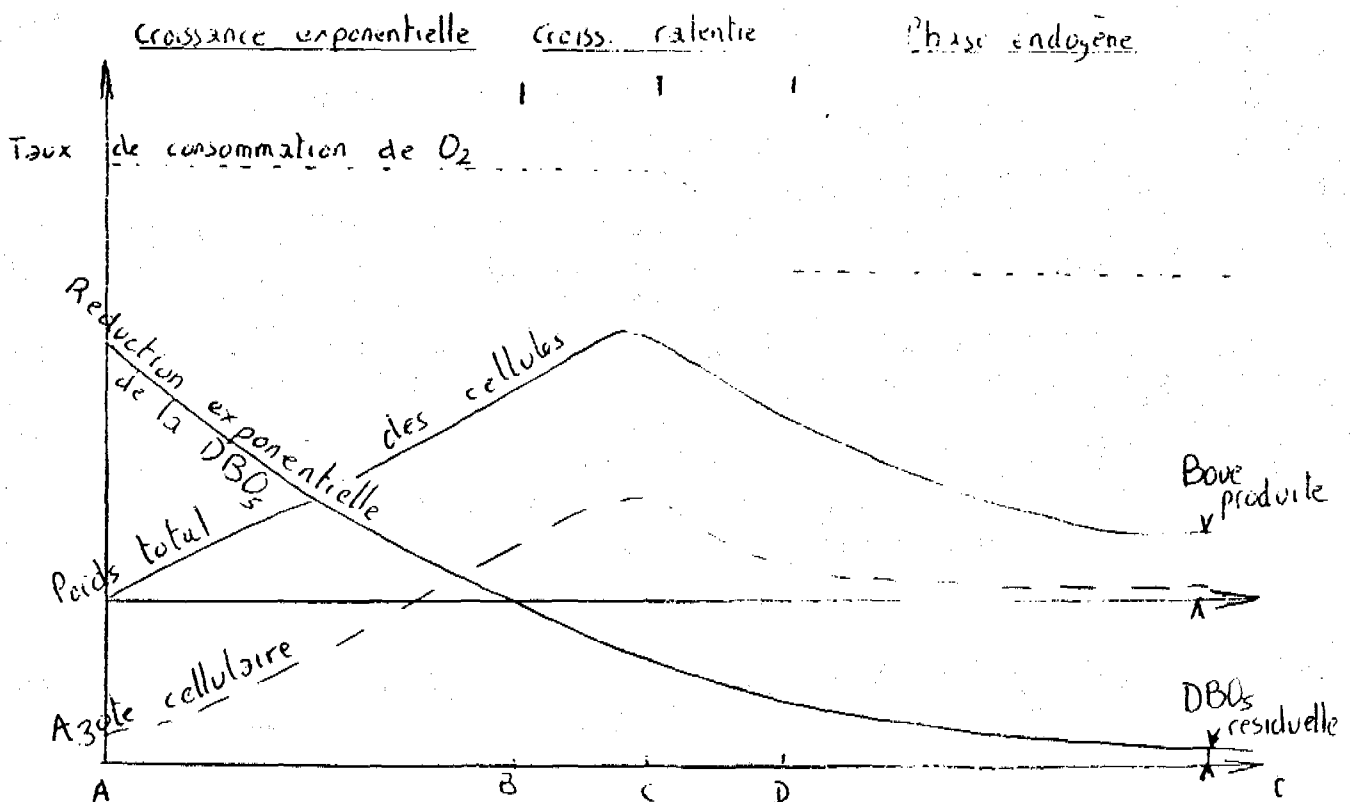
1 : phase de latence, les microorganismes s'acclimatent au milieu nutritif. Le taux de croissance est faible.

2 : phase de croissance à vitesse constante, appelée phase exponentielle. La vitesse observée est égale à la vitesse de synthèse, le phénomène de respiration endogène est négligeable.

3 : les microorganismes se développent, la quantité de substrat diminue et la vitesse de croissance diminue.

4 : le substrat est complètement dégradé, la vitesse de croissance est nulle.

5 : la masse des microorganismes décroît : c'est le phénomène de respiration endogène.



Dans ce cas, la souche bactérienne se développe sur un substrat unique, le glucose (exemple d'après Eckenfelder).

En réalité le phénomène est plus complexe dans le cas d'une eau usée contenant de nombreuses matières organiques qui sont dégradées par une population diversifiée de microorganismes.

En réalité, l'épuration n'est pas réalisée de façon discontinue, elle a lieu dans un aérateur en continu, où un débit d'eau usée est mis en contact avec la population microbiologique épuratrice. Suivant le temps de contact et la masse de microorganismes, on se trouve dans l'une des phases qui viennent d'être décrites.

## b) Besoins en oxygène

### 1) oxydation de la matière organique

La DCO éliminée (quantité de matières oxydables) va permettre d'une part, la synthèse de la matière vivante et d'autre part, la fourniture d'énergie nécessaire pour cette synthèse.

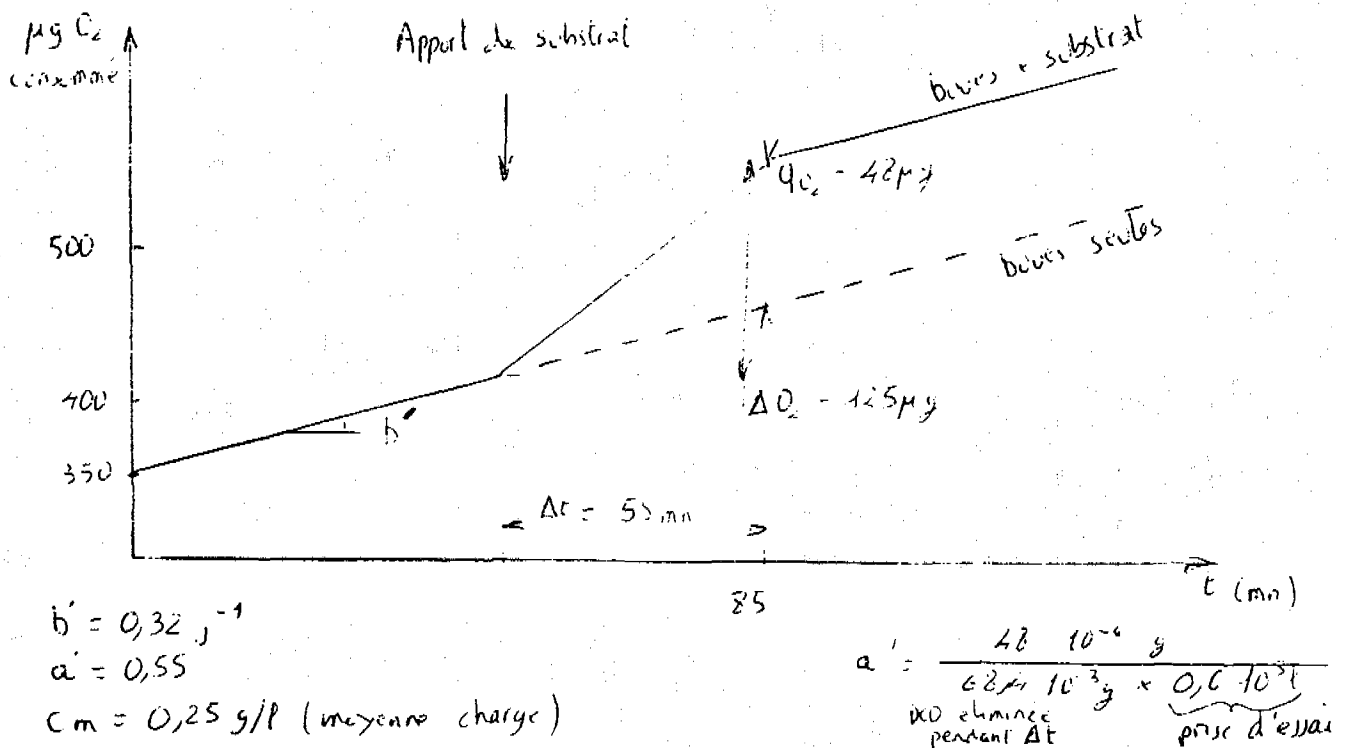
### 2) Respiration endogène

La matière vivante (formée) disparaît à l'oxydation, surtout en absence de pollution organique, ce qui consomme une certaine quantité d'oxygène.

### 3) Besoins théoriques en O<sub>2</sub>

Besoins théoriques en O<sub>2</sub> = a' x DBO éliminé + b' matière vivante  
(kg/j) (kg/j) dans l'aérateur en kg

Test respirométrique à 2°C de GILSON



c) Production de boues biologiques

La production de boues à 3 origines :

- matière minérale non dégradable
- matière organique non dégradable
- matière vivante synthétisée - microorganismes

Mais une partie de cette matière vivante synthétisée est autoxydée, elle correspond à la respiration endogène.

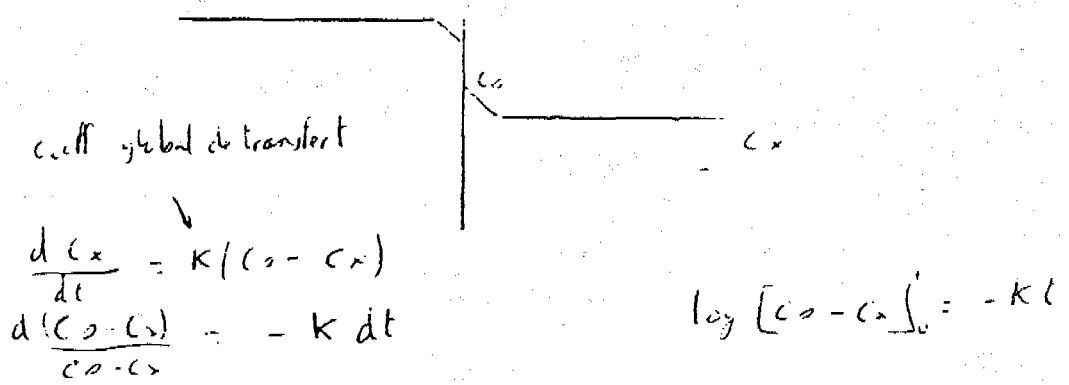
Capacité d'oxygénation nominale : (pour des conditions expérimentales données)

C.O.N. = masse de O<sub>2</sub> par le système unité de temps et unité de volume (g/hm<sup>3</sup>)

O = 10° pression atmosphérique CO<sub>2</sub> = 0 (départ)

Phénomène de transfert  
AIR

EAU



Tracer la courbe (boues activées avec ses microorganismes détruits)

$$\log \frac{C_s - C_x}{C_0} = f(t) \quad K$$

d) Besoin en élément nutritif

Formule des cellules synthétisées : C<sub>106</sub> H<sub>180</sub> O<sub>45</sub> N<sub>16</sub> P

On admet les apports : DCO/N/P = 150/5/1

DBO/N/P = 100/5/1

## II) Boues activées :

### a) Principe :

Dans les conditions idéales d'aération, les micro-organismes d'une eau visée se multiplient et s'agglomèrent en petits flocons appelés flocons qui se séparent très bien de la phase liquide au repos (réacteur parfaitement agité).

C'est le rôle du clarificateur qui sépare la boue de l'eau clarifiée, une partie des boues est renvoyée dans l'aérateur pour le reensemencement permanent et l'autre en excès est éliminée et doit faire l'objet d'un traitement séparé. L'âge des boues est de 15 à 20 jours dans les procédés classiques.

### b) Paramètres de fonctionnement :

- Charge massique  $C_m$  ou facteur de charge

$$C_m = \frac{\text{Flux journalier de pollution Kg DBO5/jour}}{\text{Masse de boues contenues dans le réacteur Kg de MS}}$$

$$C_m = \frac{Q \times L_o}{V \times s/\text{Total}} = \frac{L_o}{T \times St}$$

$$C'_m = \frac{Q \times L_o}{V \times s/\text{Volatile}} = \frac{L_o}{T \times Sv} \quad (\text{plus logique mais peu usité})$$

- Charge volumique

$$C_v = \frac{Q \times L_o}{V} = \frac{L_o}{T} \quad \text{Kg DBO5/g} \times \text{m}^3$$

- Age de la boue

$$A = \frac{St}{\Delta St} \quad \text{Kg/jour (éliminé)}$$

$$A = \frac{Sv}{\Delta Sv} \quad \text{Kg/jour (éliminé)}$$



- **Indice de Mohlmann**

Il mesure la décantabilité de la boue. C'est le volume occupé par un gramme de boue après une demi-heure de décantation.

$$IM = \frac{V}{P} \quad \text{Boues bien décantables : } 80 < IM < 150$$

c) Plages de fonctionnement - traitements :

- Procédé par aération extensive, appelée aération prolongée ou oxydation totale.

$$0,02 < C_m < 0,1$$

Ce procédé correspond à la zone de respiration endogène (5)

rendement = 99 %

A > 12 jours

(la production de boue en excès est faible - exemple : chenaux d'oxydation)

- Procédé conventionnel correspondant à une charge massique moyenne

$$0,2 < C_m < 0,5$$

rendement = 95 %

T = 4 à 6 heures

(il y a formation importante de boues)

Ce procédé correspond à la zone 3 et 4, après croissance exponentielle (croissance restreinte)

- Procédé à forte charge

$$1,5 < C_m < 2,3 - 5$$

rendement = 70 %

Ce procédé correspond à la phase de croissance exponentielle

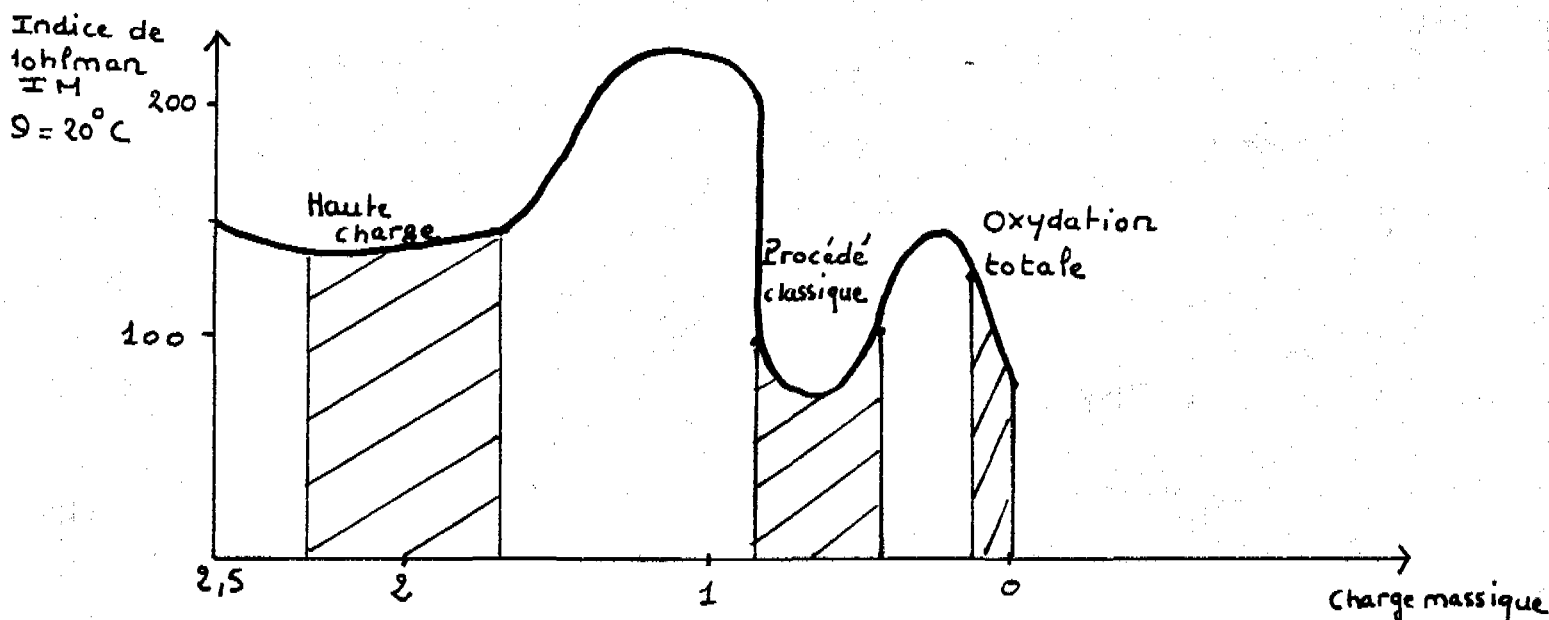
(apport important de DBO5 et élimination de grandes quantités de boues)

	Cm	a'	b'
Faible charge	0,1	0,65	0,065
Moyenne charge	0,2	0,59	
	0,3	0,56	
	0,4	0,53	
Forte charge	0,5	0,50	0,080

d) Décantabilité des boues biologiques :

Les boues biologiques sont séparées de l'eau clarifiée dans un décanteur.

Du résultat de l'épuration dépend le rendement de la décantation qui doit être de l'ordre de 99%.



Si l'IM > 200 (500) les boues sont malades : le phénomène de "bulking" empêche la décantation normale des floes, il s'agit d'une croissance exagérée de bactéries filamenteuses souvent provoquée par la grande richesse de l'effluent en substrat facilement dégradable (industries alimentaires).

- L'arrivée de toxiques réduit l'activité biologique et détruit les floes,
- Il faut doser l'aération suivant la pollution.

Vitesse ascensionnelle limite adoptée généralement pour la clarification :

$$V < 2 \text{ m/h (débit de pointe de temps sec)}$$

Pour une installation en aération prolongée :  $V > 0,5 \text{ m/h}$

(Réseau unitaire :  $1 \text{ m/h}$ )

(Réseau séparatif :  $0,8 \text{ m/h}$ )

Relation entre IM et la concentration des boues en retour :

$$\text{IM} = \frac{\text{Volume de boues en cm}^3}{\text{Poids de matières sèches en g}}$$

$$\text{Concentration des boues recyclées exprimée en Kg/m}^3 < \frac{1,2 \cdot 10^3}{\text{IM}}$$

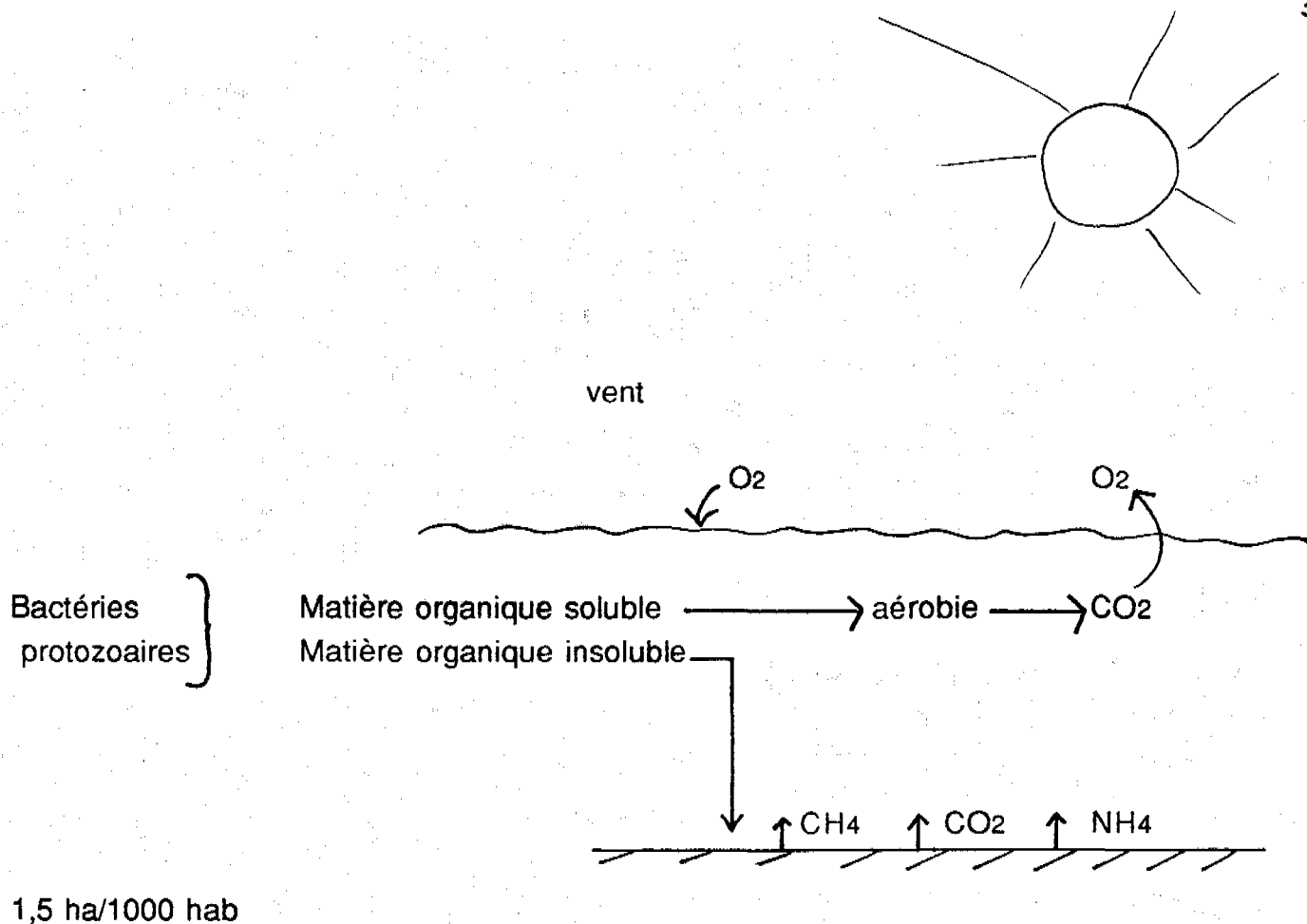
(en considérant que la concentration des boues au fond du clarificateur est au plus égal à  $1,2 \times$  celle mesurée dans l'éprouvette, les temps de décantation étant très différents,  $1/2 \text{ h}$  à  $2 \text{ h}$ ).

### C) Le lagunage :

Le lagunage est pratiqué dans les régions très ensoleillées, dans des bassins de faible profondeur, on peut obtenir une épuration de type aérobie grâce à un développement bactérien actif, l'oxygène nécessaire étant fournie par la photosynthèse des algues vertes qui prolifèrent, si le milieu est bien équilibré en substrats. L'inconvénient est le dépôt qui se produit à la longue et qui reste en phase anaréobie.

#### a) Lagunage non aéré :

Ce traitement demande des volumes importants avec des temps de séjour de l'ordre de 30 à 60 jours.



On peut prévoir plusieurs besoins en série :

Profondeur de 0,50 m à 1,20 m.

Problèmes : odeurs, moustiques.

b) Lagunage aéré :

En fournissant l'oxygène par un moyen mécanique, on réduit les volumes nécessaires et on peut accroître la profondeur. L'homogénéisation doit être parfaite, les dépôts ne se produisent plus.

Le temps de séjour est réduit à environ 5 jours avec un rendement de l'ordre de 80 % ; il n'y a pas de recyclage des boues.

Certains rejets industriels peu chargés en matières en suspension sont traités par ce procédé (DBO5 de 300 à 1 500 mg/l) : Conserverie, industrie chimique : cockeries (phénols) qui est valable pour les produits organiques très lentement biodégradables. Le brassage est effectué par des turbines fixées sur des flotteurs, amarés au centre du bassin.

- Fonctionnement à forte charge : charge hydraulique de  $3,6 \text{ m}^3/\text{m}^3 \text{ jour}$  ( $0,8 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$ ).

Le débit y est plus important ce qui provoque l'érosion de la zooglie et une meilleure oxygénation, le passage de l'effluent est plus rapide, ce qui exige une recirculation du débit après clarification.

Les boues sont moins transformées et doivent donc être piégées par un décanteur secondaire (moins d'odeur).

L'épaisseur du gazon est limitée à 1 mm.

Rendement : 66 % (sans recyclage)  
85 % (avec recyclage)

Hauteur du lit : 2 à 3 m.

b) Lits mobiles immergés : disques biologiques rotatifs :

Le lit constitué d'un empilement de disques en polystyrène de diamètre de 1 à 3 m et espacés de 20 mm, tourne autour d'un axe (vitesse de 1 à 2 tours mn) et baigne sa partie inférieure dans une cuvette où les eaux usées et prédécantées sont admises.

Une culture biologique se développe et tapisse la surface des disques.

Immersion : la zooglie absorbe les M.O.

Emerision : oxygénation de la zooglie

Les boues en excès se détachent des disques et sont récupérées dans un décanteur secondaire.

(1 équivalent habitant -----> 1 disque de  $2 \text{ m}^2$  rendement = 80 %)

Faible dépense d'énergie : 220 Wh/Kg DBO5 éliminée

Sensibilité au gel et aux intempéries : local couvert et clos.

Les charges massiques admises sont fortes.

E) Voies anaérobies :

Ces traitements sont généralement réservés à la réduction de la teneur en M.O. fermentescibles des boues résiduaire : digestion.

Ils sont utilisés dans le cas où les rejets sont à très haute concentration de pollution, c'est le cas de certaines industries : Féculeries, abattoir, distillerie, industries chimiques.

Les eaux usées sont envoyées dans un digesteur puis ressortent épurées pour être séparées des boues par décantation qui sont renvoyées dans le digesteur.

Les rendements sont de 90 % environ, mais comme les eaux sont très chargées au départ, il est nécessaire de faire un traitement complémentaire pour affiner l'épuration (aérobiose).

La conduite de ces installations est difficile, pH,  $\theta$  (30 - 35°C), charge polluante.

De plus, un dégazage sous vide s'impose avant la décantation.

Exemple : Fosses septiques.

#### F) Décantation secondaire - clarification :

**But** : séparer les boues biologiques de l'effluent.

**Recyclage** : toutes les boues ne sont pas diminuées, une partie est recyclée dans le bassin d'aération ou sur l'étage biologique.

**Elimination** : Les boues en excès sont généralement envoyées en tête dans le décanteur primaire

**Charge superficielle d'un décanteur secondaire en débit maximum** :

$\leq 2,2$  m/h      réseau unitaire

$\leq 2$  m/h      réseau séparatif

**Cas de l'aération prolongée** :       $< 1$  m/h

La décantation secondaire est plus délicate dans les systèmes à forte charge.

#### IV) Traitement des boues :

Il faut éliminer 2 sortes de boues : boues primaires et boues secondaires qui sont généralement mélangées pour être traitées afin de les stabiliser et d'en réduire leur volume.

##### 1) Caractéristiques d'une boue :

Concentration en matières sèches ou siccité

Teneur en matières volatiles ou organiques

Viscosité : problèmes de passage

Epaississement :

Filtrabilité : résistance spécifique

Centrifugabilité : aptitude sous l'action d'un champ d'accélération élevée.

	Résidu sec g/hab jour	Teneur en eau %	Q de boues l/hab jour
Boue 1ère fraîche	54	97,5	2,16
Boues fraîches	74	95	1,48
Lit bactérien (1ère et 2e mélangées)			
Boues activées (2e fraîches)	31	99,3	4,43
Boues activées (1ère et 2e fraîches)	85	95	1,87

## 2) Digestion :

### Aérobie :

Elle se fait avec des aérateurs de surface, qui ne doivent pas détruire les floccs.  
On se trouve en respiration endogène : autoxydation des cellules (minéralisation).

Réduction des M.O. : 30 à 35 %

$T_s = 12 \text{ s} \pm 2$

Par élévation de la température on peut diminuer le temps de séjour ( $T = 10/12$  jours).  
La concentration des boues reste élevée, il faut prendre en considération la puissance des aérateurs nécessaire au brassage.

Charge :  $2 \text{ kg/m}^3$  jour à  $3 - 4 \text{ Kg/m}^3$  jour ( $1,4 \text{ Kg O}_2/\text{Kg DBO}_5$  entrant à la station munie d'un décantateur primaire). ( $0,74 \text{ Kg O}_2/\text{Kg DBO}_5$  sans décantation)

Cette méthode de stabilisation est la plus rapide.

### Anaérobie :

La fermentation des boues se fait en absence d'oxygène (enceintes closes). Les matières organiques s'hydrolysent d'abord puis se minéralisent avec production de CH<sub>4</sub>, de CO<sub>2</sub>, de N<sub>2</sub>, de NH<sub>4</sub>, de Soufre.

Il faut attendre 5 mois avant d'atteindre une maturation convenable après un démarrage (une fermentation acide est suivie d'une fermentation basique).

On évite la phase acide par adjonction de chaux.

1000 l/de CH<sub>4</sub>/Kg M.O. détruite      65 à 70 % de CH<sub>4</sub> dans le gaz produit

PCI = 5700 à 6200 Kcal/m<sup>3</sup>.

Le méthane récupéré sert à chauffer les digesteurs dont la température est maintenue à 30°C environ (optimum 35°C) (gazomètre).

Temps de séjour : 10 jours (forte charge) à 35 jours (moyenne charge)

6,8 < PH < 7,8 Charge : 1 à 3 Kg M.O./j.m<sup>3</sup>

Il faut provoquer un brassage par des pompes de recirculation ou par des circulations de gaz. L'investissement est supérieur aux installations aérobies.

La digestion anaérobie est prévue généralement en deux étapes en série :

élimination de 60 à 70 % des M.O. (> 45 %)

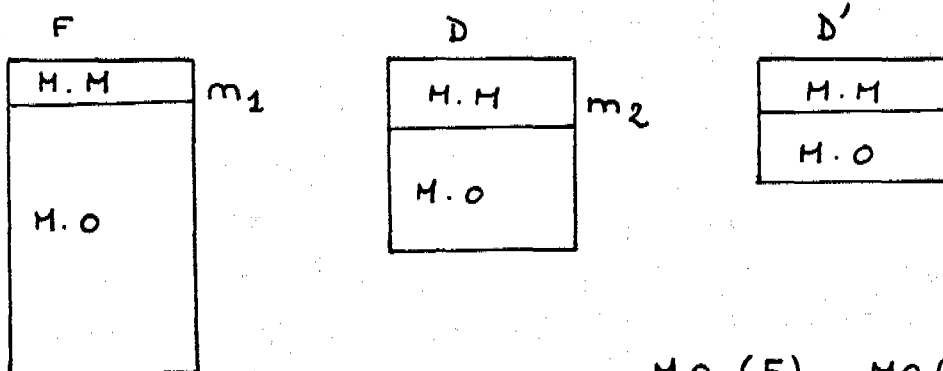
élimination de 99 % des germes pathogènes

Exercice : Taux de réduction des M.O.

$$X = 1 - \frac{m_1 (100 - m_2)}{m_2 (100 - m_2)}$$

m<sub>1</sub> : matière minérale des boues fraîches

m<sub>2</sub> : matière minérale des boues digérées



$$X = \frac{M.O (F) - M.O (D')}{M.O (F)}$$

M.O (F)

(ramener à l'unité de M.M dans chaque cas)



Les boues digérées sont stabilisées, elles ne présentent plus de mauvaises odeurs (et n'attirent plus les mouches, la couleur est noire).

3) Epaississement :

Il peut être réalisé par décantation , par flottation (boues activées), par élutriation (lavage des boues, élimination des matières fines).

4) Conditionnement :

But : Flocculer la boue pour en faciliter la séparation de l'eau par filtration ou centrifugation.

a) chimique :

chlorure ferrique + chaux

sulfate d'Alumine  $Al(OH)_3$  - polyélectrolytes ionique (ou non ionique)

Fe  $Cl_3$  : 4 à 10 % des M.S.

Neutralisation CaO : 4 à 20 % des M.S.

b) thermique :

Systemes Porteus, Von Rull

Les boues sont cuites à 180°C dans un échangeur à des pressions allant de 13 à 20 bars (siccité > 15 %) pendant 60 minutes environ (transformation irréversible de sa structure physique : colloïdes détruits).

Les boues sont stérilisées.

(part non négligeable de la pollution sous-forme de M.O. dissoutes lors de la cuisson).

c) divers :

Pasteurisation : 70°C

Oxydation

Electrosmose

5) Déshydratation :

a) Drainage naturel :

Elles sont épendues sur un lit de séchage, constituée d'une étendue de sable drainée (Filtration et évaporation).

Cette technique est valable dans les régions ensoleillées  
(0,2 à 0,6 Kg MS/m<sup>2</sup> jour)

Digestion anaérobie	10 à 15 hab au m <sup>2</sup> avec 1 étape
	7 à 12 hab au m <sup>2</sup> avec 2 étapes
Digestion aérobie	5 à 10 hab au m <sup>2</sup>

b) Filtration sous pression :

Siccités les plus élevées

Pour batteries de filtres presses :

durée du cycle : 1,5 h à 6 h

siccités : 35 à 50 %

production : 2 à 10 Kg MS/m<sup>2</sup>h

résistance spécifique < 5 . 10<sup>12</sup> cm/g

Frais d'investissements importants.

Les débatissages sont devenus automatiques, le nettoyage continu de la toile efficace.

Autres modèles de filtres :

- filtre verticale à filtration sous-pression progressive
- filtre à bandes pressantes Siccité : 20 à 35 %  
(égouttage, pressage, évaluation) (Floc Press de Degremont)

c) Filtration sous-vide :

Filtres à tambour à sortie de toile permettant un lavage continu. Dans le cas de boues très colmatantes, les filtres à précouches sont utilisés :

Siccités : 20 % à 25 %                      20 Kg MS/m<sup>2</sup>h

Résistance spécifique < 5.10<sup>11</sup> cm/g

Autres modèles : Filtres sur disque, sur tamis vibrant.

d) Centrifugation :

Marche en continu.

Cette technique a fait des progrès : (axe horizontal)

- amélioration de conception des séparateurs centrifuges (forme du bol, angle de conicité du bol, pas de la vis d'extraction).
- meilleure connaissance de la séparation centrifuge (choix des vitesses de rotation absolue "machine", de la vitesse relative "entre bol et vis", des débits, du conditionnement par des polyélectrolytes.

Il faut éviter une concentration en MS élevé du centrât. Une protection efficace doit être prévue sur la machine entre l'abrasion, l'usure de la vis transporteuse est inévitable.

Siccité : 26 à 28 %.

Applications possibles : papeteries - boues hydroxydes, transformation de pommes de terre, de laiteries.

6) Compostage - séchage thermique - incinération :

a) Compostage :

Après déshydratation mécanique : 60 à 80 % d'eau (produit pelletable).

Utilisation directe pour l'agriculture ou avec un compostage préalable.

Provoquer et accélérer un processus de pourrissement de durée environ 10 jours à 60 - 65°C.

Ce traitement peut être combiné avec les ordures ménagères.

b) Séchage thermique :

Il s'applique quand il existe à proximité un flux thermique important dont on peut profiter, et pour améliorer les possibilités de commercialisation du produit final ayant une siccité de 80 % environ (comparable à un compost).

Fours à sols étagés  $\theta = 200$  à  $300^{\circ}\text{C}$ .

### c) Incinération :

Différentes phases d'incinération :

- phase de réchauffage des boues ou de l'air comburant
- chauffage à 180°C (eau liée)
- 300 à 400 °C : allumage des boues
- 800 à 1020 °C : combustion totale.

L'incinération réduit au minimum le volume final du résidu, qui est stérile.

P.C.I. = 5000 Kcal/Kg des M.O. présentes dans les boues résiduelles.

Les boues ont été préalablement déshydratées.

Besoins calorifiques pour la combustion : vaporisation de l'eau résiduelle.

L'autocombustion se fera si les M.O. contenues dans les boues sont suffisamment importantes.

Dans le cas contraire, il est nécessaire d'y adjoindre du fuel d'appoint. Le rendement thermique du four joue aussi un rôle important au niveau de la récupération des calories.

### Différents types de fours :

- Fours à soles
- Fours à lit fluidisé (fumée à 760° C - Lit de sable en mouvement)
- Fours à tube rotatif (séchage et incinération sont combinés)
- Fours ELF pour l'incinération directe de liqueurs très chargées (produits pétroliers de combustion difficiles).

## V) Traitements Tertiaires :

### 1) Introduction :

Les traitements tertiaires sont des traitements complémentaires des eaux usées, déjà épurées par des procédés classiques, qui consistent généralement en des prétraitements, un traitement primaire et un traitement secondaire (biologique). Ils ont comme objectifs d'améliorer la qualité de l'eau rejetée, et donc celle du milieu naturel récepteur (éviter la pollution de germes pathogènes et l'eutrophisation).

Les objectifs à atteindre sont ceux des niveaux de qualité énoncés dans la circulaire du 4/11/80 :

, NK1, NK2, NGL1, NGL2, PT1 et PT2.

## 2) Elimination de la pollution azotée :

Formes diverses de l'azote dans la nature :

N <sub>2</sub>	(air) gaz	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	ammoniac	N composant organique
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	nitrite	
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	nitrate	

L'élimination de N peut être réalisée par voie biologique ou chimique.

### 2-1) Voies physico-chimiques :

- Alcalinisation (chaux) à pH = 11 -----> stripping pour éliminer  $\text{NH}_3$   
 Réaction difficile par temps froid ; rendement : 70 %  $\text{NH}_3$  éliminé (voir schéma 11)

- Echangeur d'ion

Fixation sur résine (cliptonilolite, régénérée par NaCl) de l'ion  $\text{NH}_4^+$

Cet investissement est coûteux, il peut convenir à de petites installations.

- Chloration

Déconseillée à cause des effets du chlore résiduel sur le milieu naturel.

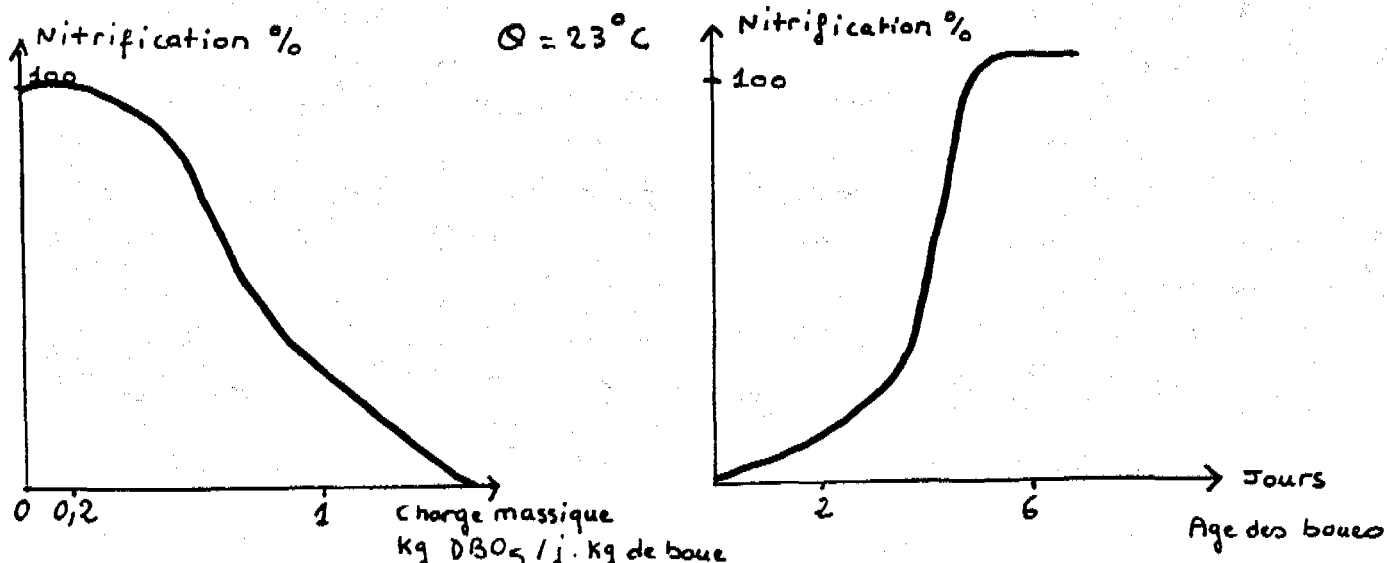
### 2-2) Voies biologiques :

- Nitrification :

L'azote aminé organique et l'azote ammoniacal sont oxydés en nitrites, sous l'action de bactéries (nitrosomonas), qui sont eux-mêmes oxydés en nitrates sous l'action de bactéries différentes (nitrobacter).

Les temps de séjour doivent être suffisamment long.

Dans ce cas, l'activité bactériologique de l'épuration normale se trouve ralentie.



L'âge des bactéries nitrifiantes est définie en fonction de la température  
10,2 jours (15°C) < Age < 16 jours (10°C).

Les rendements baissent avec la température (> 8 °C)

C'est un traitement aérobie qui peut être conçu avec les traitements biologiques classiques, l'effluent à tendance à devenir acide.

- Bassin de boues activées avec décanteur (voir schéma 5-1 au 5-5)

- Lits bactériens avec décanteur

$C_m(N) = 10 \text{ g N (NH}_3) / \text{m}^2.\text{j}$  (voir schéma 4-1)

- Lits granulaires avec injection d'air et filtres

$C_m(N) = 1000 \text{ g N (NH}_3) / \text{m}^3.\text{j}$  (voir schéma 6-2)

Les niveaux de qualité atteints sont : (NK2) NK3

"azote ammoniacal et azote organique"

- Dénitrification :

La nitrification peut -être suivie d'une dénitrification, elle se produit dans un milieu absent d'oxygène. Les bactéries utilisant l'oxygène des nitrates et il y a dégagement de N2.

(attention, à l'entraînement des boues à la surface des décanteurs par N2), l'effluent à tendance à devenir alcalin.

Niveau de qualité NGL1 :

Atteint avec des traitements biologiques à très faibles charges classiques en créant des phases anoxies : tête biologique ou zone du bioréacteur (voir schéma 5-2)

Niveau de qualité NGL2 :

Rendement en NK : 94 % NH4+ : 98 %

Atteint avec deux étages en série ; comportant chacun une zone anoxie (dénitrification) puis une aération (nitrification), ensemble suivi d'une décantation avec recyclage des boues en tête du 1er étage (voir schéma 5-3).

Atteint avec une filière de nitrification, étage en zone anoxie avec apport de composés carbonés (méthanol ou mélasse), avec recyclage des boues récupérées par clarification (voir schéma 5-5 + 6-3).

(NGL : azote ammoniacal + azote organique + azote nitreux + azote nitrique).

### 3) Élimination de la pollution phosphorée :

Pour éviter l'eutrophisation des rivières, par développement des M.O. il suffit d'éliminer le P ou le N, sur l'équilibre C/N/P = 100/16/1

Origine : détergents et organiques

Généralement P ( $\text{PO}_4^{--}$ ) est éliminé :

1 mg -----P-----> synthèse de 75 org. M.O. (algues)

↓ destruction  
DBO5 de 160 mg

Avec une épuration biologique de niveau e, 40 % du P est éliminé.

#### 3-1) Précipitations :

- par les sels de fer ou d'alumine (hydroxyde)

Une molécule d'hydroxyde est nécessaire pour précipiter une molécule de phosphate. La toxicité des sels d'aluminium est moins importante que celle des sels de fer.

Le coagulant est introduit dans la partie en aval du bassin d'aération classique (boues activées) pour provoquer la précipitation des phosphates (précipitation simultanée la moins coûteuse)

(voir schéma 10)

Le niveau de qualité PT1 est atteint

- par la chaux

Le phosphate de Ca est insoluble. Le pH doit être aux environs de 11 (rendement = 98 %)

$\text{NH}_3$  peut se dégager.

Floculation puis clarification, sur effluent brut.

(Voir schémas 1-1 ou 1-2)

Le niveau de qualité PT1 est atteint.

- après épuration biologique classique (Suède)

Floculation  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  puis clarification.

Le niveau de qualité PT2 peut être atteint.

3-2) Filtration :

La filtration est complémentaire aux traitements de précipitation précédents (sauf le dernier).

- après la précipitation dans le bassin biologique  
Le niveau de qualité PT2 est atteint.

- après floculation-décantation sur effluent brut (voir schéma 1-1 ou 1-2)  
Le niveau de qualité PT2 est atteint.

3-3) Traitement biologique :

(Dépôt aux U.S.A.)

Grâce à l'activité de certaines bactéries, 80 % des phosphates dissous peuvent être éliminés.

Cultures d'algues.

3-4) Electrocoagulation :

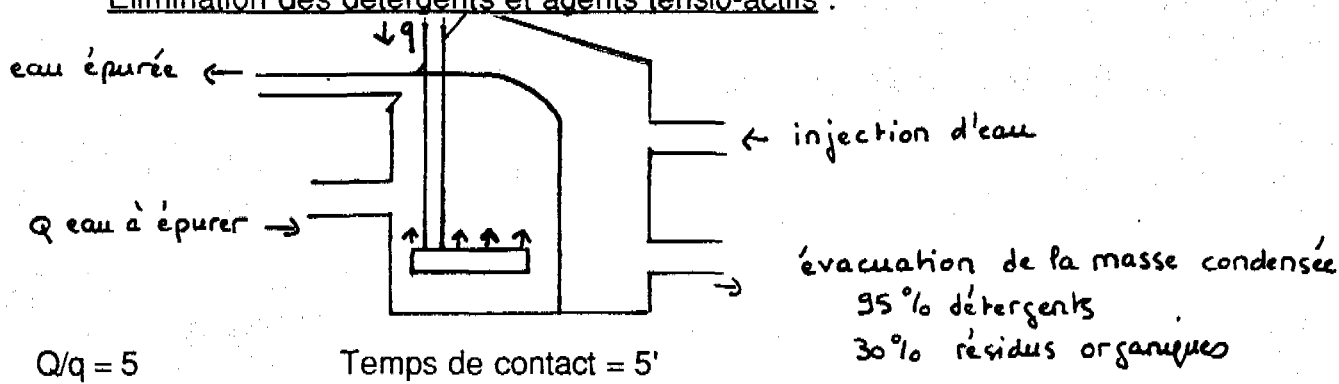
Technique utilisée pour éliminer les phosphates des effluents industriels :  
electrolyse où l'anode soluble (Fer et Aluminium) produit des ions métalliques qui réagissent sur les phosphates et les font précipiter.

4) Lagunage :

Si le climat, les terrains (emplacement important) conviennent, il peut être envisagé de placer ce traitement à l'aval d'une station d'épuration classique. Les lagunes de finition, si elles sont insuffisamment importantes, peuvent être équipées de systèmes aérateur de surface.

5) Moussage :

Elimination des détergents et agents tensio-actifs :





6) Procédés de dessalement :

- Evaporation
- Echangeur d'ions
- Electrodialyse
- Osmose-inverse

7) Polissage de l'eau :

Elimination plus poussée des M.O. d'un effluent secondaire.

- Flocculation, décantation puis filtration (sur sable)

Filtres rapides (V Filtration = 4 à 9 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>h)      DBO<sub>5</sub> 52 à 70 %      MES 72 à 91 %

- Microtamisage : Les floccs bactériens résiduels sont piégés.

Ce sont des tamis très fins, en fil d'acier inoxydable : cylindre rotatif radé à l'intérieur.

Les pertes de charges sont faibles, les charges volumiques importantes,

l'encombrement faible : maille 0 = 23 µ

maille 1 = 95 µ

maille 2 = 65 µ

- Traitement par charbon actif (granulés) :

Temps de contact optimal : charbon actif pulvérulent = 3' à 5'

charbon actif granuleux = 15' à 30'

200 à 300 g de produit polluant/Kg de charbon.

- Cendres volantes (Ohio U.S.A.)

Phénomène d'adsorption des polluants réfractaires en mélangeant l'effluent aux cendres volantes.

Ensuite, sédimentation aidée par une coagulation au sulfate d'alumine et à la chaux ou autre coagulant synthétique.

- Chloration pour éliminer des germes pathogènes :

(technique coûteuse évaluée à 18 F/Kg Cl<sub>2</sub> en 1978)

"il faut atteindre le break point" Attention au milieu naturel.

Les traitements à l'ozone sont encore plus onéreux, mais ils abaissent la DCO et la teneur en carbone organique total, en diminuant odeur et coloration.

(La micellisation-démicellisation : microfiltration avec maille de 23  $\mu$ , ozonation, filtration rapide sur sable - Procédé Anglais).

- Décoloration :

Problèmes posés par les rejets industriels : teintureries, tanneries, fabriques de pâte à papier.

Les matières organiques responsables de la coloration sont peu ou pas biodégradables.

Pigments insolubles : Flocculation

exemple : pâte à papier Kraft blanchie :

précipitation à la chaux pH = 12

décantation (chaux + carbonate de Ca sous forme de carbonate)

(précipitation de la chaux par injection de CO<sub>2</sub>)

déshydratation des boues récupérées.

Traitements biologiques

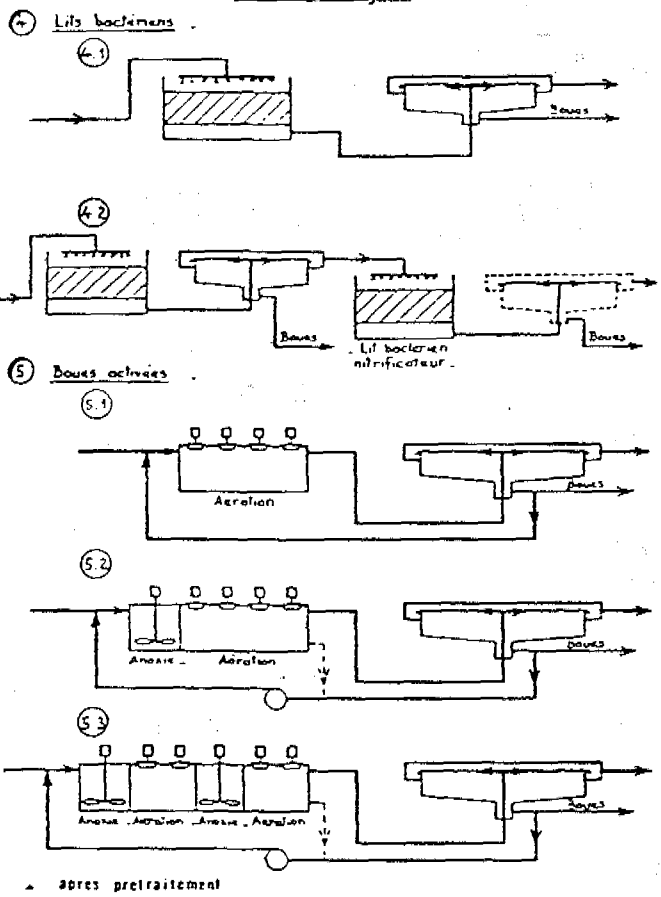


Fig. 3 : Traitements biologiques.

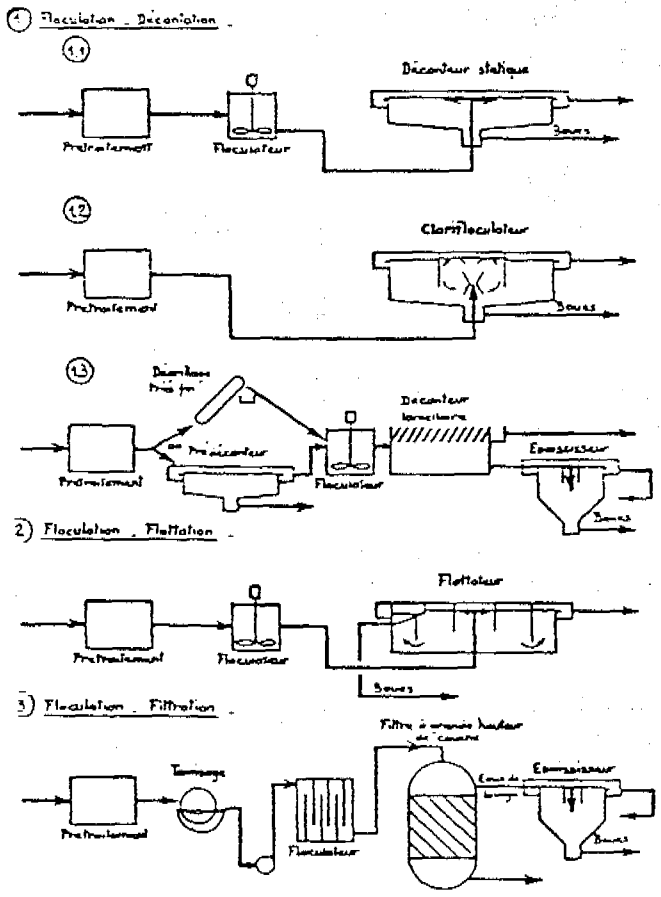


Fig. 2 : Traitements par floculation-clarification.

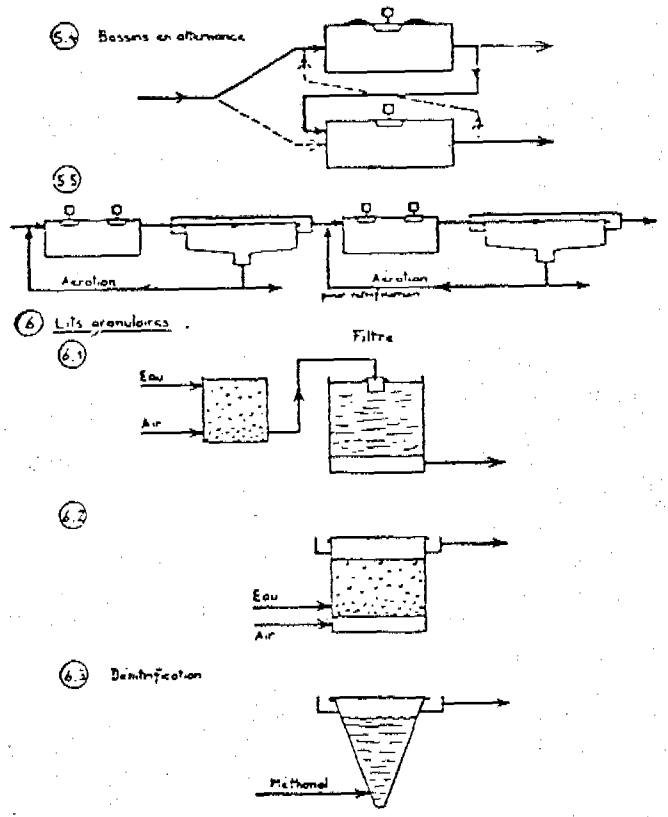


Fig. 4 : Traitements biologiques (suite).

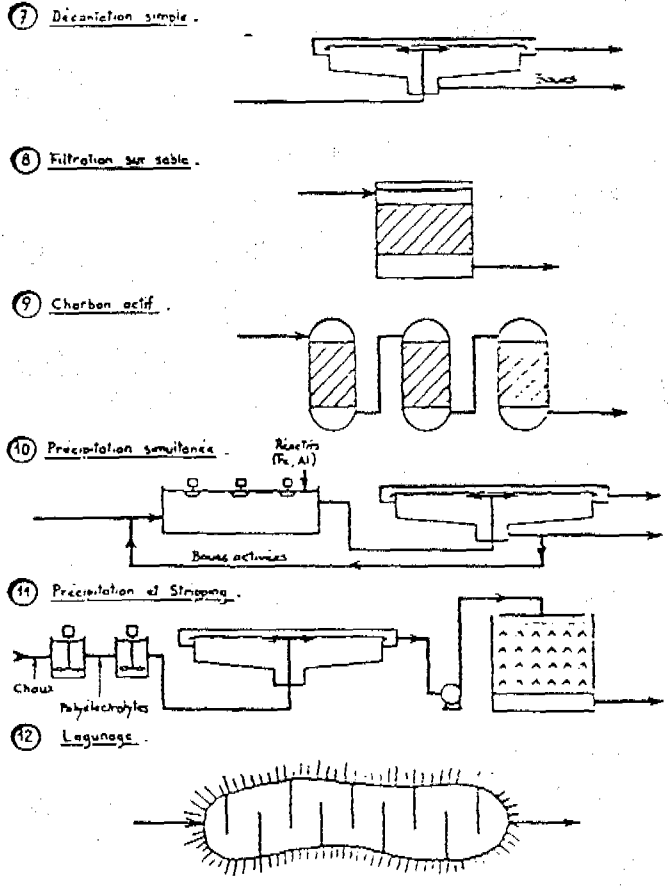


Fig. 5 : Traitements divers.

## Performances des chaînes de traitement ERU

N°	Filière	MES		DBO5		DCO		NTK		P	
		Rende-ment %	Con-cent. mg.l-1	Rende-ment %	Con-cent. mg.l-1	Rende-ment %	Con-cent. mg.l-1	Rende-ment %	Con-cent. mg.l-1	Rende-ment %	Con-cent. mg.l-1
1	Décantation primaire	40-60	----	20-35	----	20-35	----	5-10	----	n.s.	----
2	Traitement physico-chimique	80-95	20	40-65	100	40-65	150	10-15	50	80-90	1
3	BA - moyenne charge	90	30	90-95	30	80	90	15	50	n.s.	----
4	Aération prolongée	90	30	95-98	20	80	90	90 (1)	5	n.s. (2)	----
5	Décantation primaire et BA à moyenne charge	90	30	90-95	30	80	90	15	50	n.s. (3)	----
6	Décantation primaire et BA à faible charge pour nitrification	90	30	95	20	80	90	90 (1)	5	n.s. (2)	----
	Décantation primaire et lit bactérien	85	45	80	60	75	120	10-15	55	n.s.	----
8	Traitement physico-chimique et lit granulaire pour pollution carbonée	95	15	90	30	80	90	15	50	80-90	1
9	Traitement physico-chimique et lit granulaire pour pollution carbonée et azotée	95	10	95	10	90	50	85	10	80-90	1
10	Décantation primaire BA à moyenne charge et filtration sur sable	95	10	95	10	90	50	15	50	n.s. (3)	----
11	Décantation primaire, BA à moyenne charge et lit granulaire pour pollution azotée	95	10	95	10	90	50	90	5	n.s. (3)	----
2	Décantation primaire, BA à faible charge avec déphosphatation simultanée et filtration	95	< 5	95	< 5	90	50	90	5	95	1 (4)
13	Décantation primaire, BA à faible charge, floculation-clarification, filtration sur sable, CAG et chloration		= 1		= 1		10	95	5	95	1
14	Décantation primaire, BA à faible charge, floculation-clarification, filtration sur sable, CAG, chloration et membrane (5)		< 1		< 1		< 10	99	< 0,5	95	< 0,1

n.s. non significatif

(1) 70 % de N global si dénitrification.

(2) 75 % de P total si déphosphatation simultanée

(3) 80 % de P total si déphosphatation simultanée

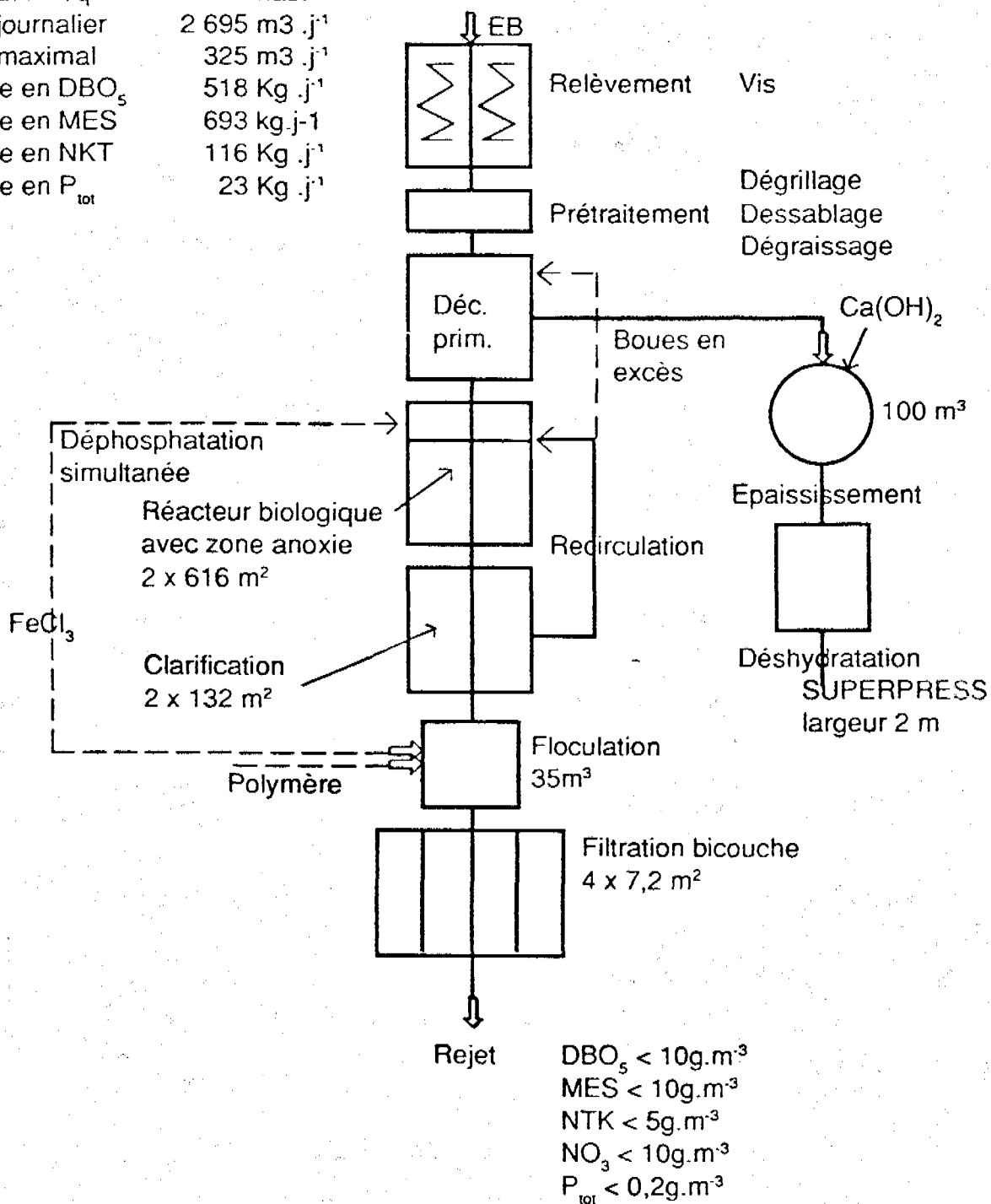
(4) 0,2 mg.l<sup>-1</sup> si floculation sur filtre avec adjuvant(5) ST : 100 à 200 g.m<sup>-3</sup>

N.B. 1 - Sur des eaux peu concentrées, les rendements d'élimination atteints sont inférieurs à ceux indiqués dans ce tableau du fait de la pollution résiduelle liée aux matières non séparables ou très difficilement dégradables.

N.B. 2 - En ce qui concerne le pouvoir désinfectant des diverses chaînes, il est à noter que, si la rétention des oeufs parasites est efficace, voire totale, le pouvoir d'arrêt des bactéries reste très faible.

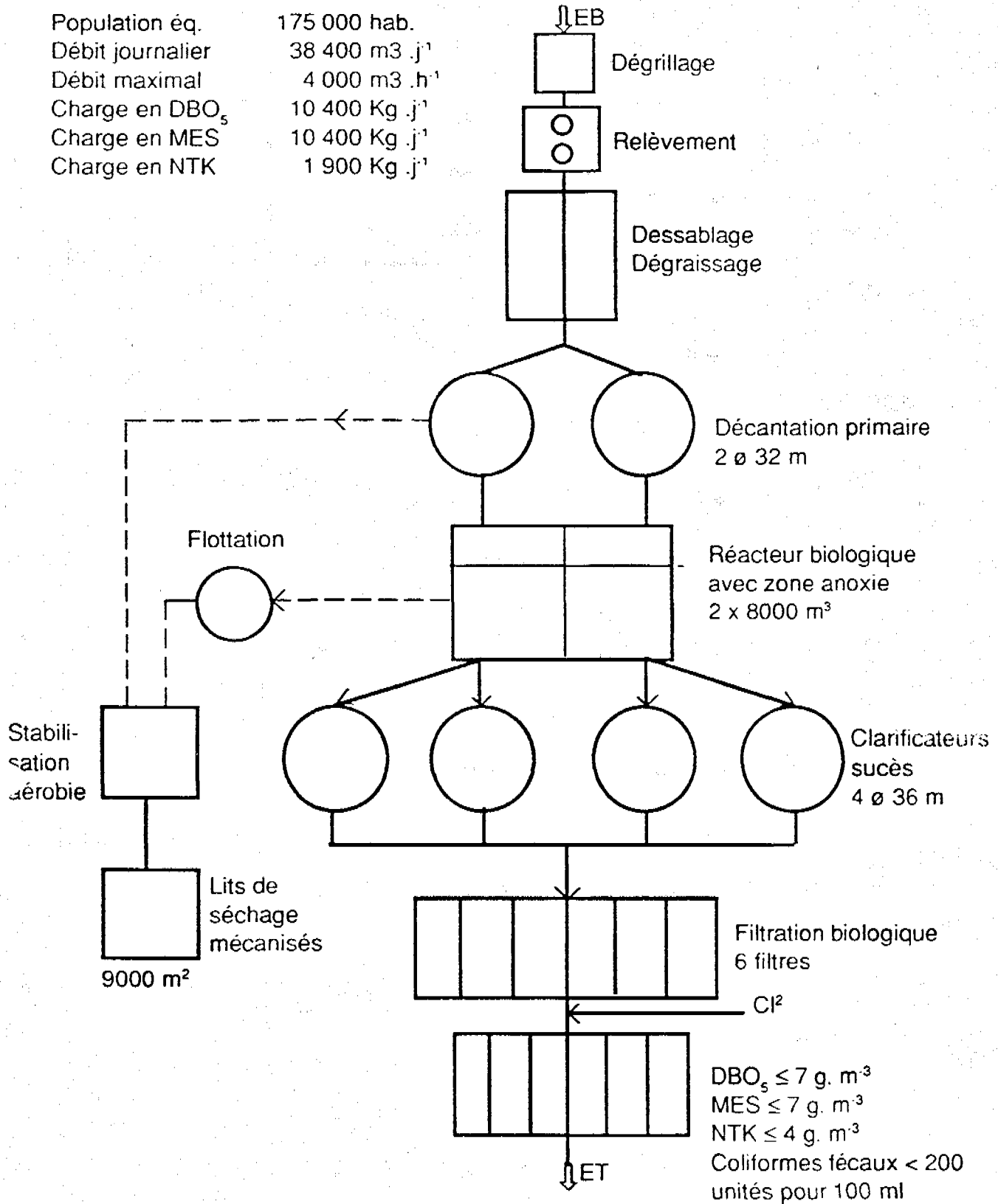
QUELQUES EXEMPLES DE CHAINES COMPLETES

Population éq. 7 700 hab.  
 Débit journalier 2 695 m<sup>3</sup> .j<sup>-1</sup>  
 Débit maximal 325 m<sup>3</sup> .j<sup>-1</sup>  
 Charge en DBO<sub>5</sub> 518 Kg .j<sup>-1</sup>  
 Charge en MES 693 kg.j<sup>-1</sup>  
 Charge en NKT 116 Kg .j<sup>-1</sup>  
 Charge en P<sub>tot</sub> 23 Kg .j<sup>-1</sup>



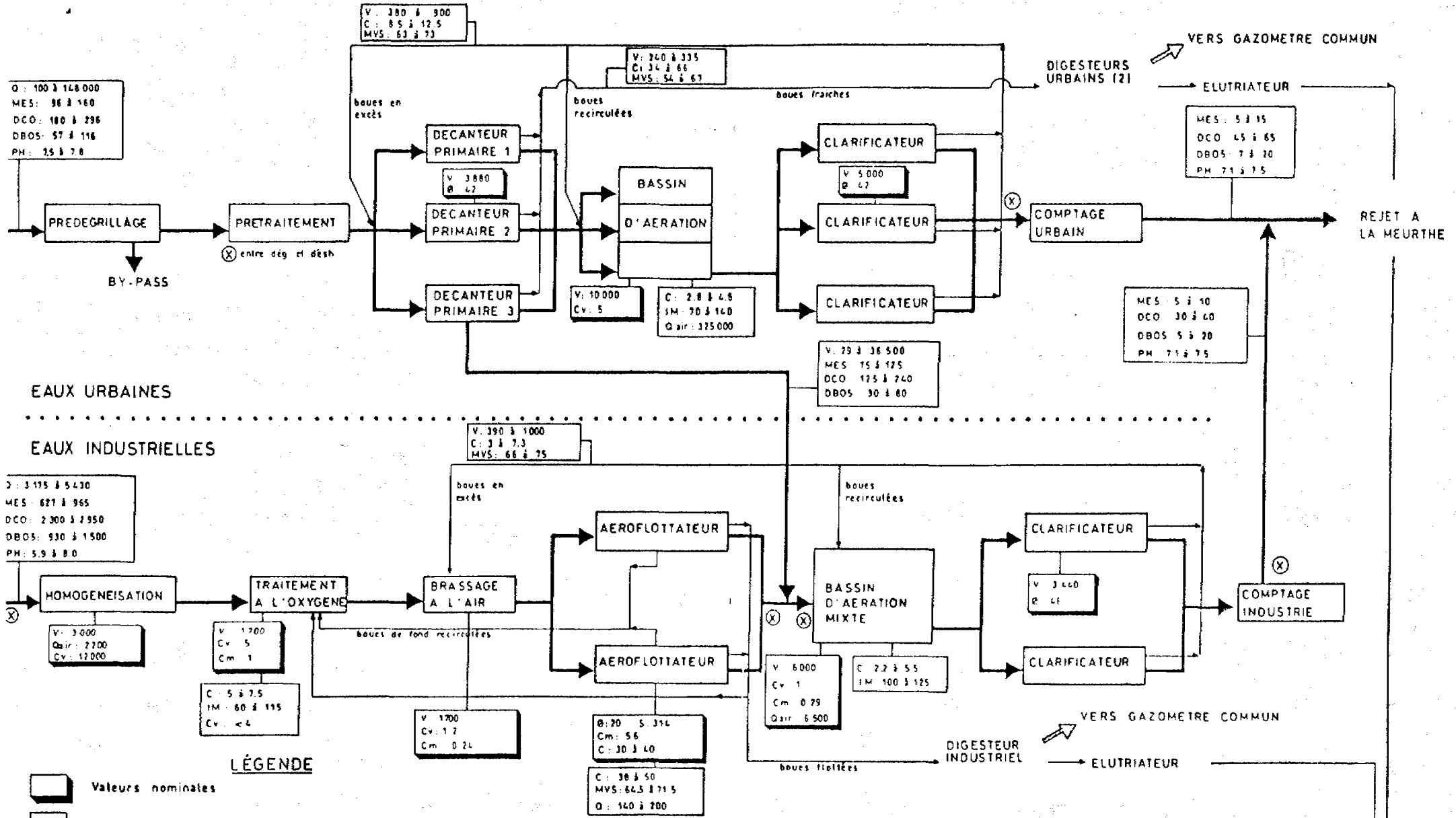
Commune de BEX (Suisse). Schéma de fonctionnement de la station d'épuration

Cette installation traite un effluent urbain afin de la rendre apte à son utilisation dans une raffinerie de pétrole pour les besoins de lavage et refroidissement (figure ci-dessous). Une étude sur pilote a démontré la faisabilité d'un traitement complémentaire pour l'alimentation de chaudière HP (100 bars).



Installation de MARAVEN (Venezuela). Schéma de fonctionnement de la station principale.

# SCHEMA FONCTIONNEL



Q : 100 à 148 000  
 MES : 96 à 160  
 DCO : 180 à 296  
 DBOS : 57 à 116  
 PH : 7,5 à 7,8

V : 380 à 900  
 C : 8,5 à 12,5  
 MVS : 63 à 73

V : 240 à 335  
 C : 34 à 66  
 MVS : 54 à 67

VERS GAZOMETRE COMMUN

DIGESTEURS URBAINS (2)

MES : 5 à 15  
 DCO : 45 à 65  
 DBOS : 7 à 10  
 PH : 7,1 à 7,5

REJET A LA MEURTHE

MES : 5 à 10  
 DCO : 30 à 60  
 DBOS : 5 à 20  
 PH : 7,1 à 7,5

V : 390 à 1000  
 C : 3 à 7,3  
 MVS : 66 à 75

Q : 3 115 à 5 430  
 MES : 621 à 965  
 DCO : 2 300 à 2 950  
 DBOS : 930 à 1 500  
 PH : 5,9 à 8,0

V : 5000  
 C : 1  
 Cm : 0,79  
 Q air : 6 500

V : 5000  
 C : 2,2 à 5,5  
 IM : 100 à 125

V : 3440  
 C : 6

Ø : 20 S : 314  
 Cm : 56  
 C : 38 à 50  
 MVS : 84,5 à 71,5  
 Q : 140 à 280

VERS GAZOMETRE COMMUN

DIGESTEUR INDUSTRIEL

ELUTRIATEUR

SECHAGE THERMIQUE ← DESHYDRATATION MECANIQUE

← POUR CHAQUE TYPE DE BOUES

- ⊗ Points de prélèvement
- V : Volume en m<sup>3</sup>
- Ø : Diamètre en m
- S : Surface en m<sup>2</sup>
- Q : Débit en m<sup>3</sup>/j
- MES, DCO, DBOS : en mg/l
- IM : indice de Malthan

- Valeurs nominates
- Valeurs d'exploitation 88
- Filière EAU
- Filière BOUES
- BIOGAZ
- Cv : Charge vol en Kg DBOS/m<sup>3</sup>/j
- Cm : Charge MES en Kg DBOS/Kg MST/j
- C : Concentration en g/l (MST)
- MVS : Teneur en MVS en % MST

## PRINCIPALES FILIERES DE TRAITEMENT DES BOUES

Type de boues, chaîne de traitement et siccité gâteau	Avantages	Inconvénients	Destination possible	Gamme d'utilisation européenne (nombre d'habitants).
<b>BOUES FRAICHES</b>	Limitation des investissements	Risque d'odeurs très important		
Boues fraîches et déshydratation par filtre à bandes ou centrifugeuse. MS + 20-25 %	Investissement modéré. Faible encombrement.	Produit très fermentescible. Nécessité d'un pré et post-chaulage. Solution "courte". Quantité importante de boues Coût de décharge élevé	Décharge si siccité acceptée.	20 000 à 50 000
Boues fraîches et déshydratation par filtre-presse MS + 35-40 %	Investissement moyen. Bonne siccité du gâteau.	Coût de réactifs élevé. Surveillance importante. Coût de séchage non négligeable.	Décharge. Incinération possible après séchage complémentaire	> 50 000
Boues fraîches et déshydratation par filtre à bandes ou centrifugeuse et compostage. MS + 30-40 %	Produit revalorisable	Investissement important à amortir par la vente du produit. Réseau de vente indispensable.	Terreau commercialisable. Revalorisation agricole par épandeur à fumier. Décharge.	> 100 000
Boues fraîches et déshydratation par filtre à bandes ou centrifugeuse + séchage ou incinération MS = 80-90 % (ou cendres).	Production d'un produit très sec ou de cendres. Intéressant si source d'énergie disponible.	Investissement très important. Dépense d'énergie importante.	Revalorisation agricole. Terreau. Décharge. Incinération.	> 100 000
Boues fraîches + conditionnement thermique + filtre presse + incinération (cendres).	Consommation minimale de matières consommables puisque récupération d'énergie sur l'incinération.	Investissement très important. Risque d'odeur élevé. Traitement spécial des jus.	Incinération spécifique.	> 300 000



Type de boues, chaîne de traitement et siccité gâteau	Avantages	Inconvénients	Destination possible	Gamme d'utilisation européenne (nombre d'habitants).
<b>BOUES STABILISEES (AEROBIES)</b>	Simplicité.	Mauvaise filtrabilité des boues. Risque d'odeurs.		
Boues stabilisées et lits de séchage. MS = 30 %	Investissement le plus faible. Rusticité.	Grande surface. Réduction limitée des matières organiques. Main-d'oeuvre importante pour reprise des boues séchées. Influence des conditions météo.	Revalorisation agricole produit liquide ou terreux. Décharge.	> 10 000
Boues stabilisées liquides. MS = 2-5 %.	Investissement très faible. Rusticité	Stockage très important. Frais d'épandage élevés.	Revalorisation agricole produit liquide.	< 5 000
Boues stabilisées et égouttage. MS = 5-10 %	Investissement modéré. Simplicité. Stockage modéré.	Frais de réactifs, toutefois compensés par la diminution des coûts d'épandage.	Revalorisation agricole. Produit visqueux mais pompable.	< 15 000
Boues stabilisées et déshydratation après conditionnement aux polymères par filtre à bandes ou centrifugeuse. MS + 15-20 %.	Investissement modéré. Compacité de l'installation. Surveillance aisée.	Frais de réactifs, produit pâteux pas toujours admis en décharge.	Revalorisation agricole possible avec épandeur à plateau centrifuge. Mise en décharge problématique.	10 à 100 000
Boues stabilisées et filtre-presse après conditionnement minéral. MS + 30-35 %.	Siccité importante du gâteau.	Frais de réactifs élevés. Surveillance importante. Investissement assez lourd.	Revalorisation agricole possible avec épandeur à fumier. Mise en décharge possible.	30 à 100 000
Boues stabilisées + déshydratation par filtre à bandes ou centrifugeuse + compostage. MS + 30-40 %.	Production d'un compost revalorisable.	Produit deux fois stabilisé. Investissement lourd à amortir par la vente du produit. Réseau de vente indispensable.	Terreau commercialisable. Revalorisation agricole possible par épandeur à fumier. Décharge.	> 100 000

Type de boues, chaîne de traitement et siccité gâteau	Avantages	Inconvénients	Destination possible	Gamme d'utilisation européenne (nombre d'habitants).
<b>BOUES DIGEREES (ANAEROBIES)</b>	Réelle stabilisation des boues et diminution du poids de boues. Stockage possible sans risque.	Investissement alourdi, à comparer aux économies faites par réduction des MS à traiter et diminution énergétique.		
Boues digérées + lits de séchage. MS = 30 %	Investissement modéré. Coût d'exploitation modéré.	Immobilisation de terrain importante. Main-d'oeuvre pour reprise des boues séchées. Influence des conditions météo.	Revalorisation agricole de produit liquide ou terreux. Décharge.	
Boues digérées liquides. MS = 2-3 %.	Investissement modéré. Coût d'exploitation modéré.	Stockage important. Frais d'épandage élevés.	Revalorisation agricole de produit liquide.	
Boues digérées + égouttage. MS = 5-10 %.	Investissement modéré.	Frais d'épandage réduits compensant les frais de réactifs.	Revalorisation agricole de produit visqueux mais pompable.	
Boues digérées et déshydratation, après conditionnement au polymère, par filtre à bandes ou centrifugeuse. MS = 20-25 %.	Investissement modéré.	Frais de réactifs. Produit pâteux pas toujours admis en agriculture.	Revalorisation agricole possible avec épandeur à plateau centrifuge.	40 000 à 100 000
Boues digérées + filtre-presse et conditionnement minéral. MS = 35-40 %.	Gâteau de bonne siccité, ne nécessitant pas trop de réactifs.	Investissement important. Frais de réactifs non négligeables. Surveillance importante.	Revalorisation agricole de produit terreux. Décharge.	50 000 à 300 000
Boues digérées + conditionnement thermique + filtre-presse. MS = 50 %.	Gâteau de très bonne siccité. Pas ou peu de matières consommables.	Investissement très important. Risques d'odeurs. Traitement des jus. Entretien rigoureux.	Revalorisation agricole de produit terreux. Décharge. Incinération (après émottage).	> 300 000

Type de boues, chaîne de traitement et siccité gâteau	Avantages	Inconvénients	Destination possible	Gamme d'utilisation européenne (nombre d'habitants)
Boues digérées + déshydratation avec filtre à bandes ou centrifugeuse + séchage plus ou moins partiel. MS = 20-25 % et 80-90 %.	Produit final de siccité variable par mélange des boues séchées avec les boues déshydratées. Autonomie thermique pour MS = 30-40 %.	Investissement important. Frais de réactifs. Frais de combustible si séchage de la totalité des boues.	Revalorisation agricole de produit pâteux et terreux. Humus. Décharge. Incinération.	> 100 000
Boues digérées + déshydratation sur filtre-pressé + séchage partiel et remélange. MS = 50-60 %	Produit final de siccité variable par mélange des boues séchées et déshydratées. Autonomie thermique.	Investissement très important. Frais de réactifs élevés.	Revalorisation agricole de produit terreux. Humus. Décharge. Incinération.	

### **III) COLLECTE DES EAUX USEES**

- **Origine des eaux usées**
- **Quantité d'eau à transiter**
- **Détermination des débits de pointe**
- **Réseaux d'assainissement**

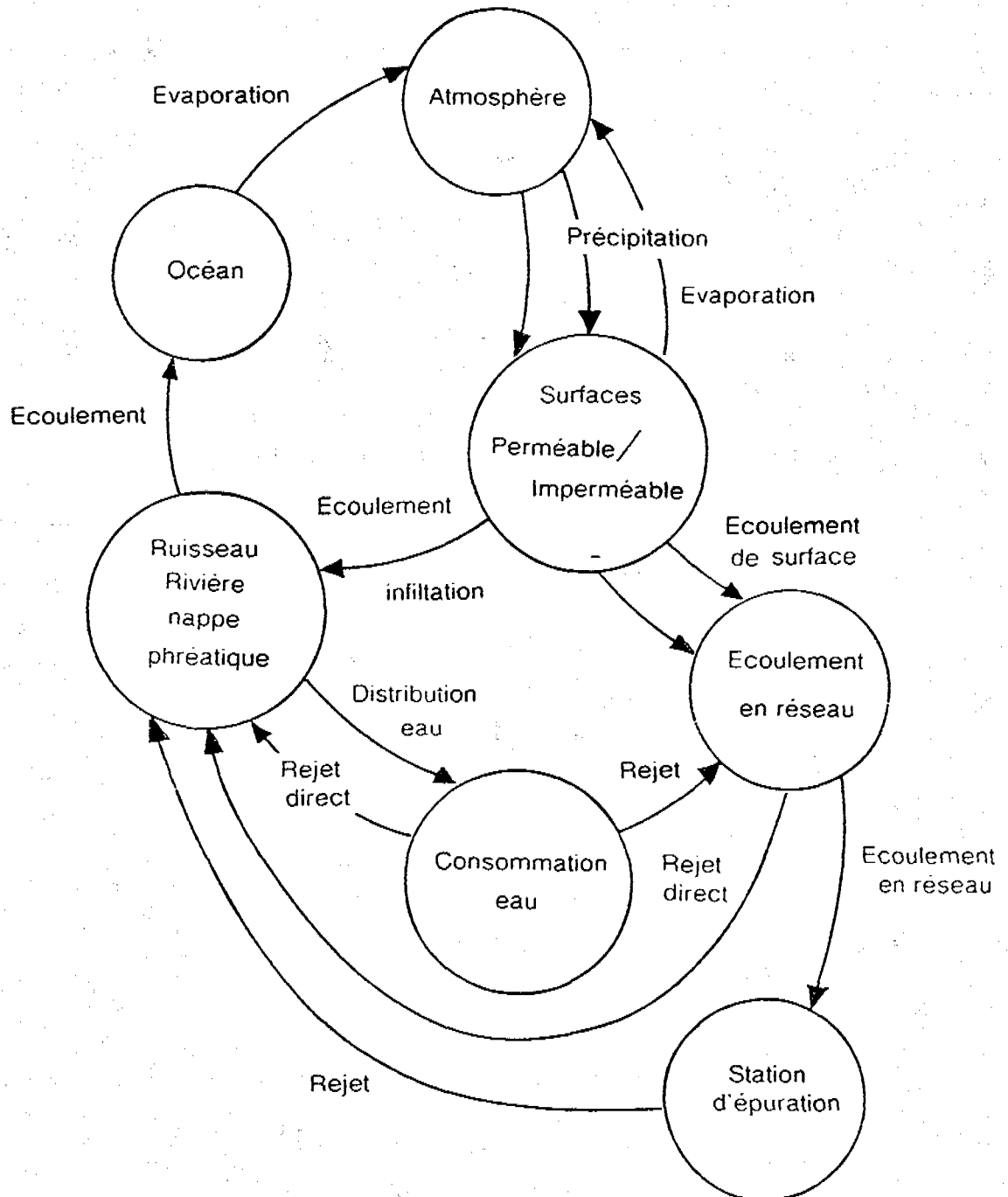
**par Monsieur DE BELLY**

### III) COLLECTE DES EAUX USEES

#### INTRODUCTION

L'hydrologie urbaine est la science du cycle de l'eau en milieu urbain.

Le cycle de l'eau en milieu urbain



L'assainissement constitue une partie fondamentale du cycle de l'eau puisqu'il met en relation le milieu récepteur et le milieu urbain à travers l'évacuation des eaux pluviales et des eaux usées.

La collecte des eaux usées n'est qu'une partie de l'assainissement et comprenant le recueil et le transport des eaux usées.

### Différences entre les eaux potables et les eaux usées.

Eau potable :

- eau propre à la consommation humaine
- distribuée sous pression

Eau usée :

- eau polluée après utilisation
- écoulement gravitaire
- transport des matières décantables

Une eau usée est par définition une eau qui a été utilisée soit par un particulier, soit par un service public, soit par une industrie.

Dans tous les cas, l'eau s'est chargée d'une quantité plus ou moins importante de polluants qu'il convient d'évacuer rapidement de la ville afin de préserver l'hygiène publique.

L'évacuation des eaux usées est donc l'un des rôles de l'assainissement, sans doute d'ailleurs le premier au plan historique.

## 1 – ORIGINE DES EAUX USÉES

### – Différentes sources

On distingue généralement quatre catégories d'eaux usées :

- *Les eaux du service public*, qui proviennent du lavage des caniveaux et des chaussées, du fonctionnement des fontaines, . . . .
- *Les eaux industrielles* (y compris les eaux de refroidissement)
- *Les eaux ménagères* : Eaux de cuisine, de lessive, de toilette, . . . .
- *Les eaux vannes* en provenance des W.C.

Selon le système d'assainissement choisi (unitaire, séparatif, pseudo-séparatif, . . .), le recueil de ces eaux d'origines diverses se fera ou non dans le même réseau.

Il est donc important d'étudier séparément ces eaux en fonction de leur origine.

### – Importance relative et principales caractéristiques

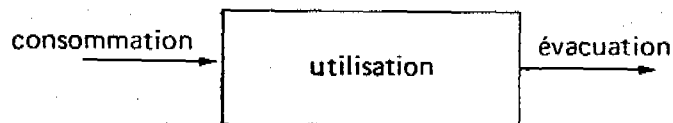
- *Eaux du Service Public*. Ces eaux sont essentiellement issues du lavage des chaussées et des caniveaux. Leur nature est donc voisine de celles des eaux de pluies. Le débit est très variable et dépend fortement des habitudes locales de nettoyage. Il se produit généralement une pointe importante au moment du lavage des caniveaux.
- *Eaux industrielles* : Ces eaux sont produites en quantité et en qualité très variables selon le type d'industrie considéré. Il s'agira donc pratiquement toujours de cas d'espèce. Le § 3 - 2 - 2 donne quelques indications à ce sujet. Il est à noter que les règlements sanitaires imposent parfois à l'industriel de faire un traitement préalable du rejet, voir de ne pas se raccorder au réseau public.
- *Eaux ménagères* : La composition de ces eaux est assez constante. Les quantités évacuées, ainsi que la répartition dans le temps dépendent fortement des habitudes de la population.
- *Eaux vannes* : Cette partie de l'effluent est très putrescible et conditionne de nombreuses dispositions dans le réseau.

Généralement les eaux ménagères et les eaux vannes représentent la partie la plus importante. Il convient d'ailleurs de veiller à ce que les eaux industrielles ne deviennent pas prépondérantes, ce qui pourrait nuire au fonctionnement de la station d'épuration (caractère extrêmement variable des débits, particularité de composition).

## 2 - QUANTITÉS A ÉVACUER

### - Liens avec la consommation - pertes et infiltration.

Si l'on considère le circuit de l'eau dans la ville, on peut, en première approximation, considérer que l'on se trouve en présence d'un cycle fermé. Dans ces conditions les quantités consommées et les quantités évacuées devraient s'équilibrer.



Ce schéma est cependant trop simpliste et ne rend pas compte des phénomènes dues aux pertes et aux rajouts d'eaux parasites. (Il est bien entendu que la totalité des consommateurs est supposée raccordée au réseau d'assainissement).

- Les pertes sont dues à des causes prévisibles (eau destinée à des industries disposant d'un rejet direct) et à des causes plus complexes à maîtriser : Lavage des installations filtrantes, fuites des réservoirs et de canalisation, consommations particulières (arrosage, lavage de véhicule, ...), etc.

Cette deuxième catégorie de pertes est généralement estimée à 20 à 30 % de la production.

- Les rajouts d'eaux parasites sont dus à deux causes essentielles :
  - Les infiltrations à travers les parois des ouvrages en provenance des nappes phréatiques.
  - Le recueil d'eau pluviale parasite dans les systèmes séparatifs, dû à des branchements clandestins ou à une mauvaise réalisation des ouvrages.

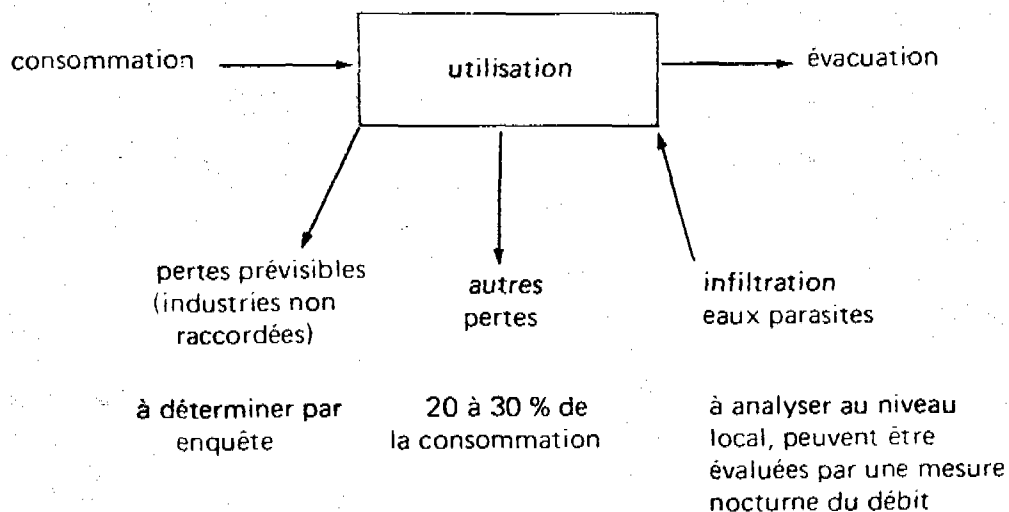
A ce propos l'instruction technique relative aux réseaux d'assainissement des agglomérations conseille :

- De vérifier systématiquement la conformité des ouvrages d'assainissement raccordés aux réseaux publics lors de la délivrance du certificat de conformité des immeubles.
- D'exiger une étanchéité des ouvrages aussi parfaite que possible quitte à subordonner leur réception aux résultats d'un contrôle poussé (visite, étude par caméra de télévision, etc).

Ces instructions, si elles sont suivies, auront un effet sur les nouveaux réseaux, mais n'amélioreront pas le fonctionnement des réseaux existants.



Il convient donc d'adopter le schéma suivant :



**– Eaux du service public**

Les eaux de lavage des espaces publics sont recueillies par les ouvrages de collecte des eaux pluviales.

Elles ne sont donc mêlées aux eaux usées que dans le cas d'un système d'assainissement unitaire.

Les quantités à prendre en compte sont extrêmement variables et dépendent des pratiques locales.

On peut admettre le chiffre de 25 litres/m/jour pour le lavage des caniveaux et de 5 litres/m<sup>2</sup> /jour de marché pour le nettoyage des marchés.

Les autres besoins publics liés aux équipements de superstructure seront pris en compte avec les besoins en eaux domestiques (hôpitaux, écoles, ...) ou avec les besoins en eaux industrielles (abattoirs, ...).

**– Eaux industrielles**

Pour l'évaluation des débits d'eaux industrielles, il convient de tenir compte des remarques suivantes :

- Certaines industries traitent directement leurs effluents ce qui permet le rejet direct dans le milieu naturel (cas fréquent pour les industries lourdes) ou dans le réseau pluvial (si le système est séparatif).
- Certaines industries utilisent un recyclage total ou partiel de l'eau (en particulier pour les problèmes de refroidissement). Dans ce cas leurs besoins en eau, tels qu'ils sont définis dans les tableaux ci-dessous, peuvent être très supérieurs à leurs consommations réelles.

Il sera donc préférable, chaque fois que ce sera possible et en particulier pour les industries existantes de procéder à une évaluation directe des débits d'eau évacuée. Cette évaluation peut se faire soit par une étude de leur consommation en eau, soit par des mesures « in situ ».

Dans les autres cas il semble logique de supposer que les industries s'installeront principalement dans des zones organisées à cet effet.

Une zone industrielle étant définie comme un ensemble ordonné comportant une infrastructure de desserte, les concepteurs sont souvent amenés à étudier le réseau d'assainissement avant de connaître les industries qui s'implanteront.

Selon le degré de définition de la zone au moment du projet, on peut distinguer trois cas.

- a) La zone industrielle doit être occupée en grande partie par des industries transférées, le concepteur pourra s'appuyer sur les données existantes ou sur des mesures « in situ ».
- b) La zone industrielle doit être occupée par des industries nouvelles, mais connues. Dans ce cas, on pourra évaluer les débits à partir des tableaux suivants extraits de l'annexe VI de l'instruction technique [1].

#### Les industries alimentaires et les industries à caractères domestiques (1)

Types d'industries.	Besoins en eau	
	Sans recyclage.	Avec recyclage
Sucreries .....	11,7 - 12,7 m <sup>3</sup> t de betteraves.	1,5 m <sup>3</sup> t de betteraves éraflées
Distilleries de betteraves .....	9 - 20 m <sup>3</sup> t de betteraves.	2 - 10 m <sup>3</sup> t.
Industrie de la levure .....	Fabric. 10-20 m <sup>3</sup> t de levure. Réfrig. 100-150 m <sup>3</sup> t.	
Industrie du lait .....	2 - 18 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> lait.	2-10 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> lait, moyenne - 5 sans réfrigération.
Industrie féculière .....	5 - 7 m <sup>3</sup> t de pommes de terre Lavage et transport 3 - 4 m <sup>3</sup> t Fabric. 2,3 m <sup>3</sup> t.	
Cidrerie (cidre ou jus de pomme) .....	5 - 7 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> cidre. Lav. 2,5 - 5 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> . Fabric. = 2,5 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
Distillerie de pommes .....	1,5 m <sup>3</sup> t alcool pur.	
Abattoirs .....	0,3 - 4 m <sup>3</sup> animal abattu.	
Teintures et apprêts .....	10 <sup>3</sup> - 150 m <sup>3</sup> t traitée.	
Blanchisseries .....	2 - 3 m <sup>3</sup> kg de linge lavé.	

(1) Cf. les bassins de la Seine et les cours d'eau normands, Coyne et Bellier, tome 2, *Besoins et Utilisateurs d'eau. Pollution*, fascicule 4.

## Les grandes industries de transformation (1).

Branche industrielle	Matières premières.	Produits finis.	Débit d'eau par unité de produit (2).	Production envisageable.	Débit correspondant.
Electro-métallurgie.	Alumine.	Aluminium.	10 m <sup>3</sup> /t d'aluminium.	180 000 t/an d'aluminium.	210 m <sup>3</sup> /h.
Mécanique.	Demi-produits.	Ensembles mécaniques.	5 m <sup>3</sup> /t.	300 000 t/an.	175 m <sup>3</sup> /h.
Montage automobile.	Sous-ensembles mécanique-carrosserie.	Automobiles.	16 m <sup>3</sup> /t.	200 000 t/an.	370 m <sup>3</sup> /h.
Raffinerie de pétrole.	Pétrole brut.	Hydrocarbures divers.	0,5 m <sup>3</sup> /t de brut.	5 M t/an de brut.	285 m <sup>3</sup> /h.
Pétrochimie.	Naphta et hydrocarbures divers.	Ethylène, butadiène, propylène.	136 m <sup>3</sup> /t d'éthylène.	400 000 t/an d'éthylène.	6 100 m <sup>3</sup> /h.
Chimie.	Hydrocarbures, phosphates, chlorures.	Engrais.	28 m <sup>3</sup> /t d'engrais.	200 000 t/an d'engrais.	1 000 m <sup>3</sup> /h.
Papier carton.	Bois.	Papier ou carton.	60 m <sup>3</sup> /t de papier.	300 000 t/an de papier.	2 000 m <sup>3</sup> /h.
Production électricité.	Combustible nucléaire.	Electricité MW.h.	0,53 m <sup>3</sup> par MW.h.	2 400 MW.	800 m <sup>3</sup> /h.
Production électricité.	Hydrocarbures.	Electricité MW.h.	0,25 m <sup>3</sup> par MW.h.	1 000 MW.	250 m <sup>3</sup> /h.
Production d'aluminium.	Bauxite.	Alumine.	6,6 m <sup>3</sup> /t d'alumine.	3 M t/an d'alumine.	2 260 m <sup>3</sup> /h.
Nickel.	Minéral.	Nickel.	40 m <sup>3</sup> /t de nickel.	10 000 t/an de nickel.	45 m <sup>3</sup> /h.
Production de titane.	Minéral.	Oxyde de titane.	90 m <sup>3</sup> /t d'oxyde de titane.	50 000 t/an d'oxyde de titane.	500 m <sup>3</sup> /h.
Liquéfaction de gaz industriels.	Air.	Azote liquide, Oxygène liquide.	1,8 m <sup>3</sup> /t de gaz produit.	200 000 t/an de gaz.	40 m <sup>3</sup> /h.
Sidérurgie.	Minéral.	Acier.	3 m <sup>3</sup> /t d'acier.	3 m <sup>3</sup> t/an d'acier.	1 020 m <sup>3</sup> /h.
Fonderie.	Ferailles, ferro-alliage.	Acier, alliés coulés.	7 m <sup>3</sup> /t d'acier.	20 000 t/an.	15 m <sup>3</sup> /h.
Verre.	Sable et ingrédient.	Verre.	2 m <sup>3</sup> /t de verre.	200 000 t/an.	66 m <sup>3</sup> /h.
Caoutchouc (pneumatiques).	Gomme naturelle et synthétique.	Pneumatiques.	5,5 m <sup>3</sup> /t.	100 000 t/an.	63 m <sup>3</sup> /h.

(1) Cf. Etude SOGELERG Engineering (Alimentation en eau industrielle de la Z.I. du Verdun).

(2) Ces débits correspondent à une réfrigération en circuit semi-ouvert.

c) Le lotissement industriel ne peut être affecté à priori. Dans ce cas il sera nécessaire d'utiliser la méthode proposée par l'instruction et reposant sur les probabilités de satisfaction et les débits moyens spécifiques.

Les deux éléments de base proposés par l'instruction technique sont :

- Un tableau évaluant la probabilité de fonctionnement correct du réseau en fonction du débit moyen journalier de consommation d'eau exprimé en  $m^3$  /jour/ha loti :

probabilité de satisfaction	25 %	50 %	75 %	90 %	97,5 %
débit moyen spécifique ( $m^3$ /jour/ha loti)	15	40	100	225	500

- Une estimation du débit moyen journalier de consommation d'eau en fonction de la catégorie de la zone :
  - zone d'entrepôts ou de haute technicité 10 à 12  $m^3$  /j/ha loti
  - zones d'emplois, petites industries, ateliers 20 à 25  $m^3$  /j/ha loti
  - zones d'industrie moyenne 50 à 150  $m^3$  /j/ha loti.

En tout état de cause, ces valeurs ne sont qu'indicatives et ne devront être utilisées qu'en dernier ressort après avoir rassemblé le maximum de renseignements sur la zone à assainir.

#### – Eaux ménagères et eaux vannes

Les eaux d'origine domestique représentent presque toujours la part la plus importante des eaux usées. Leur évaluation correcte est donc fondamentale. Celle-ci se fait en partant des chiffres de consommation en eau.

Les valeurs fournies par la bibliographie sur les besoins journaliers en eau sont extrêmement variables :

- BLANIC [2] 30 à 110 litres/j/hab
- IMHOFF [3] 150 litres/j/hab
- Instruction technique [1] 80 à 150 litres/j/hab
- BONNIN [4]
 

moins de 2000 habitants	125 litres/j/hab
moins de 20000 habitants	150 à 200 l/j/hab
moins de 100000 habitants	200 à 300 l/j/hab
plus de 100000 habitants	300 à 400 l/j/hab.

Ces différences s'expliquent par les hypothèses différentes prises en compte :

- Evaluation de la consommation actuelle, ou estimation de la consommation d'avenir.

- Prise en compte forfaitaire ou non des eaux publiques voir des eaux industrielles.

Dans ce paragraphe nous tiendrons compte des eaux ménagères et des eaux vannes en leur ajoutant les eaux destinées aux petits commerces, aux industries et aux locaux publics intégrés dans le tissu urbain.

Nous distinguerons de façon nette les données actuelles et les données d'avenir :

*a) État actuel.*

Parmi les facteurs influençant la consommation actuelle, on peut citer :

- Le type d'habitat : la consommation est sensiblement le double en habitat individuel qu'en habitat collectif (arrosage)
- La densité de la population : un doublement de la densité entraîne une augmentation de la consommation en eau/ha/jour d'environ 50 %
- Les conditions climatiques : Ainsi en France la consommation semble croître du NO au SE [4]
- La date de construction des immeubles (les quartiers anciens étant souvent moins bien équipés que les quartiers modernes)
- La taille de l'agglomération (bien que ce facteur semble plutôt résulter d'une combinaison des facteurs précédents).

Le nombre et l'importance des facteurs intervenant sur la consommation en eau rendent hasardeuse la définition d'un débit moyen type.

Il semble cependant que les estimations habituelles soient surrestimées et que les consommations actuelles réelles se situent le plus souvent dans la fourchette 60 à 120 l/hab/j.

*b) Évolution prévisible.*

Les prévisions sur l'évolution des besoins en eau de la population sont très délicates. Les causes d'évolution peuvent se classer en facteurs certains, et en facteurs possibles.

Parmi les facteurs certains on peut citer la rénovation et la modernisation des villes qui entraînera un équipement plus important des immeubles (W.C., salles de bains).

L'augmentation du niveau de confort exigé par la population qui se traduira vraisemblablement par une augmentation de la consommation d'eau sanitaire.

Les facteurs possibles sont beaucoup plus difficiles à maîtriser, car ils dépendent souvent de pressions économiques voire de choix politiques. On peut en citer deux :

- L'évolution de l'urbanisation : Densification des centres et développement de l'habitat individuel se traduiront (voir paragraphe précédent) par une augmentation des consommations.

- 7.
- L'utilisation importante du conditionnement d'air, qui a entraîné aux États Unis et au Canada une forte augmentation de la consommation [2]. Il semble cependant peu probable qu'une évolution identique se produise en France, du moins à court terme (crise de l'énergie, climat plus tempéré).

Les chiffres de valeurs moyennes à retenir sont très variables selon les sources. Il semble d'ailleurs que là encore les débits d'avenir aient été surestimés.

En l'absence de données locales on pourra prendre en compte un débit moyen journalier voisin de 200 l/hab/jour. Cette valeur est du même ordre de grandeur que celle fournie par l'instruction technique (200 à 250 l/hab/jour), mais en tenant compte des eaux parasites, des besoins publics courants et des pertes.

#### — Utilisation dans un projet

Les débits d'eaux usées à considérer dans l'étude des réseaux d'assainissement correspondent essentiellement :

- Aux débits de pointe d'avenir : Détermination des sections de canalisation.
- Aux flots minimaux actuel : Analyse des possibilités d'autocurage des conduites.

La connaissance des débits réels et de leurs variations peut également être intéressante pour assurer une bonne gestion de la station d'épuration.

Pour toutes ces raisons, il est intéressant d'étudier les variations journalières et saisonnières des rejets. C'est l'objet du paragraphe suivant.

### 3 – DÉTERMINATION DU DÉBIT DE POINTE

#### – Variations journalières et saisonnières

##### a) Variations journalières

Au cours de la journée, le débit consommé par les utilisateurs et restitué sous forme d'eaux usées n'est pas constant. Cette notion semble parfaitement évidente. En réalité elle recouvre un problème d'une extrême complexité. En effet, en un point quelconque du réseau, transite à un instant donné, de l'eau qui a été rejetée depuis un temps plus ou moins long dépendant de la distance entre le point de rejet et le point de mesure.

Ainsi les variations horaires de débit ne dépendent-elles pas uniquement des variations horaires de rejet, mais également de la répartition dans l'espace des points de rejet.

Il est donc illusoire de tracer des courbes représentant des variations horaires de débit et pouvant présenter un quelconque caractère de généralité. Ceci est particulièrement vrai pour les grands réseaux, où l'eau met plusieurs heures pour aller du point de rejet à l'exutoire.

Tout au plus est-il possible de donner quelques tendances :

- pointe importante en fin de matinée (entre 9 h et 11 h)
- pointe plus faible dans la soirée (20 heures)
- pallier bas pendant la nuit.

Les mesures dont nous disposons, ainsi que les simulations que nous avons réalisées à partir de modèles mathématiques, montrent que les durées et les importances relatives des pointes sont fonction de la localisation de la conduite considérée.

Il est donc pratiquement impossible, dans l'état actuel des connaissances, de prévoir à priori de façon précise les variations journalières de débit d'eaux usées.

##### b) Variations hebdomadaires et saisonnières

Si les variations journalières de débit sont difficiles à appréhender, les variations hebdomadaires le sont encore davantage. La cause principale de cette difficulté réside dans l'influence prépondérante que jouent les habitudes des usagers. (Un exemple typique est la lessive du lundi). La seule remarque quasi certaine est la baisse de consommation (donc de débit) en fin de semaine sous l'influence conjuguée des fermetures hebdomadaires d'entreprises et des départs en week-ends.

Encore faut-il noter à ce sujet que certains auteurs [4] remarque que le développement du travail féminin extérieur tend à augmenter la consommation en fin de semaine !

Les variations saisonnières sont plus nettes, mais tout aussi difficiles à mettre en équations. Mis à part la période Juillet - Août qui correspond aux congés annuels, le facteur principal de variation semble être la température extérieure. On a noté par exemple que la consommation journalière pouvait doubler lors d'une journée très chaude.

L'analyse des variations journalières, hebdomadaires et saisonnières de consommation d'eau et de rejet montre qu'une prévision heure par heure est actuellement très difficile.

Pour le dimensionnement des réseaux, il convient donc d'utiliser des méthodes simplifiées reposant sur la notion de coefficient de pointe.

#### – Coefficients de pointe

##### a) Eaux domestiques : eaux ménagères + eaux vannes.

On trouve dans la littérature de nombreuses valeurs de coefficient de pointe (coefficient multiplicateur permettant de calculer le débit de pointe à partir du débit horaire moyen).

Ce coefficient peut être :

- Estimé de façon moyenne :

$$p = 24/14 \text{ [3]}$$

$$p = 24/10 \text{ [4], [5]}$$

- Relié à la position de la conduite dans le réseau [6] :

$$p = 3 \text{ en tête de réseau}$$

$$p = 2 \text{ à proximité de l'exutoire.}$$

- Calculé à partir du débit moyen :

$$p = 1,5 + \frac{1,5}{\sqrt{q}}$$

Cette dernière formulation a été retenue pour la rédaction de l'instruction technique [1] en limitant les variations de  $p$  à 1,5 en valeur inférieure et 4 en valeur supérieure.

L'intérêt principal de cette formule est de tenir compte de façon implicite de la répartition des points de rejet à l'amont de la conduite étudiée.

##### b) Eaux industrielles

Les rejets d'eaux industrielles présentent également des fluctuations journalières. Cependant les causes de ces variations sont totalement différentes de celles relatives aux eaux domestiques. En conséquence, la formulation retenue pour le calcul des débits de pointe des eaux domestiques ne devra en aucun cas être utilisée pour établir le débit de pointe des eaux industrielles.

Il conviendra donc de faire des hypothèses particulières pour :

- Estimer le coefficient de pointe applicable aux eaux industrielles.
- Evaluer le risque de superposition des pointes relatives aux eaux industrielles et aux eaux domestiques (dans le cas où le même réseau draine des eaux de destinations différentes).



En l'absence de renseignements précis sur la répartition dans le temps des débits d'eaux industrielles, on pourra faire les hypothèses suivantes pour le calcul du débit maximum :

- Coefficient de pointe compris entre deux et trois pour les eaux industrielles seules
- Superposition des pointes de débits eaux domestiques et eaux industrielles.

Des renseignements complémentaires devront être systématiquement recherchés dans les deux cas suivants :

- Débit moyen d'eaux industrielles du même ordre de grandeur que le débit moyen d'eaux domestiques
- Présence d'industries rejetant des débits importants et très variables dans le temps.

#### — Conditions d'autocurage

Lors de la construction d'un système d'assainissement d'eaux usées (ou unitaire), il convient de s'assurer que, dès sa mise en service, ce système aura un fonctionnement susceptible de satisfaire les besoins de l'hygiène publique.

En théorie, il faudrait vérifier que les flots minimaux actuels sont suffisants pour assurer l'autocurage des conduites, c'est-à-dire qu'ils conduisent à un couple vitesse d'écoulement - hauteur d'eau susceptible d'éviter le dépôt des particules solides au fond de la conduite.

En pratique, le débit minimum, observé la nuit, dépend plus des infiltrations et des eaux parasites que des rejets.

La détermination à priori de la valeur du débit minimum est donc tout à fait illusoire.

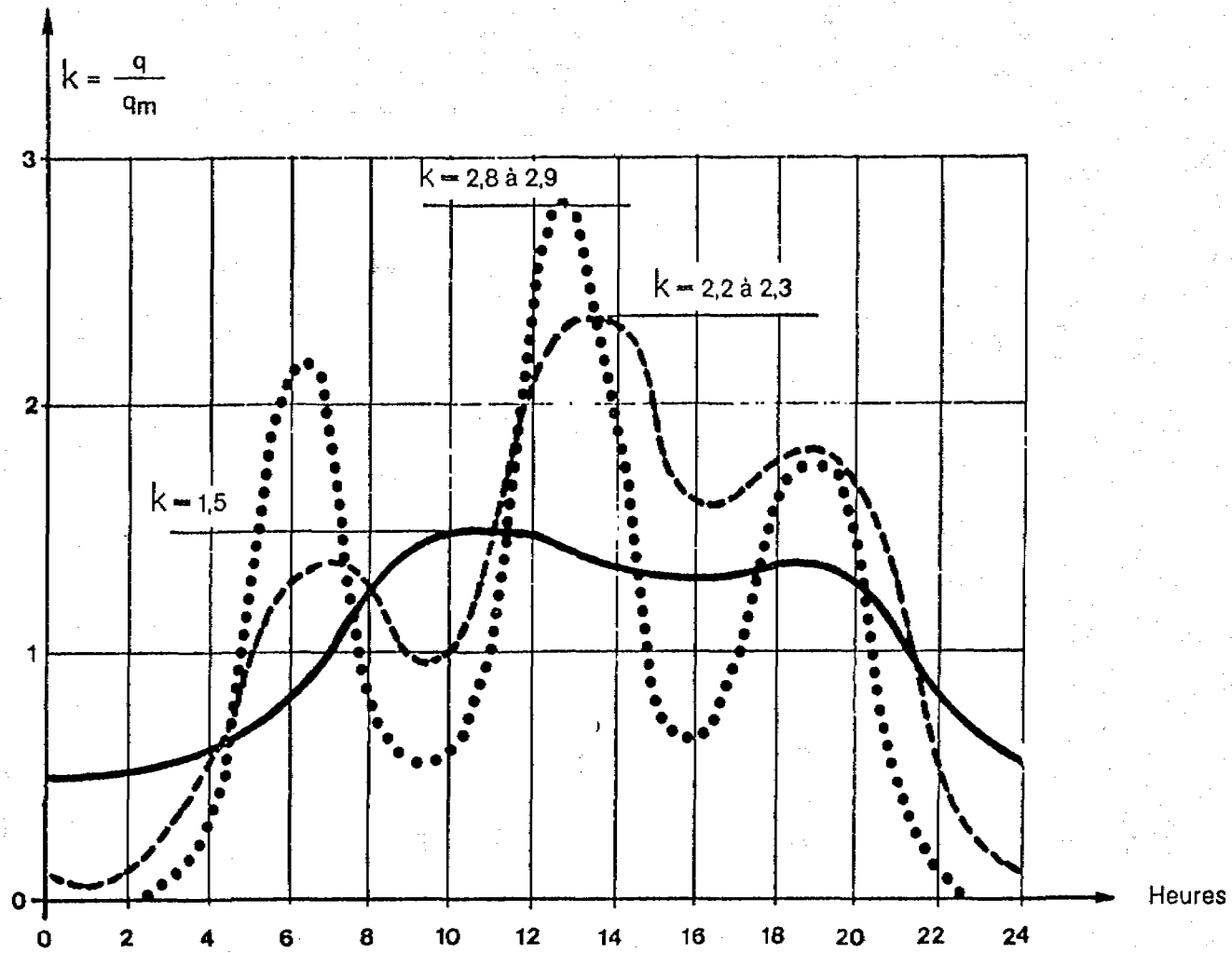
En l'absence d'une méthode de calcul précise, la meilleure solution consiste à admettre une règle commune à tous qui, à défaut d'assurer un fonctionnement correct certain, permet de répartir les risques de façon homogène.

C'est le sens de la méthode proposée par l'instruction technique qui indique le mode de calcul du débit moyen minimum :

débit moyen journalier :  $q_m = 80 \text{ à } 150 \text{ l/j/hab.}$

débit horaire moyen :  $q_h = q_m/24$

Le débit  $q_h$  doit être tel qu'il assure un remplissage de la conduite au moins égal aux 2/10 du diamètre et une vitesse minimum d'écoulement de 0,3 m/s.



- Grandes villes (plus de 300 000 hab.)
- - - - - Villes de 20 000 hab. environ
- ..... Villages de 800 à 1000 hab.

## 4 - SYSTEMES D'ASSAINISSEMENT

- Rôle :
- protection contre les inondations,
  - protection de la santé publique,
  - préserver au mieux le milieu nature.

Il est nécessaire de réaliser la collecte, le transfert, le traitement et le rejet d'eaux de compositions et d'origine divers :

- les eaux usées, provenant de la consommation humaine,
- les eaux pluviales issues des précipitations.

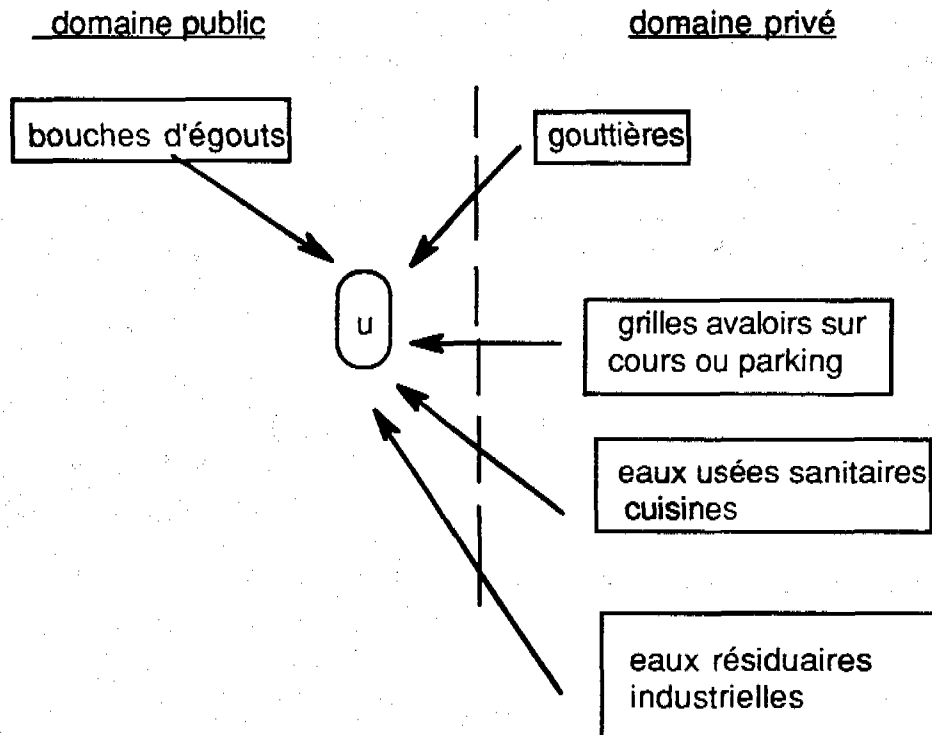
### 4 - 1. Différents systèmes d'assainissement

On distingue généralement :

- le système unitaire
- le système séparatif
- le système pseudo-séparatif

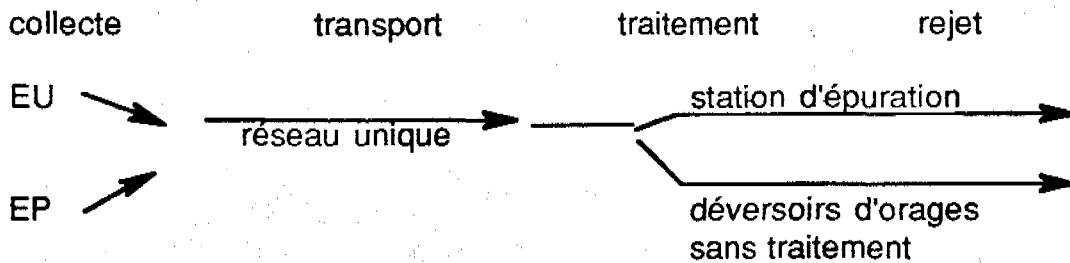
#### 4 - 1.1. Le système unitaire :

- c'est le premier système employé hystoriquement
- une seule conduite pour évacuer les EU et EP



Par temps de pluie, le débit supplémentaire qui ne peut pas être traité dans la station d'épuration est rejeté directement au milieu naturel par l'intermédiaire de déversoirs d'orage.

## Schéma de principe : système unitaire



### - calcul :

. Les canalisations seront calculées en fonction des débits pluviaux pour la fréquence retenue (en général décennale) compte non tenu des débits d'eaux usées négligeables par rapport aux EP.

. La profondeur des ouvrages doit permettre le raccordement des immeubles riverains au moyen de branchements de pente satisfaisante compatible avec la couverture mécanique des collecteurs.

. L'évacuation rapide et continue de tous les déchets fermentescibles pour satisfaire aux préoccupations d'hygiène devront avoir des pentes permettant l'autocurage.

. Le débit de temps sec (EU + E parasites) devra être transité avec des vitesses supérieures à 0,30 m/s.

. La vitesse à pleine section sera limitée à 4 m/s nommée vitesse limite d'érosion. Si le terrain est trop incliné, il conviendra d'aménager des décrochements dans les profils en long des ouvrages (les chutes)

- diamètre minimum 300 mm
- diamètre inférieur à 600 mm → circulaire
- supérieur → ovoïde

### - avantages :

- une seule conduite → coût plus faible
- Pb de mise en oeuvre des branchements sont simplifiés
- une partie des EP polluées transite par la station

### - inconvénients :

- par temps sec, les vitesses d'écoulement y sont beaucoup plus faibles qu'en système réparatif, l'autocurage y est médiocre → curage
- impossibilité d'éliminer les eaux parasites préjudiciables pour le fonctionnement de la station d'épuration

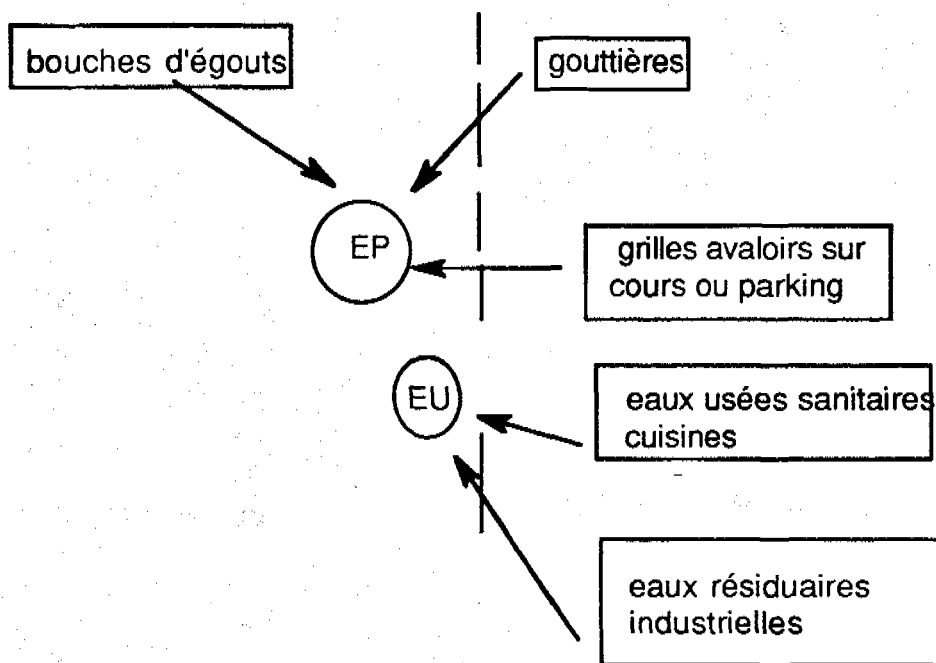
- les DO qui fonctionnent mal peuvent rejeter au milieu naturel un mélange EU, EP pouvant être fortement pollué.
- le fonctionnement de la STEP peut être compromis pour l'arrivée d'un mélange d'eaux d'origines différentes (EU + EP) dont la composition est souvent très différente de celles des EU seules.

#### 4 - 1.2. Le système séparatif

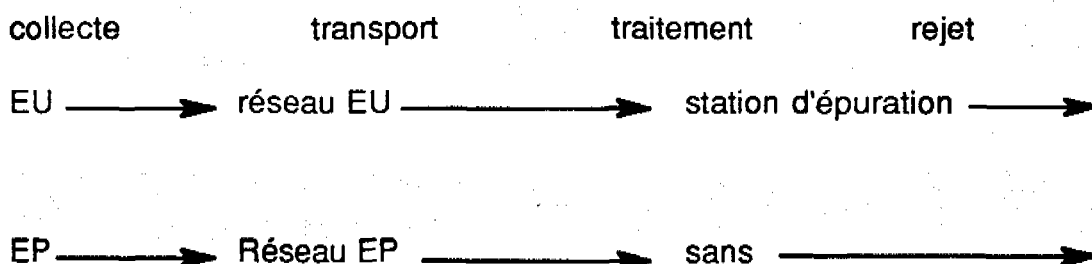
Il consiste à séparer de façon totale les EU des EP

domaine public

domaine privé



- schéma et principe : système séparatif



- calcul :

EP : en fonction des débits pluviaux

vitesse limité d'érosion 4m/s

autocurage pour 1/10ème à pleine section ( $V > \text{à } 0,6 \text{ m/s}$ )

EU : en fonction des débits EU et ERI

vitesse limite d'érosion 4m/s

autocurage : débit moyen actuel ( $V > \text{à } 0,3 \text{ m/s}$ ) pour un remplissage de 2/10ème du diamètre

- avantages :

- la STEP peut être dimensionnée pour le débit de pointe de temps sec d'où une économie
- la composition des EU étant constante, la station peut fonctionner de façon plus sûre et plus efficace

- inconvénients :

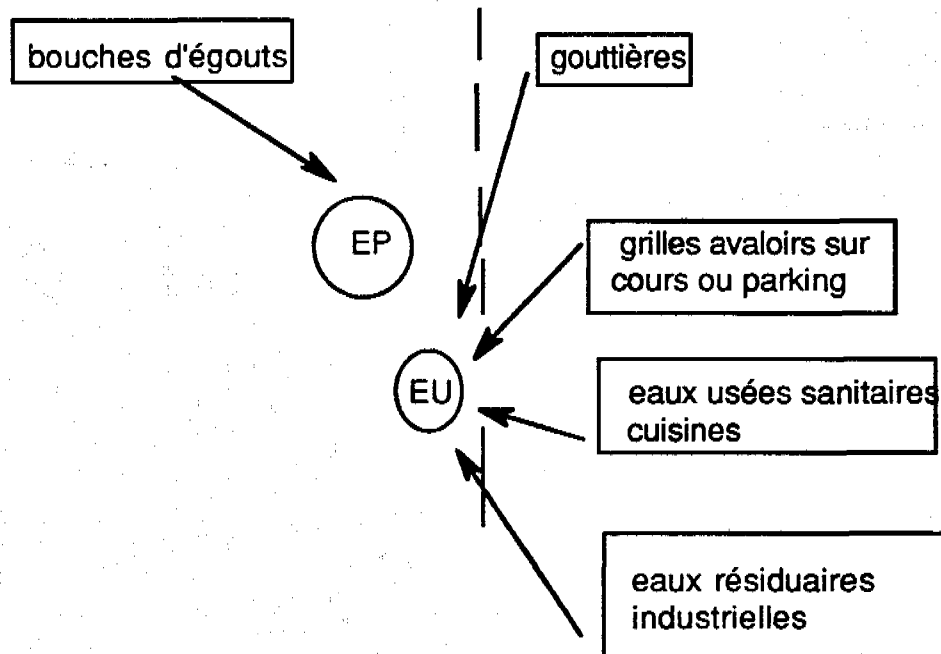
- le doublement du réseau entraîne une augmentation du coût (mais peut être dans certains cas compensé par une diminution de la longueur des canalisations EP allant directement au milieu naturel et la profondeur peut être limitée)
- le Pb de raccordements de chaque immeuble à deux conduites différentes sont difficiles

4 - 1.3. Le système pseudo-séparatif

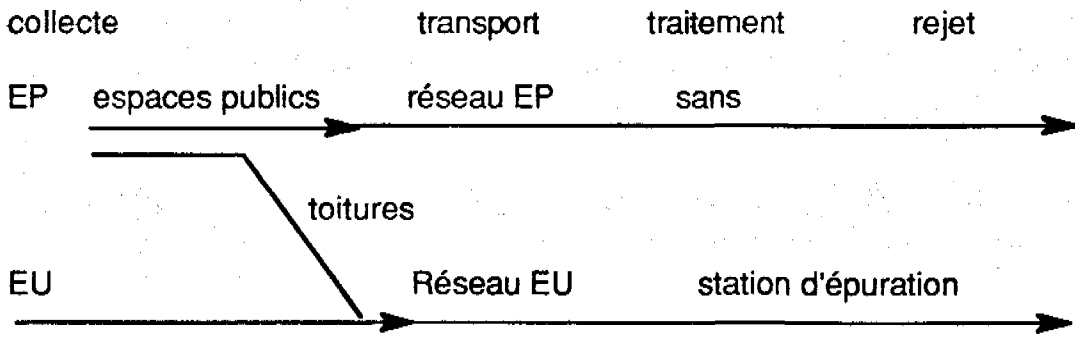
- c'est un système mixte : la collecte des eaux de toitures et d'espaces privés sont communes aux eaux usées

domaine public

domaine privé



- schéma de principe : système pseudo-séparatif



- calcul - dimensionnement

réseau EP : prise en compte que des surfaces de voiries et espaces publics pour le dimensionnement des EP

Réseau EU : calcul des EU + EP des parcelles privées

- avantage par rapport au système séparatif

limite l'inconvénient des raccords

- inconvénients :

les mêmes que le séparatif + risque de mauvais fonctionnement de la STEP dû à l'apport des EP

4 - 1. 4 Le système composite

C'est une variante du système séparatif qui prévoit une dérivation partielle des eaux les plus polluées du réseau pluvial vers le réseau EU en vue de leur traitement

4 - 1.5 Les systèmes particuliers

4 - 1.5.1 La collecte et l'acheminement sous pression

La collecte et l'acheminement sous pression exigent que chaque usager ou groupe d'usagers soit doté d'une station de pompage ou d'un aéroéjecteur. Le réseau fonctionne en charge de façon permanente sur la totalité du parcours.

#### 4 - 1.5.2. La collecte et l'acheminement sous vide

Dans certaines ZI, il existe des réseaux spéciaux pour collecter les effluents exigeant un traitement particulier.

Le transport de l'effluent s'effectue par mise des canalisations en dépression.

#### 4 - 1.6 Versions dégradées des systèmes fondamentaux

##### 4 - 1.5.1 Réseau séparatif se jetant dans un réseau unitaire dit système mixte

- les investissements supplémentaires relatifs aux doubles canalisations et aux doubles branchements sont réalisés en pure perte.

- utilisation pour créer un bassin de retenues d'EP, le débit de fuite constitue un apport parasite à la STEP pendant la vidange.

##### 4 - 1.5.2 Réseau EU accueillant des EP

- les mauvais branchements des EP entraînent un débordement des EU par période de pluie d'où délestage à la STEP et pollution.

##### 4 - 1.6.3 Réseau EP recueillant des EU

- la pollution est acheminée directement au milieu naturel

##### 4 - 1.6.4 La collecte des eaux parasites

- on appelle eaux parasites de temps sec toutes les eaux claires qui s'introduisent de façon parasite dans les collecteurs unitaires ou EU.

#### Principales origines des eaux parasites



- ces eaux claires doivent être recueillies dans un collecteur EP, ces eaux n'étant pas polluées, il n'y a pas d'inconvénient à les rejeter au milieu naturel.

- mélangées au EU, elles constituent un apport parasite d'où un surdimensionnement des STEPS.

**En résumé :**

Il ne semble pas que l'un de ces quelconques systèmes l'emporte nettement sur les autres. Il faudra toujours choisir en fonction des conditions locales : système existant topographie (une pente faible est favorable à un système séparatif), nature du milieu récepteur.

## **IV) TECHNOLOGIE DES RESEAUX**

- **Ouvrages de transport des eaux**
- **Ouvrages annexes**
- **Technologie de construction**

**par Monsieur DE BELLY**

## IV) TECHNOLOGIE DES RESEAUX D'ASSAINISSEMENT

### A - Ouvrages de transport des eaux

Le transport des eaux de la ville vers la station d'épuration ou le milieu naturel est assuré par un réseau d'ouvrages ouverts (en surface) ou fermés (en sous sol), définis par leur forme, les matériaux qui les constituent ainsi que la topologie de leurs relations (forme du réseau).

Nous ne parlerons pas du réseau de surface, constitué essentiellement par les caniveaux et fossés latéraux et éventuellement d'ouvrages plus importants à ciel ouvert. En effet, même si le développement total de ce réseau est important, son coût est minime par rapport à celui du réseau souterrain.

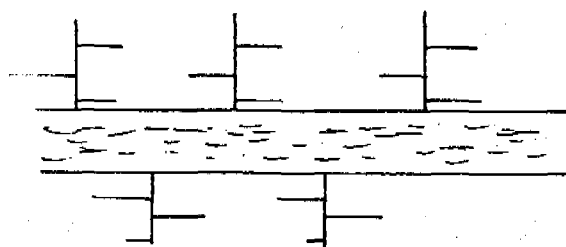
#### - Topologie des réseaux d'assainissement.

Les réseaux d'assainissement fonctionnent essentiellement en écoulements gravitaires. Ils sont donc fortement tributaires du relief si l'on ne veut pas aboutir à des tranchées trop profondes. En fonction du système d'assainissement choisi et de la topographie, on retrouve des types de tracé différents :

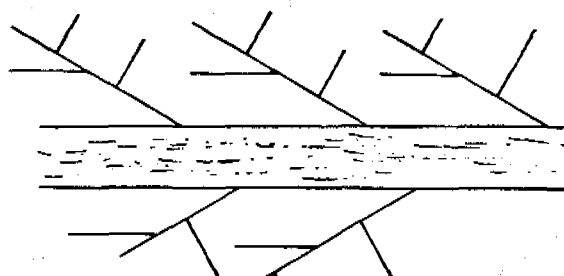
##### a) Réseaux à exutoires multiples.

Ce type de réseaux ne permet pas la concentration des eaux vers un point unique d'épuration et rend donc celle-ci difficile. Il n'est guère utilisable que pour les réseaux eaux pluviales dans les systèmes séparatifs, avec rejet à un cours d'eau.

Il permet par contre un tracé très économique, ne nécessitant pas de grosses sections. En fonction de la direction des collecteurs par rapport à celle du cours d'eau, on distingue les réseaux à collecteurs perpendiculaires et les réseaux à collecteurs étagés :



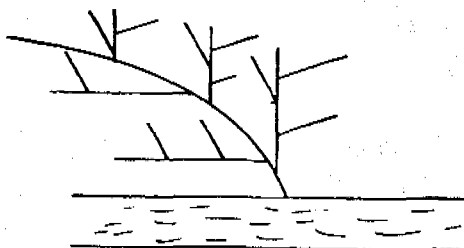
réseau à collecteurs perpendiculaires



réseau à collecteurs étagés

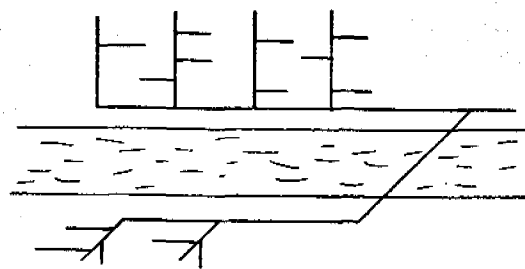
##### b) Réseaux à exutoire unique.

Dans le cas où une épuration est nécessaire, on a tout intérêt à transporter les eaux vers une station unique. Ceci peut être obtenu soit par un tracé oblique du collecteur, soit par un collecteur latéral :



réseau à collecteur transversal oblique

(Les terrains placés entre le collecteur et la rivière sont difficiles à assainir)



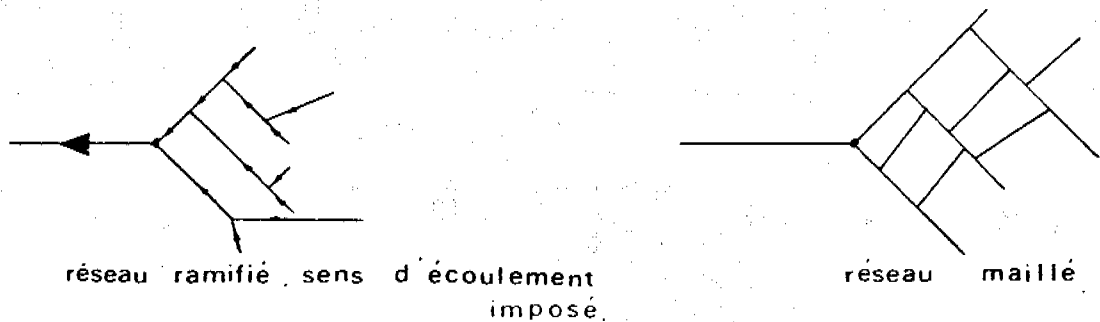
réseau à collecteur latéral

(Le passage sous la rivière s'effectue par un tuyau en charge (siphon))

### c) Cas des réseaux maillés.

Les réseaux précédents sont conçus de telle sorte que, quel que soit le point d'entrée, l'eau ne peut suivre qu'un seul cheminement pour arriver à l'exutoire. Topologiquement, ils ont la forme d'un arbre et ils entrent dans la catégorie des réseaux ramifiés.

Bien que cette forme de réseaux soit de loin la plus répandue en assainissement, il est cependant possible d'interconnecter certaines branches du réseau, créant ainsi des circuits fermés : On se trouve alors en présence d'un réseau maillé.



En pratique, ce maillage n'est qu'apparent tant que les écoulements se font à surface libre, la pente imposant le sens de l'écoulement. Cependant des mises en charge localisées, voir de grosses différences de débits (donc de niveaux piézométriques) peuvent conduire à des écoulements à contre pente. Dans ce cas le maillage joue un rôle important en équilibrant les débits dans les différentes conduites et en facilitant ainsi l'écoulement.

### — Forme des sections d'égout.

Les conduites utilisées en assainissement sont systématiquement des sections fermées. Trois types de formes sont couramment utilisées :

- Les conduites circulaires,
- Les conduites ovoïdes,
- Les conduites à banquettes.

#### a) Conduites circulaires :

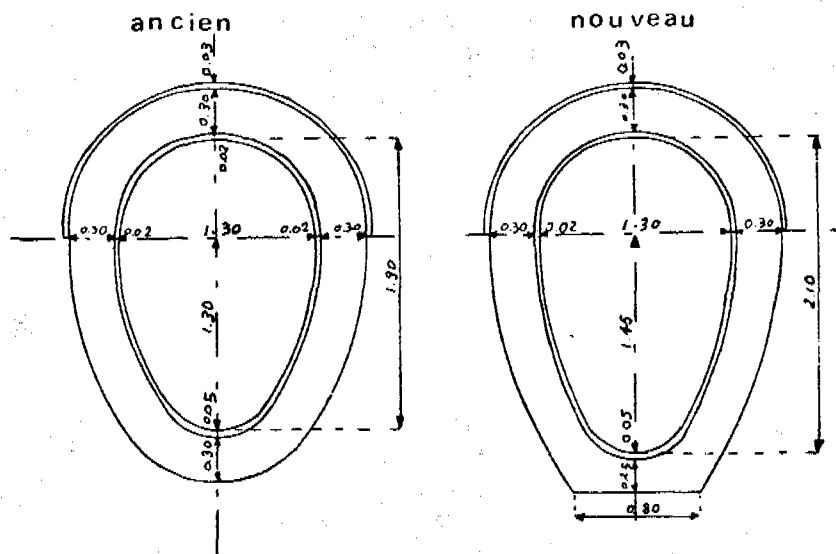
L'utilisation de canalisations circulaires est systématique pour les petites sections. Cette forme présente en effet l'avantage d'être très simple à préfabriquer ; elle est donc d'un faible coût. Elle peut également être utilisée pour les grosses sections (Le collecteur d'Achères à trois mètres de diamètre), mais l'on se heurte alors à deux difficultés :

- Largeur importante de la tranchée, donc perturbation importante de la circulation
- Faible vitesse d'écoulement lorsque la section est peu remplie, donc difficultés de curage et d'entretien.

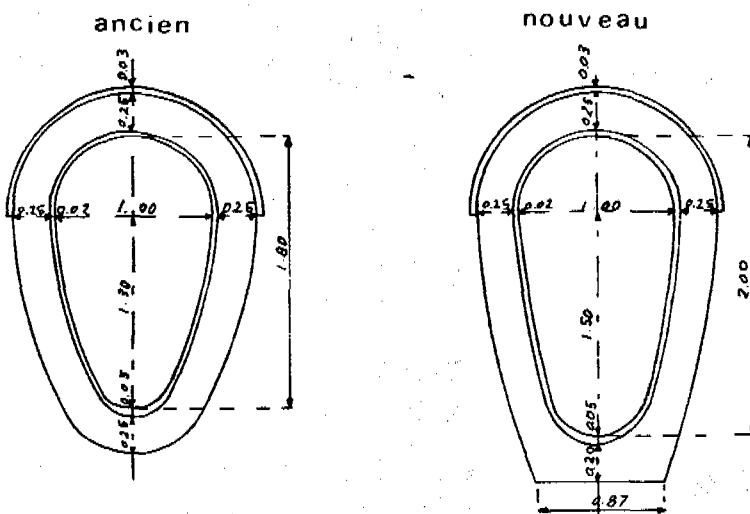
b) Conduites ovoïdes :

Cette forme de conduites a été mise au point afin d'obtenir une vitesse d'écoulement aussi constante que possible quel que soit le débit. Malgré de nombreuses tentatives de normalisation, il existe une quantité très importante de forme d'égouts ovoïdes. Nous en donnons quelques exemples extraits du catalogue de la CO.UR.LY.

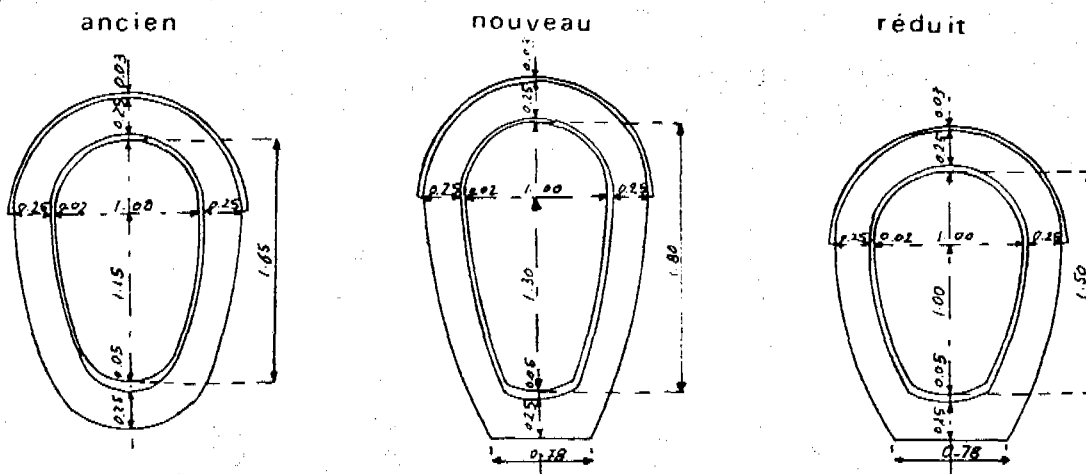
2<sup>e</sup> TYPE



3<sup>e</sup> TYPE



4<sup>e</sup> TYPE

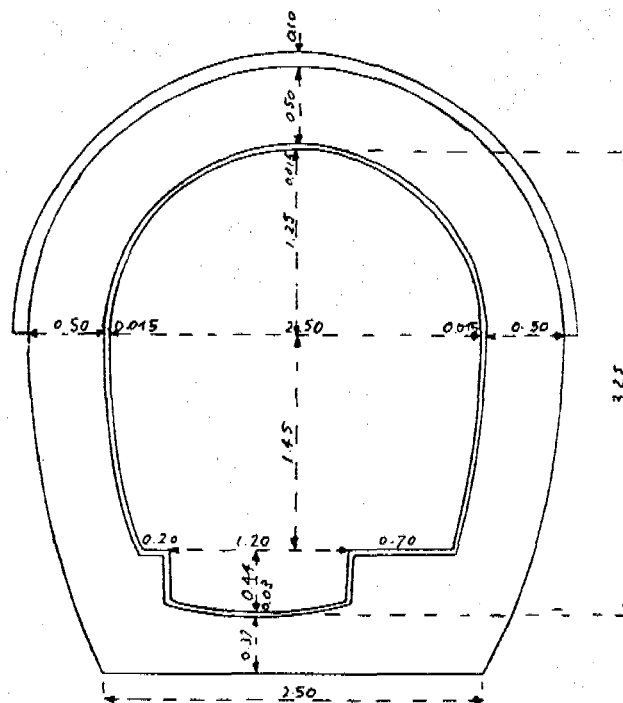


Un autre intérêt de cette forme de conduite est de permettre un accès relativement facile au réseau (un ovoïde de 1,3 mètre de hauteur a une section sensiblement équivalente à celle d'un circulaire de 70 cm de diamètre).

#### d) Égouts à banquettes :

Dans le cas des réseaux unitaires, on est amené à prévoir l'évacuation d'un débit de temps sec très faible par rapport aux débits possibles par temps de pluie. Pour obtenir des conditions d'écoulement correctes dans

tous les cas, on aménage dans la partie inférieure de la section, une rigole de faible largeur, appelée *cunette*. Celle-ci est destinée à recevoir les eaux usées, qui s'écouleront à une vitesse importante, retardant l'ensablement. Les parties latérales de la cunette (*banquettes*) peuvent servir d'accès au personnel égoutier pour la visite de l'égout. Elles autorisent un passage à sec, en l'absence d'eaux pluviales. La hauteur de dégagement au dessus de la banquette doit permettre à un homme de se tenir debout.



La forme des égouts à banquettes est très variable car elle dépend des débits de temps sec (section de la cunette) et d'orage (section totale), des conditions de terrassement (largeur et hauteur), des moyens de curage (largeur de la cunette et des banquettes), etc...

#### 2) Autres formes

##### — Matériaux constitutifs des canalisations d'égout.

Une conduite d'assainissement est destinée à véhiculer sous terre une eau plus ou moins polluée. Elle doit donc répondre à plusieurs caractéristiques :

- Résister aux sollicitations mécaniques (poids des terres et surcharges, poussées, tassements différentiels, ...),
- Être étanche pour ne pas polluer la nappe,
- Être inerte pour ne pas se corroder sous l'action des polluants,
- Être lisse pour faciliter l'écoulement.

En pratique, cinq matériaux sont utilisés pour construire les conduites d'égouts :

- *Le grés* : Matériau résistant bien à la corrosion et de bonne tenue dans le temps, bon rapport qualité/prix, assez bonne résistance mécanique pour les petites sections, étanchéité correcte. Ce matériau est très (trop ?) peu utilisé en France (10000 tonnes/an contre 400 000 tonnes en Allemagne et en Angleterre).
- *Le P.V.C.* : Excellente étanchéité, très grande facilité de pose, très bonnes caractéristiques hydrauliques, bonne résistance mécanique, mais coût élevé.
- *L'amiante-ciment* : Sensiblement les mêmes caractéristiques que le P.V.C.
- *Le béton armé* : Indispensable pour les grandes sections mais l'étanchéité est faible (risques de fissuration dus à la présence des armatures).
- *Le béton non armé* : De loin le plus employé pour les conduites préfabriquées en raison de son excellent rapport qualité/prix.

. La fonte, le PEHD  
 – Ouvrages annexes

Les ouvrages annexes au réseau d'assainissement ont pour but de réaliser la liaison entre la surface, le réseau et le milieu naturel d'une part, d'en améliorer le fonctionnement d'autre part.

On distingue généralement :

- Les ouvrages systématiques,
- Les ouvrages particuliers.

Nous traiterons à part les bassins de retenue ou d'infiltration qui sont vraisemblablement amenés à jouer un rôle important dans le futur.

– Ouvrages systématiques.

Les ouvrages systématiques relient les égouts à la surface. Ils permettent la collecte des eaux et la visite des réseaux. Ils comprennent :

- *Les branchements particuliers* : Catégorie à part, ces ouvrages constituent une annexe des immeubles riverains et ressortent de la propriété privée. En fonction du système d'assainissement (unitaire et pseudo-séparatif, ou séparatif), ils sont chargés de collecter, par un ou deux branchements, les eaux usées et les eaux du domaine privé. (Si ceci est techniquement faisable, les eaux pluviales peuvent être envoyées au caniveau). Leur raccordement au réseau public doit faire l'objet d'une attention particulière afin d'éviter les défauts d'étanchéité, les désordres hydrauliques, les risques d'obstruction, . . .
- *Les bouches d'égout* (avaloirs de rue) recueillent les eaux pluviales du domaine public. Elles sont classées en deux types :
  - *Les bouches ordinaires* ou ouvertes qui n'offrent aucun obstacle à la pénétration des résidus dans le réseau.

- *Les bouches sélectives* qui interdisent l'introduction de corps étrangers volumineux. Divers organes de sélection peuvent être utilisés :
  - *Les grilles*, verticales ou horizontales, elles arrêtent les déchets volumineux, mais provoquent des risques d'obstruction.
  - *Les puisards*, siponnés ou non qui permettent un dessablement de l'eau, mais provoquent souvent de mauvaises odeurs en périodes sèches.
  - *Les paniers à trous amovibles*, qui peuvent se combiner aux autres systèmes. Ils nécessitent une densité de bouches plus grande et un nettoyage régulier.

La périodicité des bouches dépend de la densité des constructions et de la possibilité d'admettre un ruissellement plus ou moins long en surface.

- *Les ouvrages d'accès au réseau* (cheminées ou regards de visite) permettent l'accès aux canalisations pour les visites et le curage et assurent la ventilation des égouts. Ils doivent être placés à chaque changement de direction, de pente ou de type de section. La distance maximum entre deux regards est de l'ordre de 60 mètres.

Ces ouvrages peuvent être placés dans l'axe de la canalisation ou de façon latérale dans le cas d'égouts visitables.

#### – Ouvrages particuliers

Ces ouvrages sont liés aux conditions de fonctionnement du réseau, aux procédés d'entretien et de curage et à la topographie des bassins versants. Parmi les plus courants, nous pouvons citer :

- *Les réservoirs de chasse* : Ouvrages situés en tête de réseau et qui permettent de pallier aux insuffisances d'autocurage (voir § 5 - 2 - 2). Ils sont particulièrement utiles dans les réseaux à faible pente.
- *Les déversoirs d'orage* assurent le rejet direct au milieu naturel d'une partie du débit en cas de pluie. Ils sont installés uniquement sur les réseaux unitaires. Leur principale contrainte d'utilisation est de respecter une dilution minimum des eaux usées avant le rejet (en général 1 part d'eaux usées pour 4 parts d'eaux pluviales). En réalité la dilution retenue ne devrait pas pénaliser le milieu récepteur et devrait donc tenir compte de son pouvoir d'auto-épuration.
- *Les bassins de dessablement* permettent de diminuer la charge de M.E.S.
- *Les siphons* sont indispensables pour franchir les obstacles (en particulier les rivières).
- *Les stations de relèvement* peuvent se révéler nécessaire dans le cas de bassins versants très plats. Elles entraînent des dépenses très importantes, en particulier pour le relèvement des eaux pluviales (variation et importance des débits).



– Bassins de retenue ou d'infiltration.

Les bassins de retenue sont des réservoirs d'accumulation d'eaux pluviales, destinés à régulariser les débits lors des fortes précipitations. Leur intérêt est évident car ils permettent une diminution notable des sections à l'aval, donc une économie importante.

Dans les grandes agglomérations, la difficulté principale de leur implantation réside dans le manque de terrains disponibles. Par contre, en périphérie, ils permettent souvent d'urbaniser de nouvelles zones en les drainant par l'infrastructure existante.

Ils sont d'autant plus intéressants que de nombreuses études montrent qu'en maintenant un niveau minimum du plan d'eau, ils peuvent être intégrés dans une zone de loisir.

Leur utilisation ne peut donc être que conseillée.

Les bassins d'infiltration assurent pour leur part l'évacuation d'une partie ou de la totalité du débit vers la nappe phréatique par percolation à travers le sol. Leur intérêt est moindre, mais non négligeable si les risques de pollution sont faibles.

– Bassins de pollution

Les bassins de pollution sont installés sur les déversoirs d'orage et permettent le stockage d'une partie des effluents lors des orages. Ils sont vidés dès que la station d'épuration le permettra.

## 2 – TECHNOLOGIE DE CONSTRUCTION

### – Choix du tracé et contraintes de site.

Le fonctionnement gravitaire des réseaux d'assainissement impose une contrainte fondamentale sur le choix du tracé en plan : le respect de la pente. Cette contrainte existe, bien sûr, le long de l'écoulement mais peut également influencer sur la profondeur des conduites pour le respect des pentes des branchements particuliers. Elle provoque souvent des difficultés d'implantation liées au franchissement des obstacles. C'est pourquoi les réseaux d'assainissement sont prioritaires par rapport aux autres réseaux souterrains.

Une difficulté particulière propre aux réseaux séparatifs, réside dans les croisements des conduites aux carrefours. La solution la plus simple est de choisir des profondeurs d'enterrement différentes pour chacun des réseaux.

Les réseaux d'assainissement sont le plus souvent localisés sous la voirie (utilisation du domaine public, facilités de branchement, . . .). Il peut cependant arriver que pour des raisons particulières (problèmes topographiques, liaison de zones urbanisées, . . .) on soit amené à utiliser le domaine privé. On se heurte dans ce cas à des problèmes juridiques d'autorisation de passage (servitude de tréfonds).

Lorsque les conduites sont sous la voirie, on les place généralement au milieu de la chaussée de façon à optimiser les longueurs et les pentes des branchements particuliers.

Cette implantation présente en outre l'avantage d'une gêne minimum pour les autres réseaux.

Il peut cependant arriver que des conditions particulières interdisent ce choix.

C'est le cas dans les rues très larges (supérieure à 15 mètres) où la pose d'un égout sous chaque trottoir s'impose. (Dans le cas des réseaux séparatifs, on ne pose cependant qu'une seule conduite Eaux Pluviales, en fouille commune avec l'une des canalisations eaux usées).

C'est également le cas lorsque les conditions locales imposent le maintien de la circulation automobile.

Dans les zones en cours d'aménagement, le tracé des dessertes pour les véhicules et les piétons, apparentes et structurant la zone, est souvent imposé par l'aménageur. Le projet d'assainissement est fait une fois le plan masse adopté. Cette démarche est très critiquable car elle peut conduire à des surcoûts importants pour l'assainissement. Il convient donc d'essayer au maximum d'intégrer les contraintes liées à l'évacuation des eaux dès le début des études.

### – Exécution des travaux

Les travaux d'assainissement sont toujours réalisés de l'aval vers l'amont de façon à pouvoir utiliser la partie construite soit comme collecteur, soit comme drain.

L'exécution des travaux d'assainissement se fait en sous sol, d'où la nécessité de terrassements qui peuvent se faire :

- en tranchée
- en souterrain.

Deux possibilités existent également pour la mise en place des conduites :

- Mise en place de canalisations préfabriquées
- Conduites coulées en place.

Le choix entre tranchée et souterrain est fonction de la profondeur d'enfoncement des conduites (en général travaux en souterrain si la profondeur est supérieure à 6 mètres), de la nature du sol et des conditions locales (en particulier maintien de la circulation).

#### – Travaux préliminaires

Les travaux préliminaires comprennent :

- Des sondages destinés à faire connaître la nature du sous sol et la position de la nappe ainsi que la présence éventuelle d'autres réseaux
- Le déplacement éventuel des autres réseaux
- Le drainage préalable.

Le drainage doit être réalisé si la présence d'eau menace les conduites du chantier. Il peut être assuré de plusieurs manières :

- **Puisard de rassemblement et de pompage** : solution simple mais pas toujours suffisante.
- **Puits filtrants** si le sol a une perméabilité moyenne ou forte.
- **Puits ponctuels** efficaces pour des tranchées étroites ou des travaux en souterrain à condition que l'on n'ait pas besoin de rabattre la nappe à une profondeur trop grande (5 à 6 m maximum).
- **Drainage par le vide.**  
Dans tous les cas les eaux de drainage sont recueillies par la partie du réseau déjà mise en place.

#### – Travaux en tranchées

Le nom général sous lequel on désigne les travaux de terrassement dont l'objet est le creusement d'une excavation destinée à recevoir un ouvrage enterré est le mot **fouille**. Une tranchée est une fouille dont la largeur  $l$  et la hauteur  $h$  satisfont aux conditions :

$$l \leq 2 \text{ mètres et } h > 1 \text{ mètre}$$

ou

$$l > 2 \text{ mètres et } h > l/2$$

On distingue quelquefois deux catégories de tranchées :

- Les tranchées peu profondes ( $h < 6$  m)
- Les tranchées profondes ( $h > 6$  m).

Le profil en long de la tranchée est déterminé de façon à permettre la pose des éléments suivant la pente prévue au projet.

La longueur d'ouverture est définie par le **cahier des prescriptions spéciales** (C.P.S.).

Le profil de la tranchée est en principe laissé au choix de l'entrepreneur, sauf sujétions spéciales liées au maintien de la circulation ou au passage sur les propriétés privées.

L'étalement et le blindage des fouilles sont d'une importance primordiale. Ils doivent être exécutés avant que la tranchée n'ait atteint la profondeur voulue, de façon à prévenir les amorces de rupture et les glissements des terrains voisins.

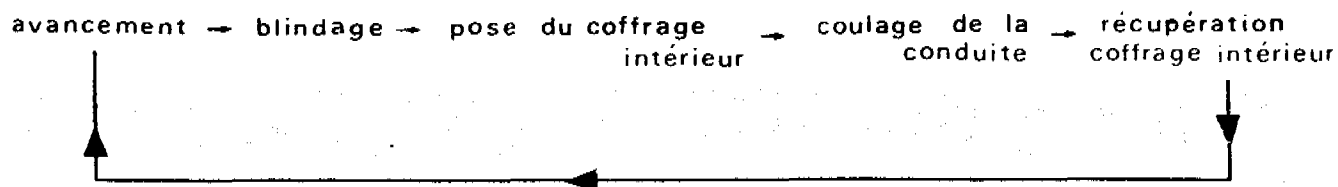
L'étalement et le blindage sont fonction de la profondeur de la tranchée, de la nature du sol (et des variations possibles de son état physique), des surcharges éventuelles en bordure de la fouille.

Pour l'exécution des tranchées profondes en terrains aquifères, il est possible d'employer des palplanches métalliques qui présentent l'avantage de constituer un écran étanche, lequel peut dispenser de tout époussemment pendant les travaux.

#### - Travaux en souterrain -

Les travaux en souterrain doivent être envisagés chaque fois que la profondeur des conduites est importante ( $> 6$  mètres) ou que l'exécution de fouilles ouvertes risque d'entraîner des désordres importants en surface (en particulier perturbations de la circulation).

- La technique classique s'apparente à la technique minière :



Les techniques utilisées sur le front de taille peuvent être très variables selon la nature du sol.

L'extraction des matériaux se fait généralement par l'intermédiaire de puits.

Trois techniques particulières peuvent également être utilisées :

- **Forage horizontal par tarière** : Utilisé sur de très courtes distances (exemple : franchissement de talus de voies ferrées ou de talus autoroutiers).

- **Fonçage horizontal** : A partir d'un puit d'accès, on pousse dans le sol en place des éléments préfabriqués ayant la section de l'ouvrage à réaliser (opération réalisée par l'intermédiaire de verrins). Au fur et à mesure de l'avancement, on excave le terrain aux dimensions exactes de la section foncée, de l'intérieur de l'élément de tête. Ce procédé convient bien aux gros diamètres préfabriqués en acier ou, de préférence, en béton armé. La distance entre deux puits consécutifs ne peut dépasser une centaine de mètres.
- **Mini tunnel** : Ce procédé repose sur des éléments préfabriqués en béton représentant une fraction de la section (entre le 1/4 et 1/8). Ces éléments sont assemblés sur place sur le front de taille. Le procédé convient bien aux diamètres intermédiaires ( $\phi$  1000 à 1200). Il est relativement économique car il supprime le coffrage et le système de verrins.

#### — Pose des canalisations

La pose des canalisations préfabriquées est une opération délicate et il est nécessaire de prendre les précautions suivantes :

- Nettoyement de l'intérieur des tuyaux (enlèvement des corps étrangers)
- Bon alignement des conduites
- Respect de la pente (tolérance de 1/20 à l'exécution).

Sauf stipulations particulières les conduites doivent être posées sur un lit de sable de 15 cm d'épaisseur, dressé et damé.

Les joints doivent être confectionnés avec soin et conformément aux prescriptions des fabricants de tuyaux.

Lorsqu'il s'agit de tuyaux à emboîtement, le joint est constitué d'un anneau de caoutchouc de section circulaire fermé par une soudure vulcanisée.

#### — Ouvrages coulés en place

Tous les égouts à banquettes (réseaux unitaires) ainsi que la plupart des égouts ovoïdes sont coulés en place.

Le radier est toujours coulé à part, son coffrage doit être mis à niveau et lesté de manière à éviter tout soulèvement lors du bétonnage.

L'état de surface de l'intérieur de la conduite doit faire l'objet de précautions importantes, pour obtenir un revêtement lisse (coefficient de rugosité faible).

#### — Ouvrages annexes

Les ouvrages annexes jouent un rôle fondamental pour l'exploitation rationnelle et correcte des réseaux d'assainissement.

a) Regards de visite

Leur rôle est de permettre l'accès au réseau pour son curage, ainsi que sa ventilation. Sur les égouts non visitables les regards de visite se placent dans l'axe de la canalisation.

Sur les égouts visitables, ils peuvent être latéraux.

Un regard de visite comprend :

- Un radier lisse en béton, comportant une cuvette de hauteur au moins égale au rayon de la canalisation et deux plages inclinées à 10 % se raccordant aux parois de la cheminée de regard
- Une cheminée verticale de section circulaire ou carrée, dont la dimension (côté ou diamètre) doit être supérieure à 90 cm
- Un dispositif de recouvrement (tampon, permettant le passage de l'air)
- Une échelle de descente (si l'échelle est en saillie, la dimension minimum de la cheminée est de 1 mètre).

b) Branchements particuliers

Le rôle des branchements particuliers est de collecter les eaux usées et éventuellement les eaux pluviales des immeubles. Leur établissement incombe aux particuliers qui doivent se conformer aux prescriptions du règlement sanitaire départemental.

Les branchements comprennent, de l'aval vers l'amont :

- Un dispositif de raccordement à l'égout qui peut être perpendiculaire sur les conduites visitables mais qui doit être oblique (max : 60°) pour les canalisations non visitables. Ce dispositif peut être constitué par :
  - Une culotte d'attente, mise en place lors de la pose de l'égout (solution idéale).
  - Une culotte intercalée lors de la construction du branchement
  - Un regard de visite
  - Un percement de la canalisation principale : Solution à déconseiller car elle crée souvent une saillie à l'intérieur de l'égout
- Une canalisation de branchement rectiligne et de pente minimum 3 %
- Un regard de tête ou une boîte de branchement selon que l'ouvrage reçoit une ou plusieurs canalisations d'évacuation.

c) Bouches d'égout :

Elles sont destinées à collecter les eaux de pluie et de lavage des chaussées. Elles comprennent :

- Un radier lisse en béton comportant un fond plat et quatre plages inclinées à 45 % (collecte des sables)

- Un branchement de raccordement à l'égout (diamètre minimum : 30 cm)
- Une cheminée verticale préfabriquée ou coulée en place
- Un cadre supérieur supportant l'ouvrage de collecte proprement dit : avaloir ou bouche à grilles.

#### – Ouvrages particuliers

Les différents ouvrages particuliers à mettre en place sur le réseau (siphons, déversoirs d'orage, bassins de dessablement, chasses d'eau, stations de relèvement, . . .) doivent être entièrement définis dans le cahier des prescriptions spéciales.

Ces ouvrages doivent être conçus pour faciliter au maximum l'exploitation des réseaux.

#### – Contrôle et suivi des travaux

Le contrôle des travaux doit s'effectuer pendant et après l'exécution des ouvrages. Le suivi doit se traduire par des documents établis pendant et après l'exécution, permettant l'établissement de la facturation ainsi que le recollement des ouvrages.

#### – Contrôles pendant l'exécution des travaux

Le contrôle pendant l'exécution des travaux porte essentiellement sur le respect de la pente et la qualité des joints.

Le contrôle de la pente s'effectue à deux niveaux :

- Vérification de la pente du fond de la conduite après dressage et avant exécution de l'ouvrage
- Réglage au moyen d'opérations topographiques définissant les points entre lesquels il est fait usage de nivelettes après mise en place des conduites.

Le réglage au niveau de maçon est formellement interdit.

Le contrôle des joints est qualitatif (inspection) et quantitatif (épreuves).

Un essai en tranchée est effectué à l'eau, ce qui correspond aux conditions d'exploitation du réseau. Chaque section soumise à l'épreuve est fermée à son extrémité aval par un tampon étanche. Le regard amont est rempli d'eau, aucune fuite ne doit se produire. La durée de l'épreuve est de 30 minutes avec une pression correspondant au remplissage maximum du regard. Il est d'usage de contrôler entre 1/5 et 1/10 de la longueur totale du réseau.

Cette épreuve ne peut se faire dans le cas de joints au ciment, la prise complète n'ayant lieu qu'après le remblaiement.

### – Contrôles après l'exécution des travaux

L'instruction technique encourage les services techniques à subordonner la réception des travaux à un contrôle poussé de la qualité des ouvrages. Ce dernier peut s'effectuer in situ pour les canalisations visitables, ou par examen à l'aide d'une caméra de télévision.

Trois points doivent être particulièrement étudiés :

- La qualité du revêtement intérieur
- La qualité des branchements (en particulier absence de parties pénétrantes dans la conduite)
- La qualité des joints.

Il faut noter qu'un contrôle suivi lors de l'exécution, ne dispense pas d'un contrôle après l'exécution, un remblaiement mal assuré pouvant endommager ou déplacer certains éléments.

### – Documents à produire pendant et après l'exécution

Pendant l'exécution des travaux, il est indispensable de rassembler tous les éléments nécessaires à la facturation :

- Mètre des ouvrages (quantités ou nombres)
- Volumes de terrassement
- Heures de régie.

Ces éléments peuvent être rassemblés sur des récapitulatifs journaliers ou hebdomadaires.

### – Plans de recollement

L'établissement des plans de recollement est indispensable pour la collectivité locale qui se doit de connaître le mieux possible un réseau.

Le contenu du dossier de recollement peut être variable, et dépend des conditions locales. En général, les documents suivants doivent être constitués :

- Plan général de réseau
- Profil en long des canalisations
- Croquis de repérage au 1:500 rattachés au plan général de réseau
- Annexes relatives aux ouvrages spéciaux (plans, coupes, notes de calcul, ...)
- Carnet des branchements (schémas et caractéristiques de chacun des branchements).

Ces documents doivent être constitués de façon à permettre une mise à jour aisée des documents existants décrivant la partie du réseau déjà construite.



**DISTRICT URBAIN  
DE  
NANCY**



**RACCORDEMENTS  
AUX  
RESEAUX PUBLICS  
D'ASSAINISSEMENT  
ET  
D'EAU POTABLE**

# 1 LES FORMALITES

## QUAND ?

Au moment de la demande du permis de construire, que celle-ci concerne :

- des terrains viabilisés ou non,
- des terrains déjà bâtis (réhabilitation, rénovation)

dans ces cas, le demandeur doit soumettre son permis de construire au DISTRICT URBAIN de NANCY.

## COMMENT ?

- En retirant le formulaire de demande de raccordement aux réseaux publics d'assainissement et d'eau potable à l'un des organismes suivant :

- à la MAIRIE de votre commune,
- au DISTRICT URBAIN de NANCY, 22-24 Viaduc Kennedy, 54000 NANCY,
- à la DIRECTION DEPARTEMENTALE de l'EQUIPEMENT, place des Ducs de Bar, 54000 NANCY,

- En remettant au DISTRICT URBAIN de NANCY un dossier constitué des documents suivants :

- le formulaire de demande de raccordement aux réseaux publics d'assainissement et d'eau potable, renseigné, daté et signé,
- un plan de situation de l'habitation à raccorder (échelle 1/5000),
- un plan d'implantation des réseaux (échelle 1/500 minimum),
- un plan en coupe des réseaux (échelle 1/50).

## AVIS DU DISTRICT

Aucun raccordement ne sera réalisé sans l'avis préalable du «District».

Après étude du dossier reçu, le District juge de la conformité de l'installation projetée et informe par écrit le demandeur :

- Avis favorable :

Le «District» établit deux devis pour la réalisation des travaux à effectuer :

- assainissement : sur domaine public, du (des) collecteur(s) principal(aux) à la limite de propriété,
- eau potable : de la canalisation principale au compteur

- Avis défavorable :

Le «District» motive son refus.

# 2 LE RACCORDEMENT A L'EGOUT

## 2.1. TYPES D'EAUX

### LES RESEAUX D'EGOUT RECOIVENT DEUX SORTES D'EAUX :

#### Les eaux usées (E.U.)

qui comprennent :

- Les eaux vannes (W.C.)
- Les eaux ménagères (cuisine, salle de bains, machines à laver le linge et la vaisselle).

Elles se rejettent dans un regard de branchement placé en limite de propriété.

#### Les eaux pluviales (E.P.)

qui comprennent :

- Les descentes de toiture
- Les grilles de cours et de terrasses

Elles se rejettent soit au caniveau, soit au fossé, soit dans le collecteur d'eaux pluviales si la voie en est pourvue.

## 2.2. TYPES DE RESEAUX PUBLICS

IL EXISTE DEUX TYPES DISTINCTS DE RESEAUX D'ASSAINISSEMENT :

### Réseau unitaire

Un seul réseau collecte les eaux de pluie, les eaux vannes (W.C) et les eaux ménagères, éventuellement les eaux industrielles.

De ce fait, tout ce qui est reçu par le réseau transite par la station d'épuration. En période de pluies, le surplus très dilué des débits doit être déchargé dans le milieu naturel par des déversoirs d'orage afin de ne pas saturer l'installation de traitement.

### Réseau séparatif

Un premier réseau reçoit exclusivement les eaux résiduaires (eaux vannes, eaux ménagères, eaux industrielles polluées).

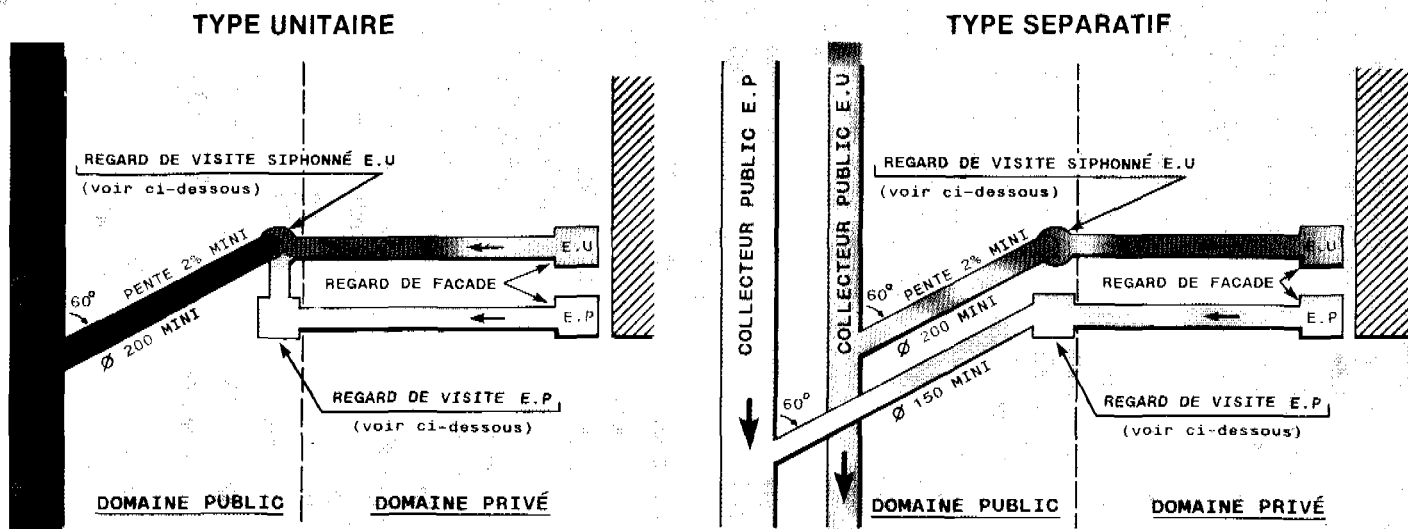
Un second réseau reçoit exclusivement les eaux pluviales ou les eaux non polluées (par exemple eaux industrielles de refroidissement...).

Le premier réseau est connecté sur la station d'épuration qui traite la totalité des débits reçus.

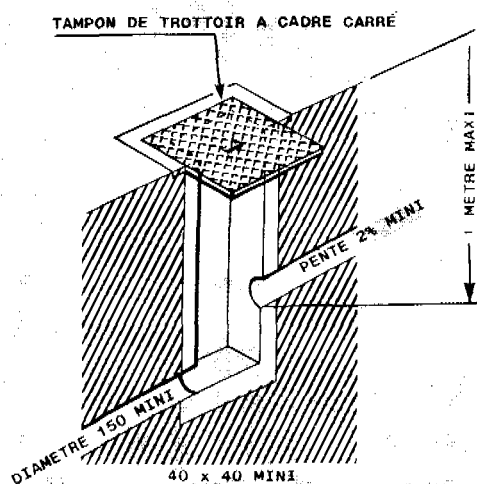
Le second réseau est raccordé à tout exutoire naturel existant (fossé, ruisseau, rivière, plan d'eau).

Selon que vous serez dans une zone collectée en système unitaire ou dans une zone collectée en système séparatif, les modalités de rejet des eaux sont différentes.

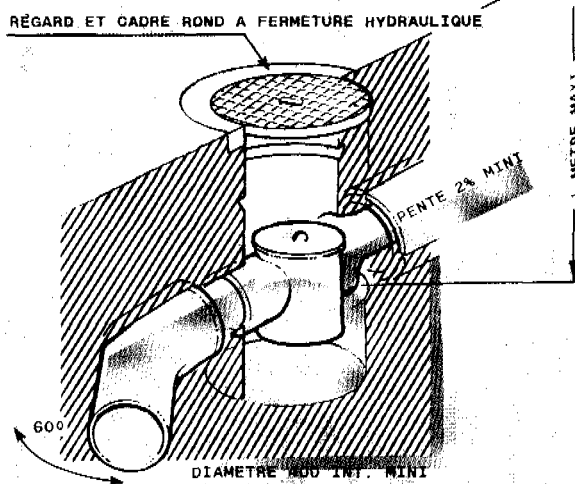
## 2.3. RACCORDEMENTS



## DETAILS DES RACCORDEMENTS

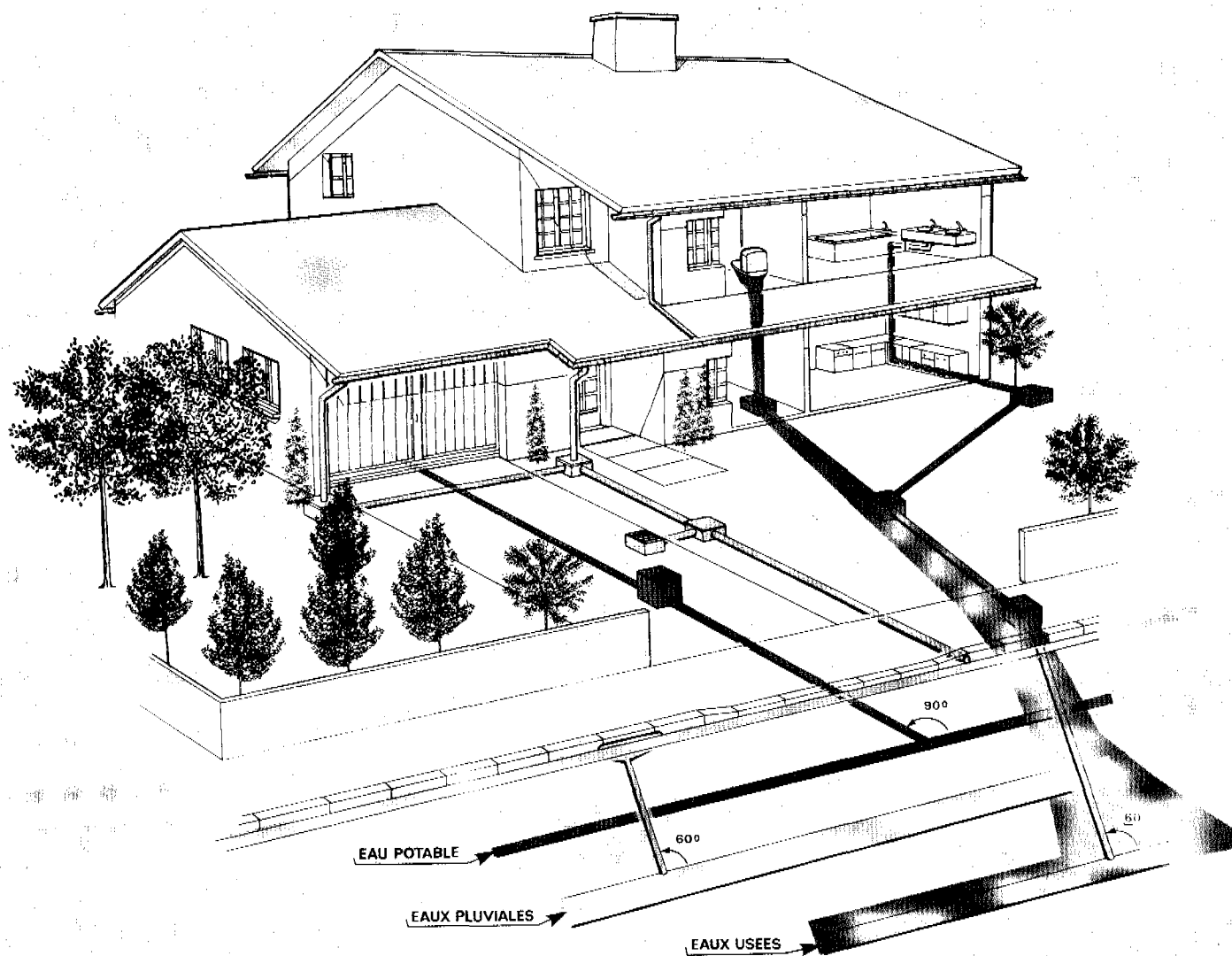


REGARD DE VISITE  
EAUX PLUVIALES (E.P.)



REGARD DE VISITE SIPHONNE  
EAUX USEES (E.U.)

## RACCORDEMENT TYPE D'UN PAVILLON



Dans une zone traitée en système séparatif, les usagers du service assainissement doivent séparer très scrupuleusement les eaux usées et les eaux pluviales comme le montre le schéma ci-dessus. En effet :

- si des eaux pluviales sont rejetées dans le réseau réservé aux eaux usées, on constate :
  - des apports d'eau trop importants à la station d'épuration qui rendent médiocre le traitement de ces eaux,
  - un débordement des collecteurs qui n'ont pas été prévus pour recevoir des eaux de pluie mais uniquement des eaux domestiques : débits plus réguliers et modérés.
- si des eaux usées sont rejetées dans le réseau réservé aux eaux pluviales, on constate :
  - une pollution du milieu naturel puisque les collecteurs d'eaux pluviales y aboutissent directement sans traitement,
  - des nuisances telles que des mauvaises odeurs se dégageant des collecteurs ou pollution des caniveaux qui ne devraient recevoir que des eaux de pluie.

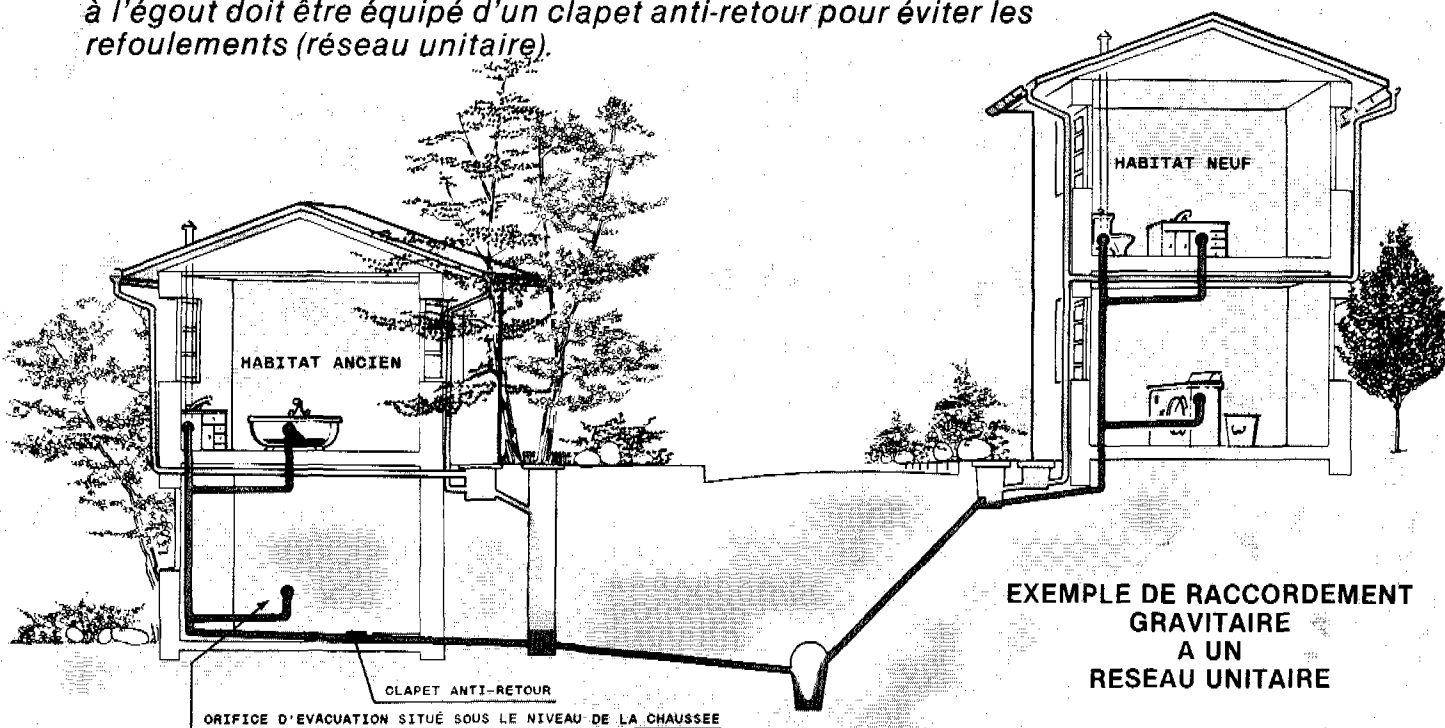
**Pour tous renseignements techniques relatifs à votre raccordement à l'égout et à l'eau potable, adressez-vous au :**

## 2.4. PROTECTION CONTRE LES REFOULEMENTS D'EGOUT

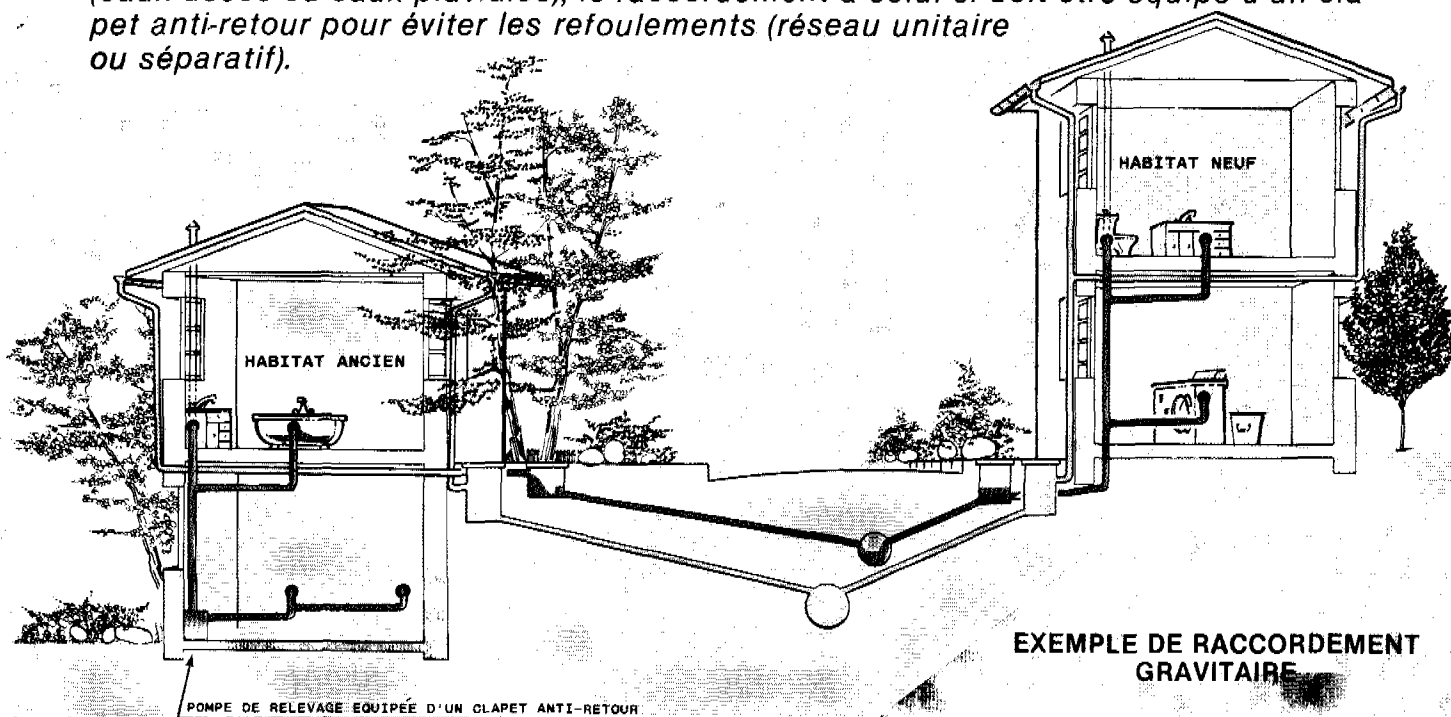
### Principes généraux

- Les canalisations intérieures situées à un niveau inférieur à celui de la chaussée devront être assemblées à l'aide de joints étanches et capables de résister à une pression de 1 bar.
- Les différents dispositifs de visite intérieurs situés à un niveau inférieur à celui de la chaussée devront également être étanches et munis d'un tampon hermétique verrouillable.

Lorsque des appareils d'utilisation sont installés à un niveau tel que leur orifice d'évacuation se trouve situé au dessous du niveau de la chaussée, le raccordement à l'égout doit être équipé d'un clapet anti-retour pour éviter les refoulements (réseau unitaire).



Lorsque des appareils d'utilisation (ou siphons de sol) sont installés à un niveau tel que leur orifice d'évacuation se trouve situé en dessous du niveau du collecteur (eaux usées ou eaux pluviales), le raccordement à celui-ci doit être équipé d'un clapet anti-retour pour éviter les refoulements (réseau unitaire ou séparatif).

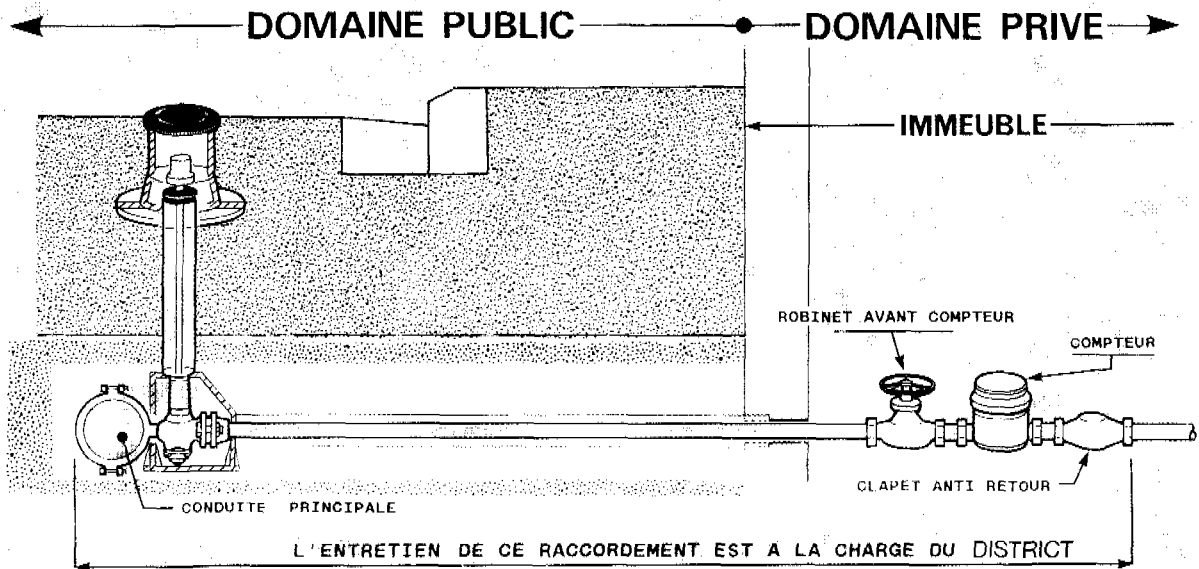


# 3 LE RACCORDEMENT A L'EAU POTABLE

Suivant la position de l'immeuble par rapport à la limite de propriété, deux cas se présentent :

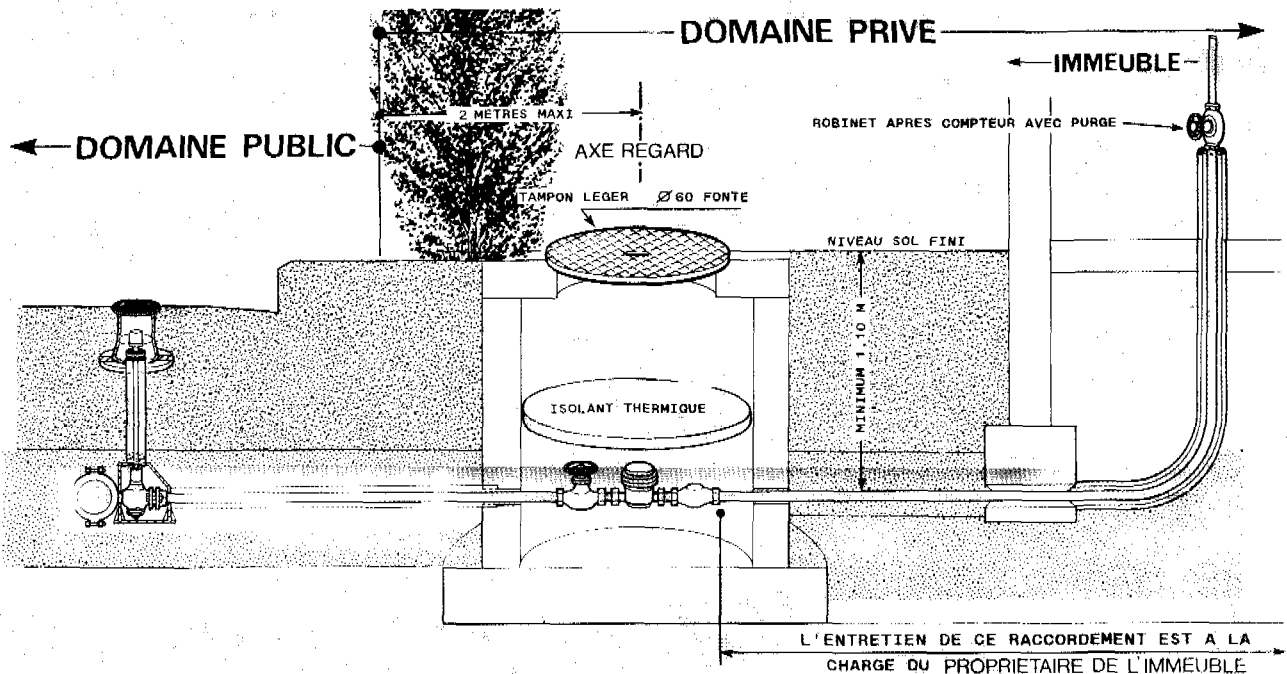
- Immeuble situé à moins de 2 mètres de la limite de propriété

## SCHEMA TYPE DE RACCORDEMENT PARTICULIER (sans regard)



- Immeuble situé à 2 mètres et plus de la limite de propriété

## SCHEMA TYPE DE RACCORDEMENT PARTICULIER (avec regard)

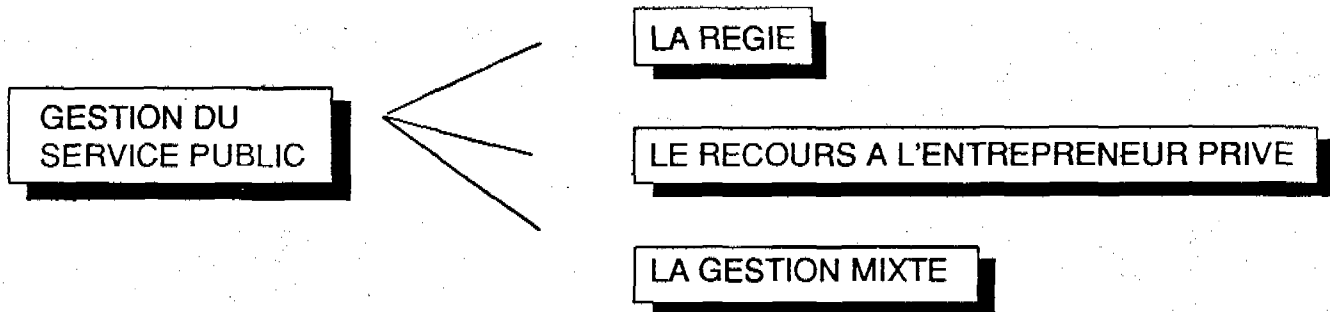


**V) MISE EN PLACE DE LA FONCTION  
ASSAINISSEMENT**

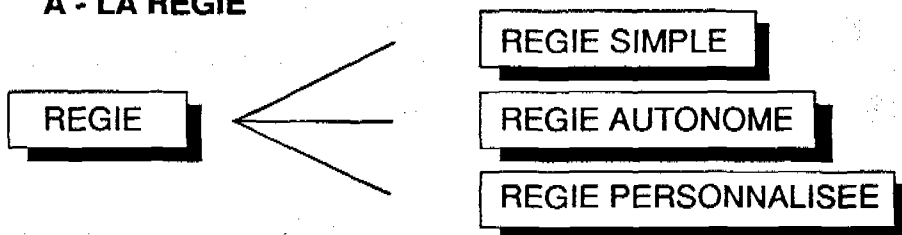
**par Monsieur DE BELLY**

## V) MISE EN PLACE DE L'ORGANISATION DE LA FONCTION ASSAINISSEMENT

Le mode de gestion d'un service public peut être divisé en trois grandes catégories :



### A - LA REGIE



La gestion du service public est assurée par une personne publique :

- Collectivité territoriale
- Etablissement public local

### I - REGIE SIMPLE

*I - 1 Le service public est géré par une collectivité compétente.*

*I - 2 Le service :*

- n'est pas doté de personnalité civile
- est assuré par des agents communaux

*I - 3 - La régie simple n'a pas d'autonomie financière. Les recettes et dépenses sont dans le budget de la commune.*

*I - 4 - L'Assemblée délibérante :*

- . fixe l'organisation de la régie
- . décide de l'affectation des biens et des personnes
- . détermine le montant des redevances et des prix
- Une commission spécialisée est chargée d'étudier les dossiers avec l'aide des techniciens avant de les soumettre à l'Assemblée délibérante.



## II - REGIE AUTONOME

### *II-1 Régie autonome*

- n'est pas dotée de personnalité civile
- dispose de l'autonomie financière mais est soumise à la règle de l'équilibre financier
- dispose d'organes de gestion propres

### *II-2 L'Assemblée délibérante*

- fixe les règles de l'organisation du service
- vote le budget du service (Distinct du budget de la collectivité)
- fixe les tarifs et redevances payés par l'usager

### *II-3 Le Président de la collectivité*

- présente à l'Assemblée les délibérations de la régie
- conclut les marchés
- est l'ordonnateur de la régie

Le Président est assisté dans sa tâche par :

- le Conseil d'exploitation de la régie nommé par l'Assemblée qui a un rôle consultatif.
- le directeur de la régie.

## III - REGIE PERSONNALISEE

*III - 1 C'est le cas lorsque la collectivité territoriale confie la gestion du service à un Etablissement public.*

*III - 2 Il y a transfert de compétence, le Conseil Municipal :*

- décide la création de la régie personnalisé
- fixe le règlement intérieur
- fixe le montant initial de la dotation de la régie.

*III - 3 L'établissement public est administré par un «Conseil d'Administration» qui fixe:*

- l'organisation du service
- les tarifs du service
- les conditions d'emploi du personnel
- le budget
- les acquisitions et aliénations.

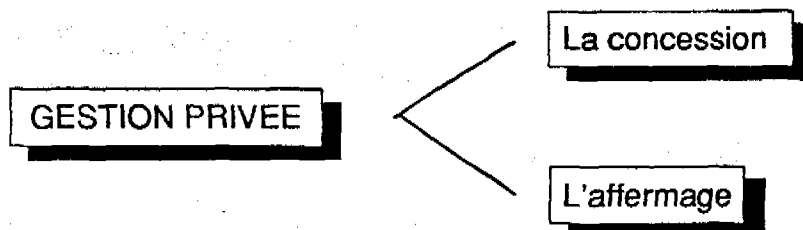
*III - 4 L'exécutif de l'établissement est assuré par un directeur qui :*

- exécute des délibérations
- conclut les marchés
- recrute le personnel qui, en principe, est soumis au droit privé
- et est l'ordonnateur de la régie.

*III - 5 Sur le plan financier, la Régie est soumise aux règles de la comptabilité publique.*

Sa trésorerie est placée auprès du trésor public.

## **B - GESTION PAR DES PERSONNES PRIVEES**



### I - LE CADRE JURIDIQUE

*I - 1 Le cadre juridique est fixé dans un contrat liant les parties :*

La collectivité :

- elle définit le service public. Elle conserve un droit de regard sur le fonctionnement du service et peut même modifier par avenant un contrat.

- elle contrôle la bonne exécution du contrat et peut prendre des sanctions en cas de non respect.

*1 - 2 Le gestionnaire :*

- il dispose souvent d'un monopole
- il a droit à la stabilité du contrat et au maintien de l'équilibre financier initial.
- il reçoit directement de l'usager les redevances payées.
- il gère le service à ses risques et périls.

**II - LA CONCESSION**

La concession de service public est une convention par laquelle la collectivité publique confie à une personne morale moyennant une rémunération.

La concession est caractérisé par :

- le service est exploité par une personne morale, le plus souvent privée (fonctionnement + investissement)
- le concessionnaire se rémunère sur les tarifs et redevances payés par les usagers.
- En fin de concession tous biens immobiliers reviennent gratuitement à la collectivité, biens mobiliers contre indemnité.

**III - L'AFFERMAGE**

L'affermage est une convention par laquelle la collectivité charge une personne d'exploiter un service public sous sa responsabilité :

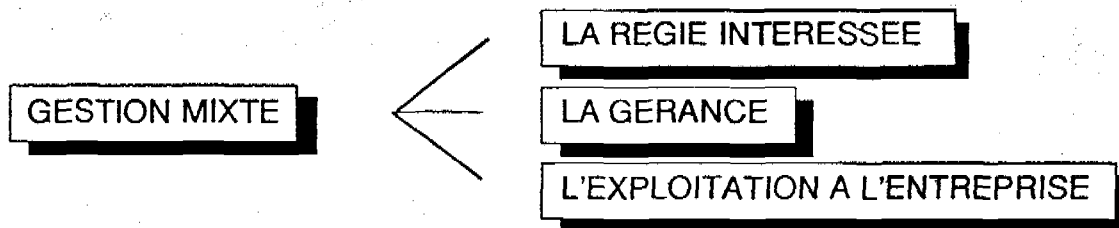
- grâce aux ouvrages mis à sa disposition par la collectivité moyennant une redevance.

Le contrat d'exploitation comprend donc trois éléments :

- l'exploitation
- les moyens mis à la disposition de l'exploitant par la collectivité
- la redevance que verse le fermier à la collectivité.

## C - LES FORMES MIXTES DE GESTION

Entre la régie et la concession ou l'affermage il existe d'autres formes de gestion.



### I - REGIE INTERESSEE

L'exploitation est confiée à une personne morale de droit privé.

Les dépenses et recettes sont gérées par la collectivité ; l'exploitant est rémunéré en fonction d'éléments sur lesquels il peut avoir une action (productivité, chiffre d'affaire ...)

### II - LA GERANCE

Le contrat est identique à la régie intéressée mais la rémunération de l'exploitant est forfaitaire. Aucun risque pour le gérant.

### III - L'EXPLOITATION A L'ENTREPRISE

Il s'agit de marchés de prestations de service confiées à des entrepreneurs privés dans le cadre d'un service public.

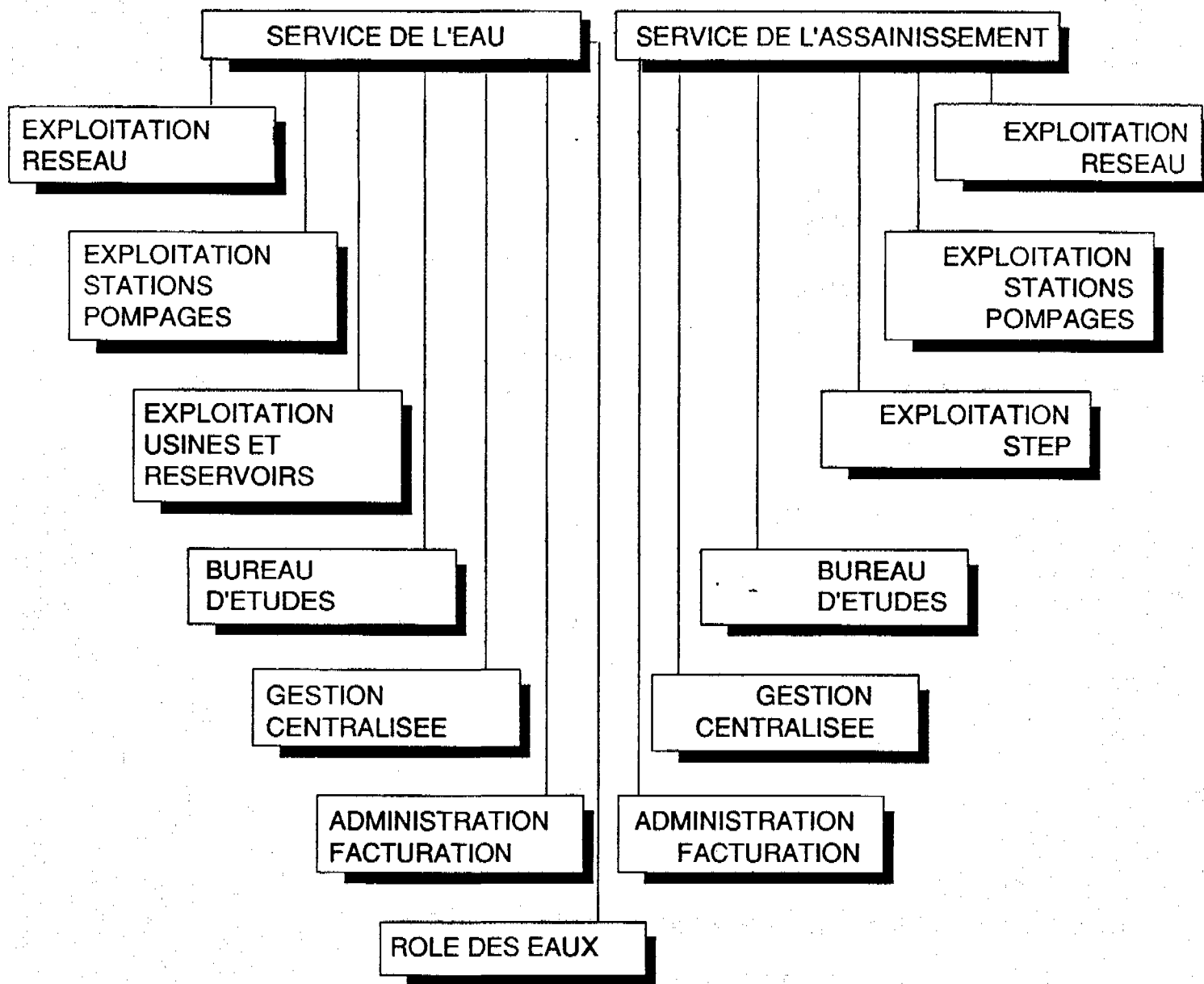
## D - L'ORGANISATION D'UN SERVICE EN REGIE

L'organisation d'un service d'eau et d'assainissement peut être envisagée de deux manières:

- A) Organisation structurelle
- B) Organisation fonctionnelle

## A) ORGANISATION STRUCTURELLE

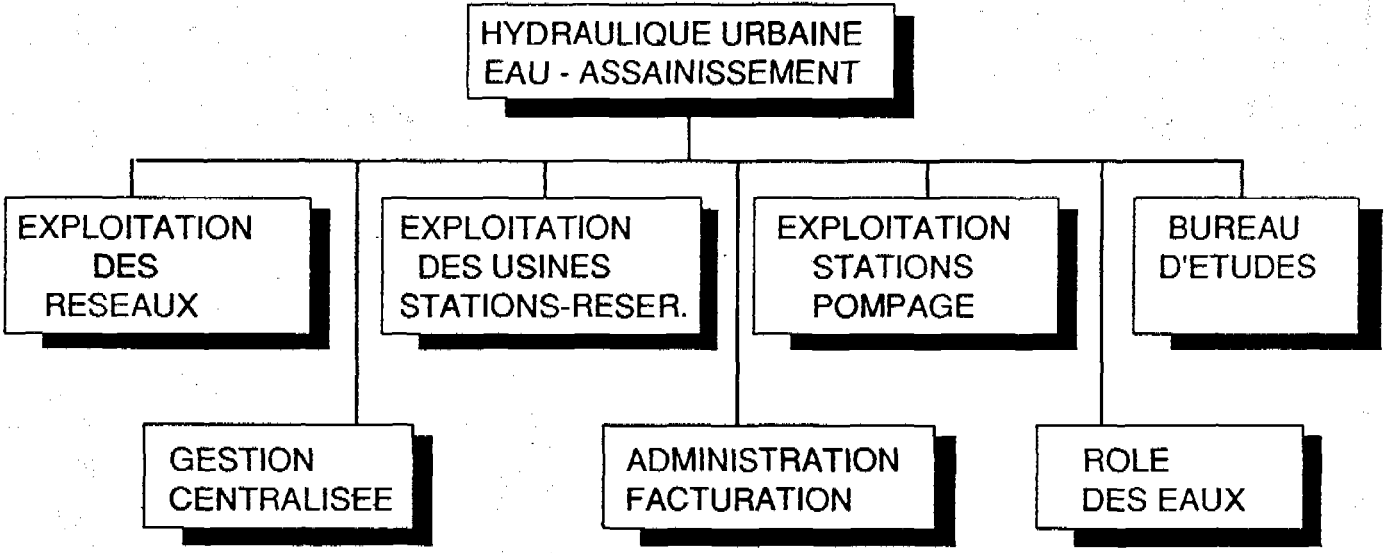
Dans cette organisation l'eau et l'assainissement sont considérés comme des structures indépendantes et l'on a deux services distincts.



**B) ORGANISATION FONCTIONNELLE**

Dans cette organisation on procède à un regroupement des services EAUX et ASSAINISSEMENT pour les réunir sous un titre "HYDRAULIQUE URBAINE", qui se divise en sous-services correspondant à des fonctions.

Chaque sous-service intervient dans cette organisation tant en eau qu'en assainissement dans la fonction qui lui est donnée. Le schéma est donc le suivant :



Cette organisation permet une gestion plus globale des réseaux d'eau et assainissement, et permet :

- une économie de personnel du fait de la suppression des doubles interventions,
- une souplesse dans la gestion du personnel,
- une amélioration de l'image de marque auprès de la population,
- une économie dans les moyens mis en oeuvre, notamment au niveau de l'informatique, de la métrologie et de l'administration.

## **VI) EXPLOITATION**

**par Monsieur DE BELLY**

VI) EXPLOITATION

– TECHNOLOGIE D'ENTRETIEN

– Curage des canalisations

Les eaux circulant dans les réseaux d'assainissement (eaux usées et eaux pluviales) sont chargées en matières en suspension décantables. En fonction du diamètre des particules, ces matières en suspension peuvent se déposer au fond de l'égout dès que la vitesse devient inférieure à une valeur donnée. On observe alors une formation de dépôts sur le radier, dépôts qu'il convient d'éliminer de façon à maintenir la protection de l'hygiène publique et à conserver à la conduite sa totale possibilité de débit.

Cette lutte contre l'ensablage peut se mener de façon préventive, en prévoyant une pente suffisante pour assurer l'autocurage des conduites, ou en installant des chasses d'eau automatiques. Elle peut aussi se mener de façon curative en nettoyant périodiquement le réseau.

– Chasses d'eau automatiques

Le principe de fonctionnement des chasses d'eau consiste à libérer dans l'égout, à intervalles réguliers, un volume d'eau suffisant pour chasser les sables qui se sont déposés entre deux lâchages.

Le volume d'eau à libérer doit être voisin du 1/6 du volume de la conduite à nettoyer. La période moyenne de fonctionnement est généralement voisine de 12 heures.

Le principe de fonctionnement d'une chasse d'eau automatique est décrit par la figure suivante.

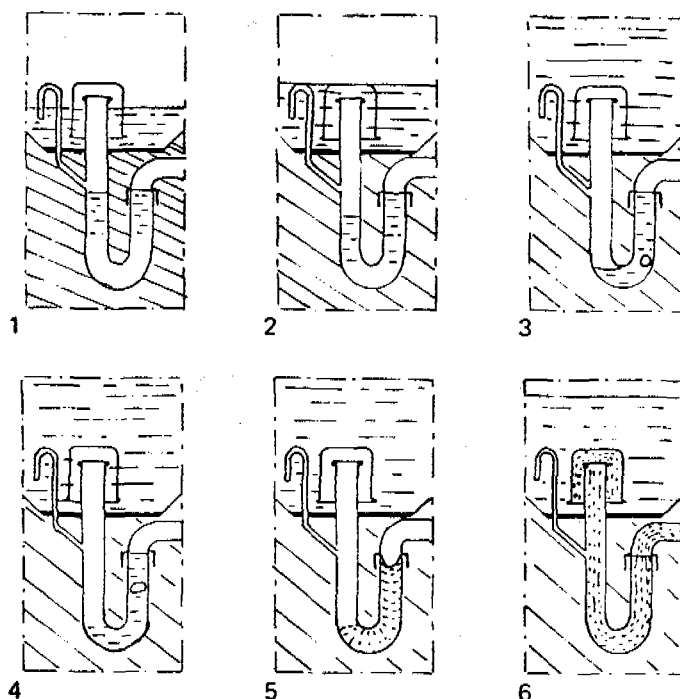


schéma de fonctionnement d'un siphon de chasse automatique pour canalisations d'égout.

- |   |                               |   |                               |
|---|-------------------------------|---|-------------------------------|
| 1 | appareil au repos             | 4 | échappement de la bulle d'air |
| 2 | remplissage compression d'air | 5 | la cloche est sous dépression |
| 3 | fin de la compression d'air   | 6 | amorçage-départ               |



Les inconvénients des chasses d'eau sont les suivants :

- prix très élevé (consommation importante d'eau)
- difficulté de réglage pour obtenir une période de fonctionnement donnée
- risque d'obstruction du robinet d'alimentation (eaux dures).

#### — Moyens de curage

Les moyens de curage des égouts sont très divers, ils sont différents pour les conduites visitables et pour les conduites non visitables.

##### a) Canalisations non visitables

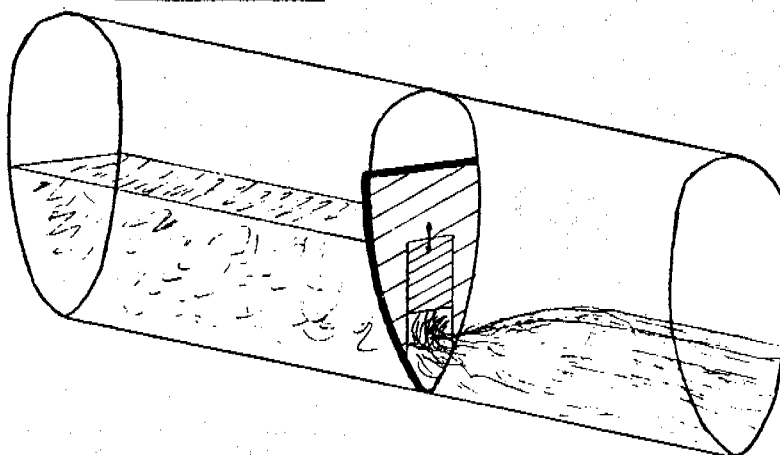
Nous citerons pour mémoire le **hérisson**, sorte de balai circulaire qui est tiré alternativement entre deux regards successifs, ainsi que la **boule**, d'un diamètre légèrement inférieur à celui de la conduite à curer et qui progresse dans l'égout sous l'effet de la charge d'eau à l'amont, chassant les sables vers l'aval.

Notons cependant qu'il existe des boules sophistiquées permettant de curer des siphons de grandes dimensions.

Actuellement les deux procédés les plus courants pour curer les conduites de petits diamètres sont :

- Les cureuses à godets tractées par deux treuils à moteur
- Les cureuses à haute pression.

##### b) Canalisations visitables



Les canalisations visitables sont curées à l'aide de vannes mobiles, munies d'une trappe de surface réglable à leur partie inférieure.

Ces vannes maintiennent un niveau d'eau à l'amont très supérieur au niveau d'eau à l'aval. La différence de pression ainsi obtenue permet d'obtenir dans la trappe d'écoulement une vitesse d'eau très importante chassant les sédiments vers l'aval.

L'appareil se déplace de l'amont vers l'aval en fonction de l'avancement des sédiments.

Selon la dimension des collecteurs trois cas sont possibles :

- Ovoïdes ordinaires : vanne à main (le déplacement de la vanne est effectué à main d'homme)
- Petits collecteurs à banquettes : wagon vanne. La vanne est montée sur un wagon circulant sur les banquettes (on ne cure que la cunette)
- grands collecteurs : bateau vanne.

Les sables sont extraits aux branchements d'accès (ovoïdes) ou recueillis dans les chambres de dessablement (collecteur à banquettes).

La fréquence des curages est extrêmement variable. L'établissement d'un plan de curage efficace nécessite des visites régulières du réseau. Soit des visites dans l'égout (visitables) soit des inspections par les regards des visites ou des examens par caméra de télévision (non visitables).

#### - Contrôle et entretien des maçonneries

A l'intérieur des réseaux d'assainissement circulent, à des vitesses parfois fortes, des eaux chargées de particules solides et de produits agressifs chimiquement. La composition de l'eau entraîne deux phénomènes : l'érosion et la corrosion, qui se traduisent par une dégradation des maçonneries et des joints.

Cette dégradation entraîne trois conséquences graves pour le fonctionnement correct du réseau :

- Augmentation de la rugosité des parois (en particulier du radier) → Diminution de la capacité des ouvrages
- Risques de pénétration eaux polluées → nappe phréatique
- Risques d'infiltration dans le réseau.

La dégradation des conduites doit donc être combattue, soit de manière préventive (conception du réseau, contrôle de la composition des rejets), soit de manière curative (réfection des radiers, réfection des joints, tubage des conduites, ...).

Pour ceci, il convient de bien connaître l'état du réseau, donc de l'inspecter régulièrement, soit par des visites soit par des examens à l'aide de caméras de télévision.

#### - Réhabilitation

- . tubage
- . gainage
- . béton projeté
- . injection

## ASPECTS EXPLOITATION

### - la section «exploitation et entretien des réseaux»

Les équipes qui rincent les collecteurs ne sont pas équipées de la même façon que celles qui nettoient les bouches d'égout :

#### . rinçage des collecteurs :

Les équipes sont constituées de 2 personnes : 1 chauffeur de véhicule (poids lourds), 1 agent de manutention.

Le matériel utilisé est une combinée hydro cureuse (coût : 800.000 à 1.000.000 F). Cette combinée projette de l'eau à forte pression dans l'égout (pour décoller les matières déposées sur les fonds et les parois de canalisations), ramène les matières vers le regard d'intervention et aspire cette dernière.

Rendement de l'équipe : 400 ml curage d'égout par jour.

#### . curage des bouches d'égout :

Les équipes se composent de 3 ou 2 agents (de préférence 3) : 1 chauffeur, 1 ouvrier de grille, 1 agent de manutention. Elles sont équipées de camion aspirateur (coût : 600.000 F).

Rendement de l'équipe : 70 à 90 unités par jour.

Elles entretiennent aussi les déversoirs d'orage et les bassins de pluie.

### - la section «exploitation des stations d'épuration»

La composition de l'équipe varie évidemment avec l'importance de la station. Il faut compter :

- . 1 personne à temps plein pour 1 station de 10.000 équivalents-habitants (e.h.)
- . 2 personnes pour 1 station de 25.000 e.h.
- . 60 personnes pour 1 station de 1.000.000 e.h.

Suivant la taille de la station, le chef de station est 1 ingénieur, 1 technicien de haut niveau (Bac + 2) ou 1 technicien (Bac). Il doit avoir de solides connaissances en mécanique, électricité, hydraulique, chimie et bactériologie des eaux.

Lorsqu'il s'agit de «petites» stations (2.000 à 5.000 équivalents-habitants) 1 préposé peut suivre le fonctionnement de 4 stations par jour. Il s'occupe du réglage des appareils pour que le traitement des eaux (traitement physico-chimique, biologique, élimination de l'azote, du phosphore) soit optimal, pour que le traitement des boues les rende facilement évacuables et qu'elles ne provoquent pas d'odeurs.

Le laboratoire des eaux usées suit les résultats de l'épuration et donne tous conseils utiles pour le réglage des appareils.

- la section «entretien des stations de relèvement»

Il s'agit d'équipes légères passant, en tant que de besoin, mais au moins 12 fois par an, pour contrôler et entretenir les pompes de relèvement. Les 2 agents qui la composent ont une formation d'électromécanicien. Ils sont dotés d'une camionnette-atelier équipée d'un nettoyeur haute-pression pour le lavage des matériels et d'une petite grue pour démonter sur place des pompes. Chaque équipe entretient par an entre 80 et 110 stations de relèvement.

- le service «d'assistance technique aux exploitants de stations d'épuration»

Comme son nom l'indique, ce Service conseille les élus et les exploitants sur la meilleure façon de conduire leur station d'épuration.

Il procède aussi à des analyses (4 par an) des eaux usées. Les résultats sont transmis à l'Agence de l'Eau qui, suivant le cas, attribue des aides financières aux collectivités.

Ces équipes ont des camionnettes-laboratoires.

- la section «contrôle des installations intérieures»

Le rôle de cette section est important car il surveille de très près les conditions techniques de réalisation des branchements sur les égouts. Lorsqu'un particulier désire se brancher sur l'égout, il doit présenter à cette section les plans complets de son projet.

La section «contrôle des installations», vérifie les cotes, les pentes, les matériaux employés, les conditions générales d'exécution. Elle vérifie notamment si les dispositions du Code de la Santé Publique, du Règlement Sanitaire Départemental et du règlement d'assainissement particulier sont respectées. Deux techniciens constituent cette section. A deux, ils examinent par an 600 dossiers. Le coût de chaque examen est de 500 F.

## **VII) ASSAINISSEMENT INDIVIDUEL**

**par Monsieur DE BELLY**

# 1<sup>re</sup> opération : diriger les eaux usées vers la fosse septique.

## Le rôle des conduites.

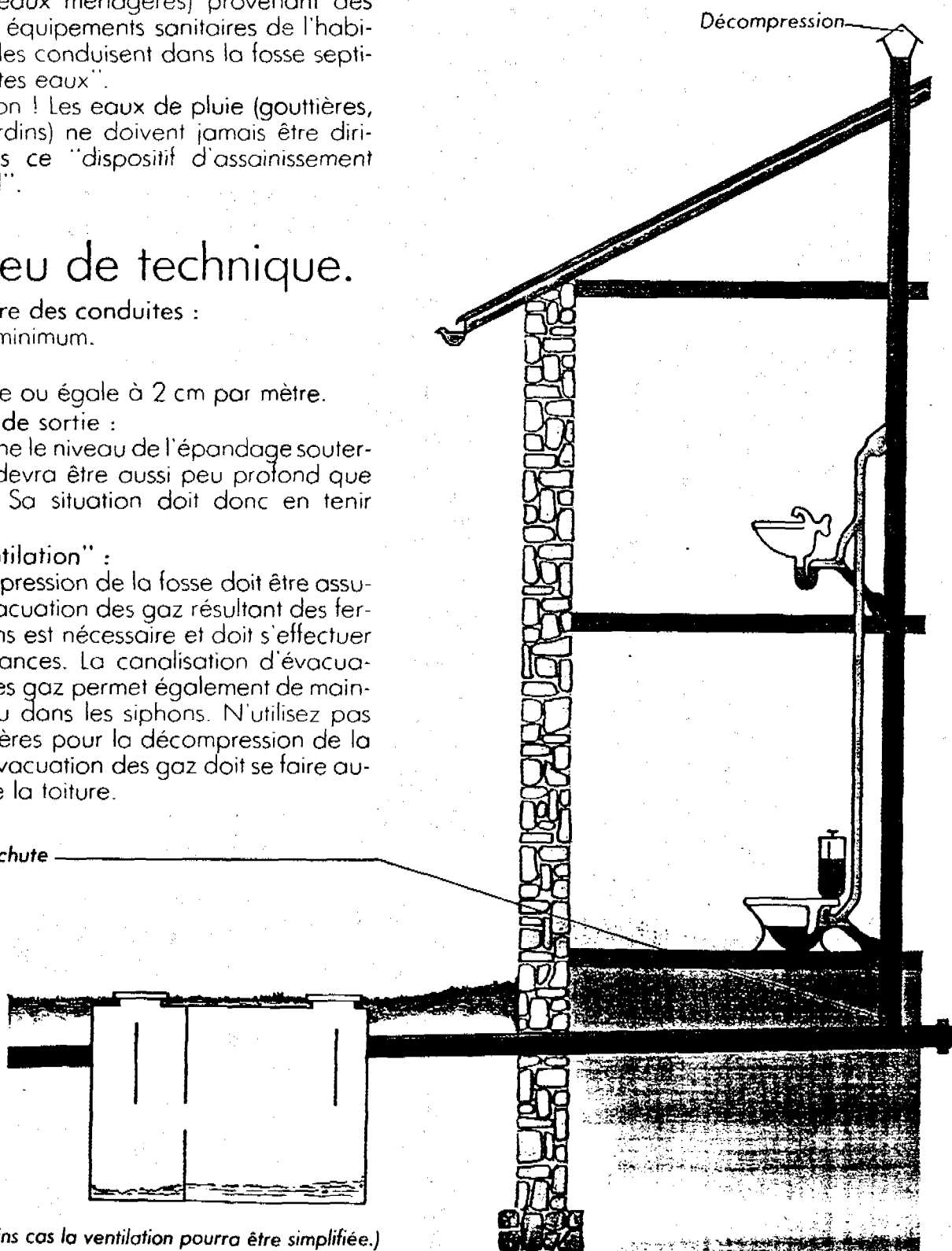
Elles collectent toutes les eaux usées (eaux vannes, eaux ménagères) provenant des différents équipements sanitaires de l'habitation et les conduisent dans la fosse septique "toutes eaux".

Attention ! Les eaux de pluie (gouttières, cours, jardins) ne doivent jamais être dirigées vers ce "dispositif d'assainissement individuel".

## Un peu de technique.

- diamètre des conduites :  
100 mm minimum.
- pente :  
supérieure ou égale à 2 cm par mètre.
- niveau de sortie :  
il détermine le niveau de l'épandage souterrain qui devra être aussi peu profond que possible. Sa situation doit donc en tenir compte.
- la "ventilation" :  
la décompression de la fosse doit être assurée ; l'évacuation des gaz résultant des fermentations est nécessaire et doit s'effectuer sans nuisances. La canalisation d'évacuation de ces gaz permet également de maintenir l'eau dans les siphons. N'utilisez pas les gouttières pour la décompression de la fosse. L'évacuation des gaz doit se faire au-dessus de la toiture.

Tuyau de chute



(Dans certains cas la ventilation pourra être simplifiée.)

# 2 Ensuite, préparer les eaux usées en les liquéfiant.

## Pourquoi un tel traitement préalable ?

Les eaux usées sont chargées en graisses et matières en suspension. Il faut absolument éviter l'obstruction des canalisations et le colmatage du système d'épandage.

Comment ? Grâce à la fosse septique toutes eaux.

## Une fosse septique toutes eaux, comment ça marche ?

D'abord, il faut savoir qu'une fosse septique n'épure pas. Elle prépare le traitement de **toutes** les eaux usées. Dans la fosse, les graisses et les particules légères s'accumulent en surface alors que les matières les plus lourdes se déposent au fond.

Sous l'action des bactéries les matières sont "liquéfiées" ce qui diminue progressivement l'importance des dépôts. Ensuite, le liquide (et lui seul) est évacué de la fosse. (Les matières non biodégradées qui encombreront la fosse devront être vidangées tous les deux ans environ).

## Comment installer une fosse ?

### Quelles précautions prendre ?

Le bon fonctionnement de la fosse passe par un certain nombre de points obligatoires (dispositions de construction, raccordements corrects...). Ce n'est qu'en respectant scrupuleusement ces points que vous obtiendrez un fonctionnement satisfaisant de la fosse (voir schéma page suivante).

**Quelle capacité ?** Elle est fonction de l'importance de l'habitation, du nombre d'usagers et d'équipements ménagers "polluants" : machines à laver...

La réglementation fixe des volumes minimum à respecter. Mais si vous disposez du confort "moderne", nous vous conseillons d'installer des fosses ayant les volumes indiqués ci-dessous.

Caractéristiques du logement (nombre de pièces principales) *	Volumes en m <sup>3</sup> recommandés
Jusqu'à 4	3
5	3,5 - 4
6	4 - 4,5
7	4,5 - 5

Vous pourrez ainsi, en réduisant la fréquence des opérations de vidange, récupérer très vite le léger surcoût à la construction et améliorer la sécurité de fonctionnement et donc votre confort.

### Quels matériaux ?

La fosse doit être étanche. Il faudra choisir un matériau résistant aux pressions du sol, comme à la corrosion et à la dégradation (y compris par les animaux tels que les rats).

### Où implanter la fosse ?

L'implantation de la fosse est bien sûr fonction de la situation de la zone d'épandage. Elle doit être située à l'écart du passage des véhicules tout en restant accessible pour l'entretien.

\* Nombre de pièces principales : Nombre de chambres + 2.

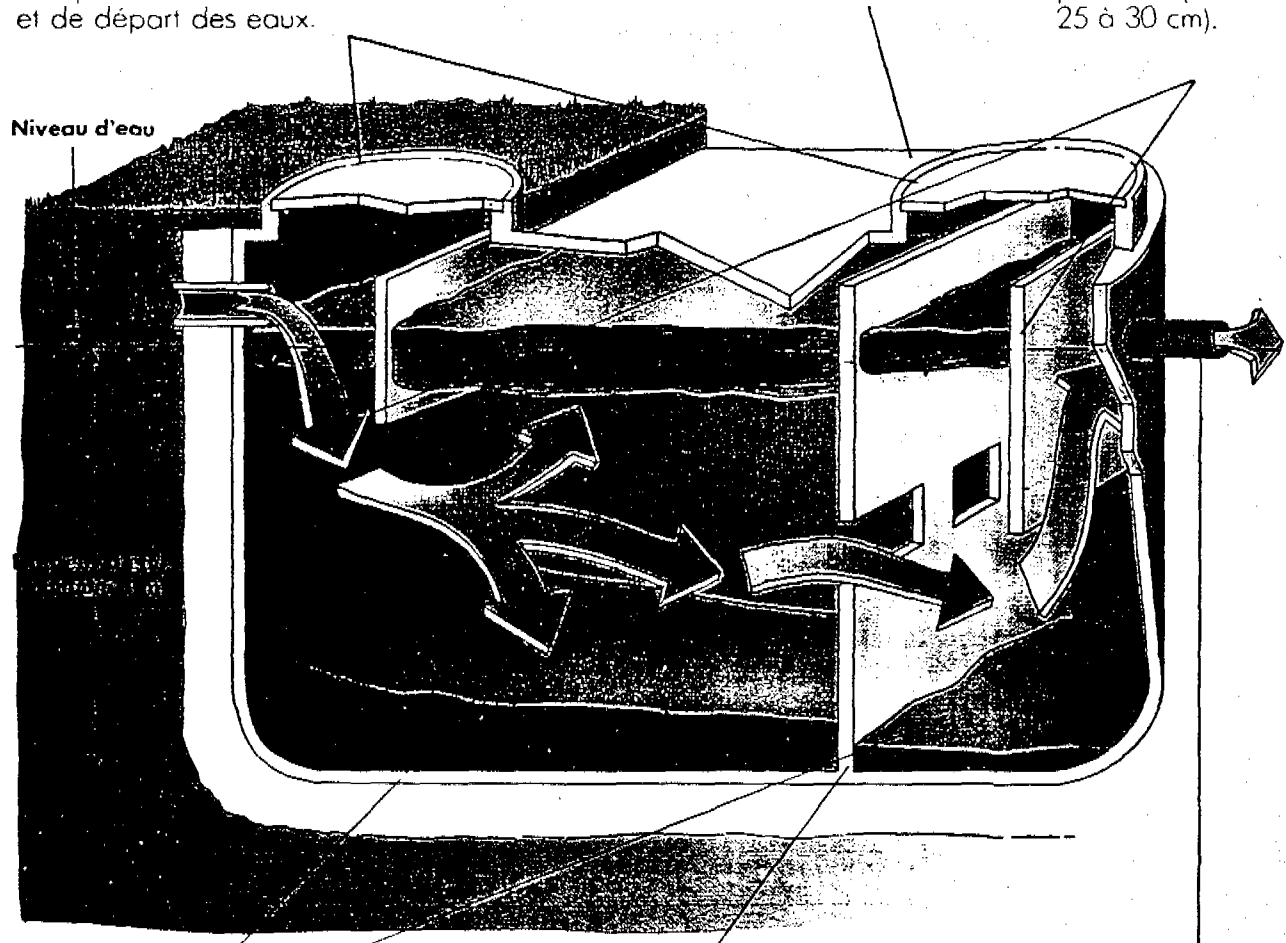
# 2

## Fosse septique toutes eaux.

Ces "tampons" permettront l'entretien sans difficulté ainsi que l'accès aux deux compartiments, en particulier aux points d'arrivée et de départ des eaux.

La dalle de couverture devra affleurer le sol.

Défecteurs : ils doivent être robustes et suffisamment profonds (environ 25 à 30 cm).



La fosse devra comporter au moins deux compartiments dont les volumes respectifs seront de 2/3-1/3.

Cloison ou autre dispositif permettant d'assurer la retenue optimum des matières flottantes et des boues.

La conduite de sortie sera placée légèrement plus bas que la conduite d'amenée afin d'éviter l'engorgement au niveau de l'arrivée des eaux.



## Quelques conseils pratiques :

- Il est préférable de placer la fosse le plus près possible de l'habitation afin de limiter les risques de colmatage de la conduite d'amenée.
- La fosse sera posée sur un lit de sable d'une dizaine de cm d'épaisseur.
- Attention au positionnement de la fosse. L'entrée des eaux usées se fait dans le grand compartiment. L'orifice d'entrée est placé plus haut que l'orifice de sortie.
- Si vous utilisez une fosse en matière plastique, remblayez avec des matériaux meubles (bonne terre sans cailloux pointus) ou du sable et remplissez au fur et à mesure la fosse d'eau pour équilibrer les pressions.
- Si le terrain est gorgé d'eau, il peut être nécessaire de lester la fosse pour éviter qu'elle ne remonte à l'occasion d'une opération de vidange.

Appareil équivalent : dispositif de prétraitement aérobie.

*Cet appareil se compose obligatoirement d'une cellule d'aération et d'un piège à boues (séparé) de 1000 l de capacité pour conduire à un volume équivalent à celui de la fosse toutes eaux anaérobie.*

*Une très grande attention devra être portée à l'entretien de la partie électro-mécanique ainsi qu'à l'exploitation du dispositif (contrôle du taux de boues et vidanges régulières).*

*L'exploitation de ce dispositif doit être faite par des personnes techniquement compétentes.*

## 2

### Une sécurité : l'indicateur de fonctionnement :

Il signale les entraînements des boues et prévient le colmatage des tranchées.

C'est une sécurité qui prévient quand il est nécessaire de faire vidanger. Il vous faudra donc surveiller cet indicateur de fonctionnement (tous les deux mois environ).

# 3 Et maintenant, épurez, évacuez : l'épandage.

---

## Neutralisez les germes dangereux.

A la sortie de votre fosse, les eaux usées sont "clarifiées" mais attention, elles sont encore chargées de virus, de bactéries, de parasites... Le traitement les éliminera ou les réduira.

## L'épurateur ? C'est le sol.

Il s'y développe naturellement des bactéries épuratrices, l'air s'y renouvelle rapidement, enfin il retient les germes pathogènes qui y dépérissent.

## Priorité à l'épandage à faible profondeur.

Chaque fois que la nature du terrain le permet, c'est donc l'épandage en sol naturel qui sera choisi. Celui-ci se fera le plus superficiellement possible, là où le sol est en général le plus perméable et où l'air circule le plus facilement.

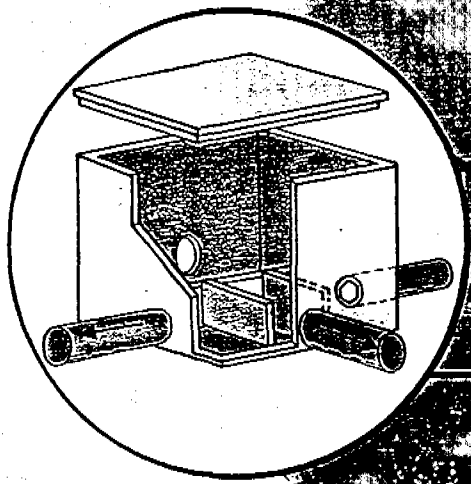
## Un peu de technique.

Le schéma ci-contre indique la nature et la granulométrie des matériaux à utiliser, les distances à respecter. Bien entendu, la longueur totale des tranchées est déterminée par la capacité d'absorption du sol et la taille de l'habitation.

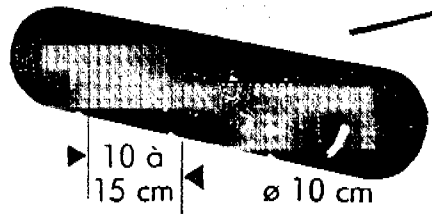
Quelques essais et observations techniques du sol sont nécessaires : perméabilité, traces d'hydromorphie, structure. Ils permettront d'apprécier les possibilités d'épandage.

Sachez néanmoins que pour un pavillon de 5 pièces principales, sur un terrain de perméabilité moyenne, il faut prévoir une longueur d'épandage de l'ordre de 45 m linéaires répartie en 2 ou 3 branches.

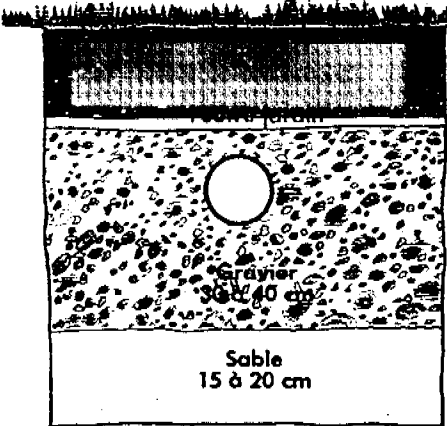
# L'épandage sur un terrain plat.



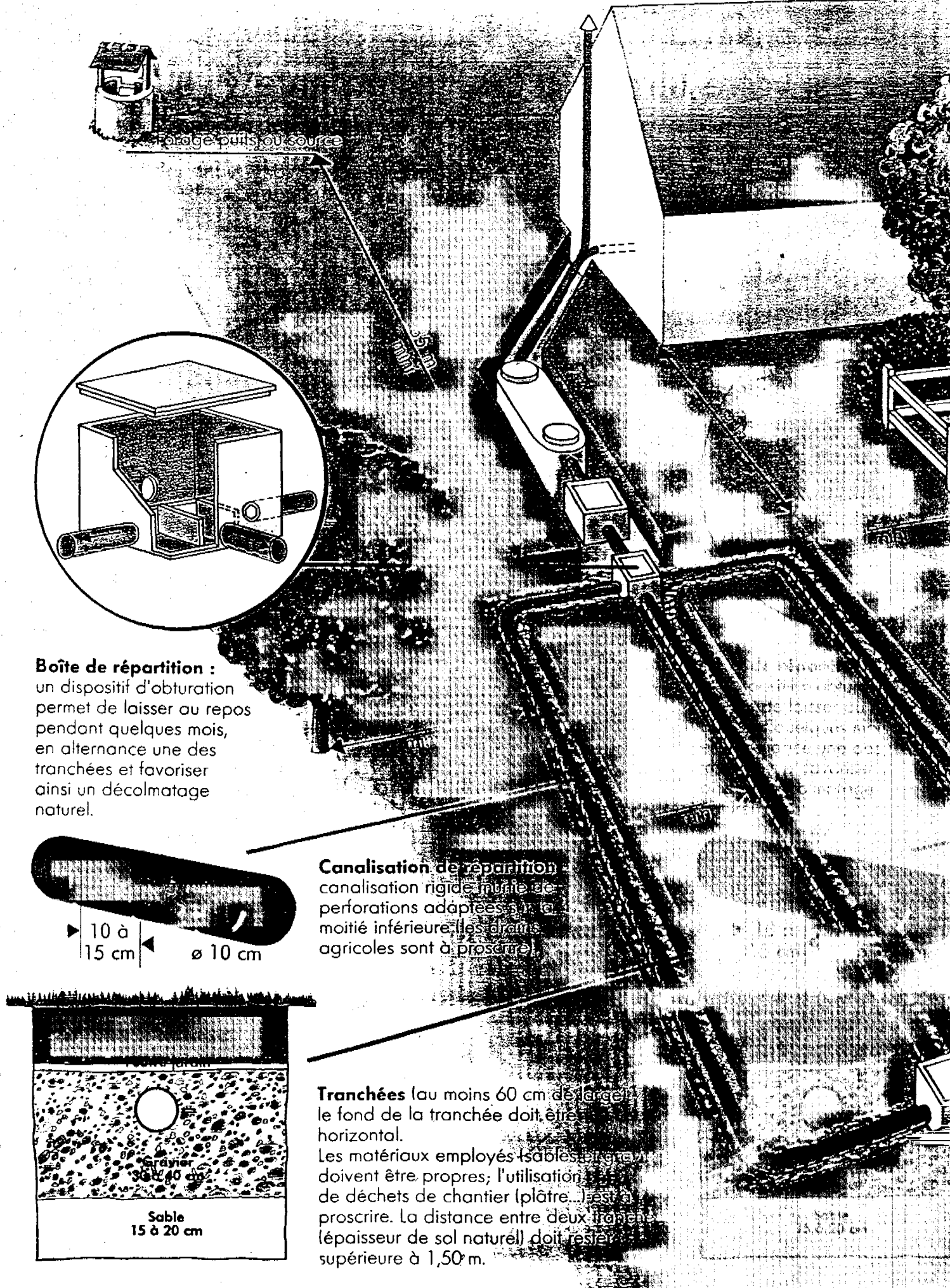
**Boîte de répartition :**  
un dispositif d'obturation permet de laisser au repos pendant quelques mois, en alternance une des tranchées et favoriser ainsi un décolmatage naturel.



**Canalisation de répartition**  
canalisation rigide munie de perforations adaptées sur la moitié inférieure (les drains agricoles sont à proscrire).



**Tranchées** (au moins 60 cm de largeur) le fond de la tranchée doit être horizontal. Les matériaux employés (sables et graviers) doivent être propres; l'utilisation de déchets de chantier (plâtre...) est à proscrire. La distance entre deux tranchées (épaisseur de sol naturel) doit rester supérieure à 1,50 m.

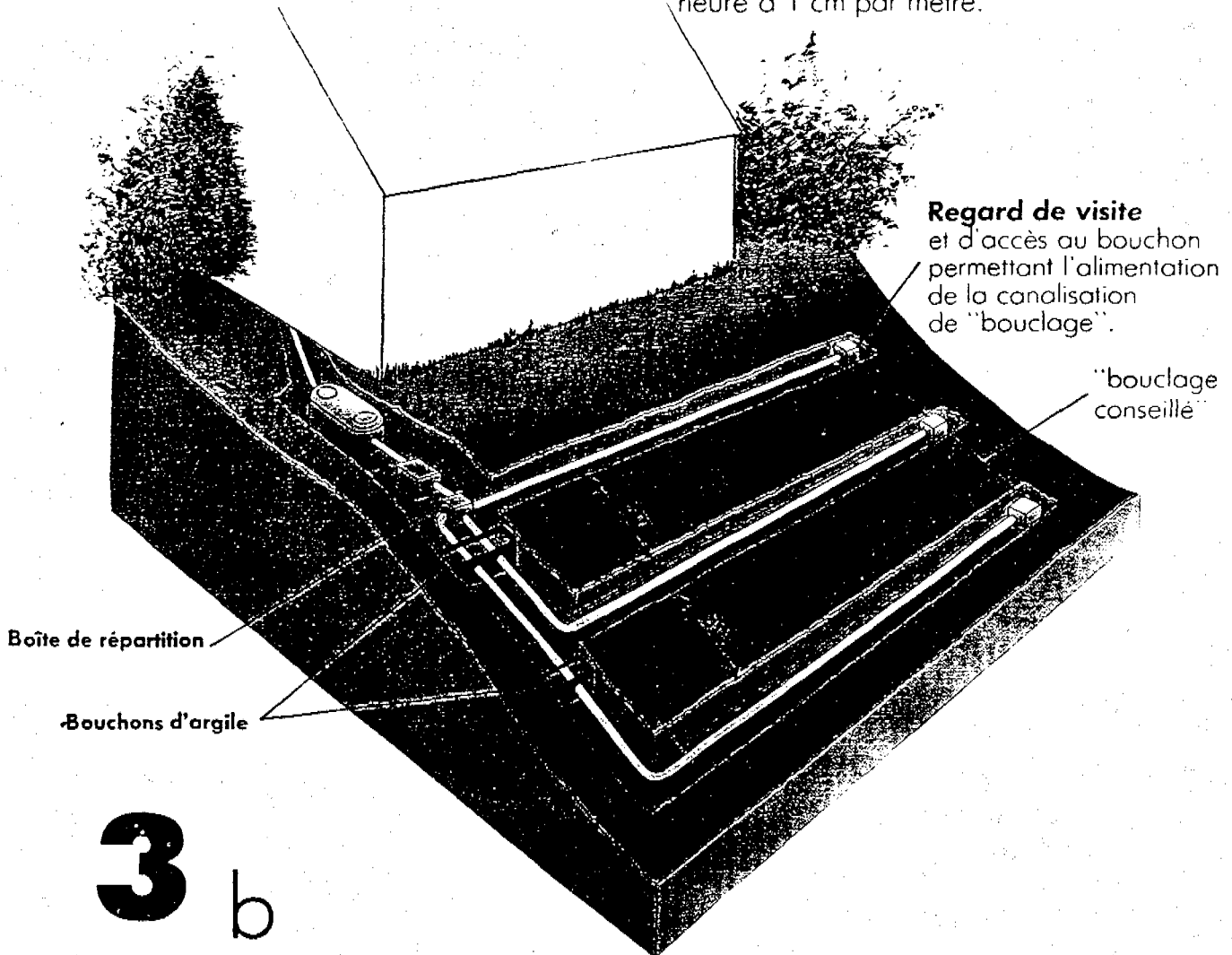


# 3 a

## Et si votre terrain a une forte pente ?

...Une pente de 5 cm par mètre (5 %) par exemple.

Les tranchées doivent obligatoirement être perpendiculaires à la ligne de la plus forte pente en conservant une pente inférieure à 1 cm par mètre.



Regard de visite et d'accès au bouchon permettant l'alimentation de la canalisation de "bouclage".

"bouclage conseillé"

Boîte de répartition

Bouchons d'argile

# 3 b

## Et si votre terrain est trop imperméable\* ?

L'eau ne peut être totalement résorbée dans le sol. D'autres procédés permettent de traiter l'effluent à un niveau rendant acceptable le rejet dans le milieu superficiel.

Ces procédés sont basés sur l'utilisation du sable en remplacement du sol naturel (voir page suivante).

## ...Ou trop perméable ?

Inversement les eaux sont éliminées trop rapidement et le sol n'a pas le temps d'assurer pleinement le traitement des effluents (risque de pollution des nappes d'eau sou-

terraine). Il faut alors reconstituer une couche de sol artificiel (filtre à sable vertical) qui épurera l'effluent.

\*Votre terrain peut également être non pas imperméable mais temporairement "gorgé d'eau". Dans ce cas, le niveau de la nappe pourra être abaissé par un drainage profond, ce qui rendra l'épandage possible.

# Les filtres à sable.

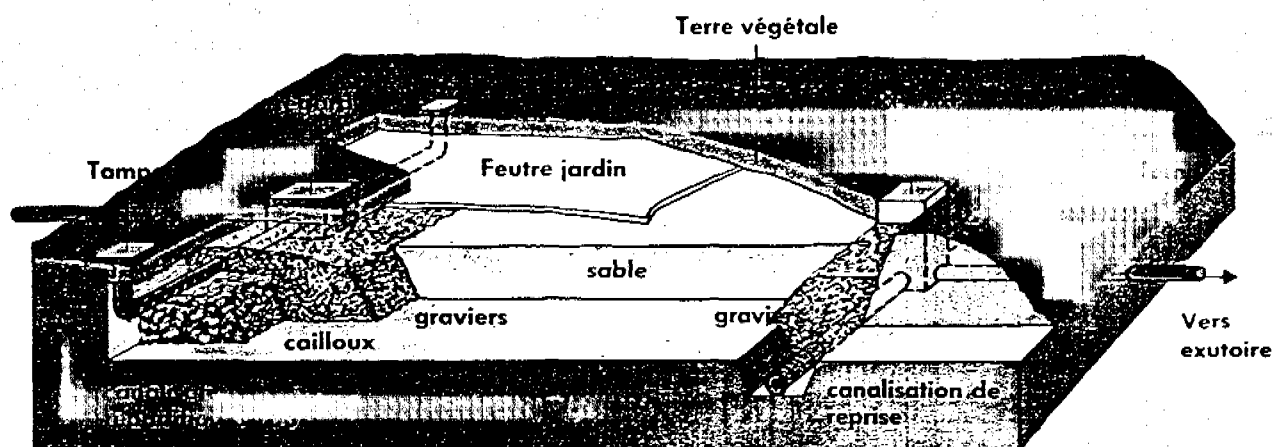
L'utilisation du sable peut être faite de plusieurs manières. Deux exemples entre autres vous sont donnés en fonction de la cote de l'exutoire.

## Le filtre à sable horizontal.

Il reçoit les eaux usées prétraitées sur une longueur de répartition qui est fonction de la taille du pavillon desservi.

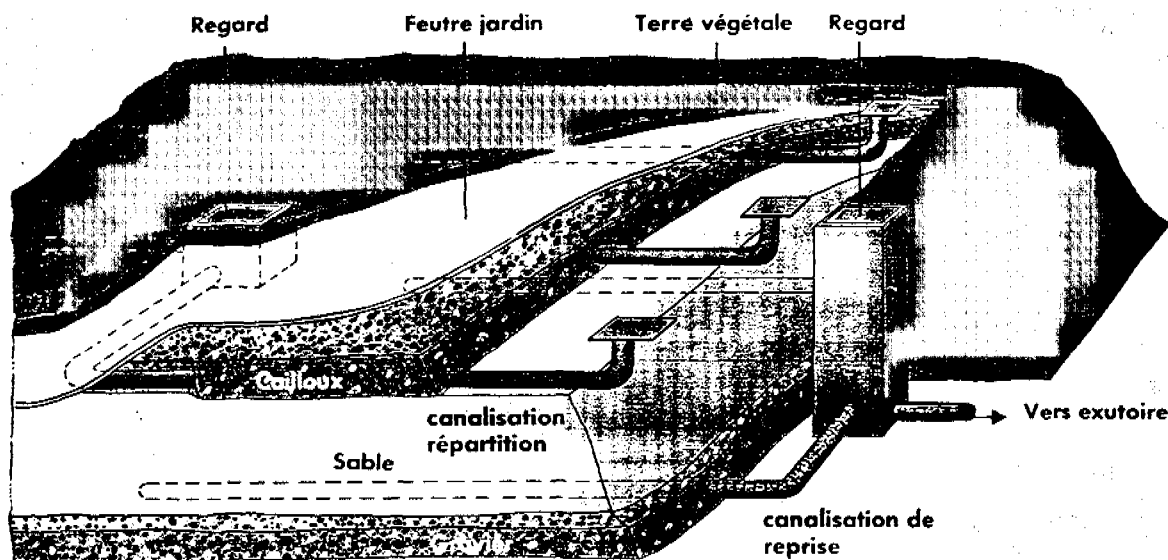
L'épuration se fait par passage très lent de l'effluent au travers d'un lit de sable peu épais. La longueur de cheminement de l'eau dans le sable doit être limitée à quelques mètres (débordements)\*.

Le rejet doit être possible à 35 cm environ sous le niveau d'arrivée dans le filtre (voir figure).



## Le filtre à sable vertical.

L'effluent est réparti sur une épaisse couche de sable qu'il traverse verticalement; ce système nécessite donc un rejet possible à un mètre environ sous le niveau d'arrivée dans le filtre.



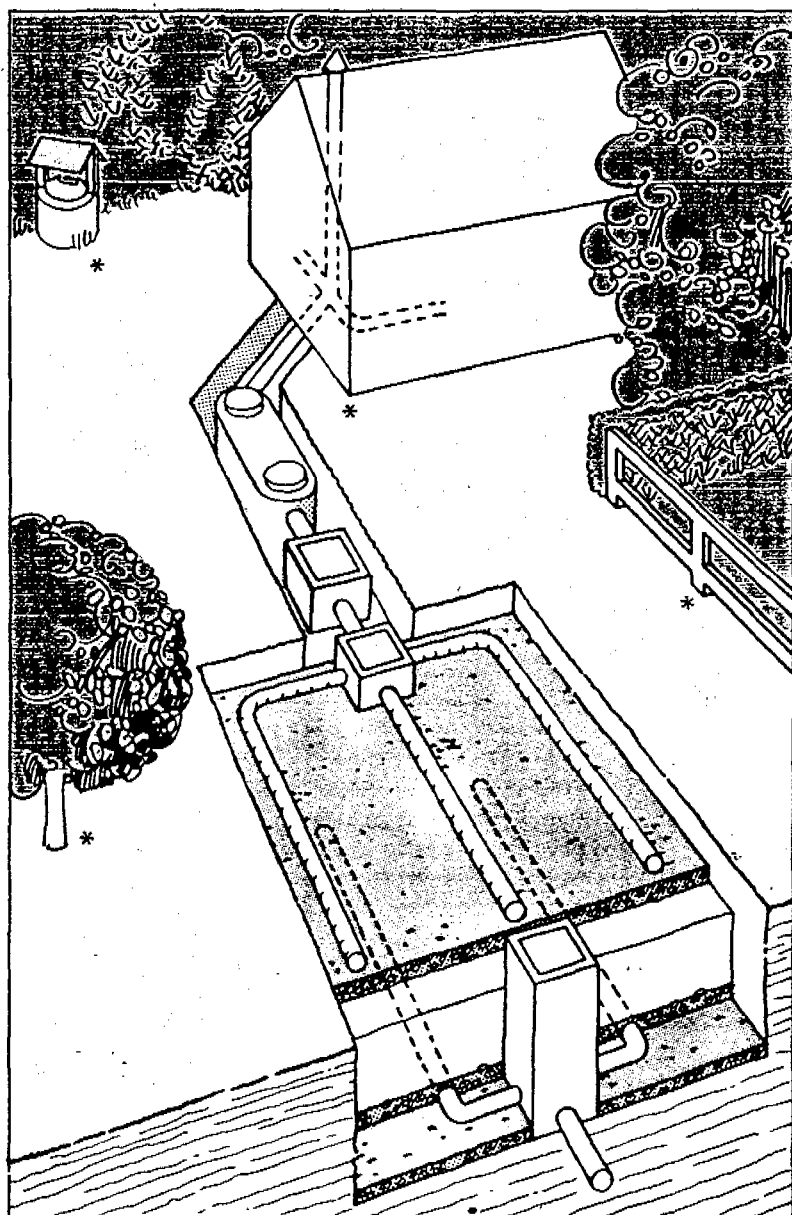
Ces techniques ne doivent être utilisées qu'après étude de chaque cas.

De toute façon, n'hésitez pas à nous consulter au service d'hygiène du milieu de la D.D.A.S.S.

Nous saurons vous conseiller et vous aider utilement.

\* Une grande longueur de filtration entraîne des "pertes de charge" élevées et donc des risques de débordement au niveau de la zone de répartition des effluents à traiter.

## Le lit filtrant drainé à flux vertical (ou filtre à sable vertical)



Lorsqu'il est impossible de mettre en place un dispositif d'assainissement individuel assurant à la fois l'épuration et l'élimination des eaux usées dans le sol, il faut dissocier le traitement des eaux de son élimination.

L'élimination sera réalisée par un rejet dans le milieu hydraulique superficiel ou dans la couche profonde perméable - s'il en existe une sous la couche imperméable - par un puits d'infiltration.

Le traitement par un filtre à sable vertical réalise un abattement sensible de la contamination microbienne, mais la désinfection n'est pas totale.

Ces rejets doivent donc rester exceptionnels : ils ne peuvent pas toujours être admis (voisinage, importance et profil de l'émissaire, proximité et densité d'habitation, baignade, conchyliculture, utilisation pour l'alimentation humaine ou animale, etc...). Et leur généralisation dans un secteur donné entraînerait inévitablement des risques sanitaires.

Caractéristiques du logement Nbre de pièces principales	Filtre à sable surface en m <sup>2</sup>
3 (c'est-à-dire 1 chambre)	15
4 (c'est-à-dire 2 chambres)	20
5 (c'est-à-dire 3 chambres)	25
6 (c'est-à-dire 4 chambres)	30
7 (c'est-à-dire 5 chambres)	35

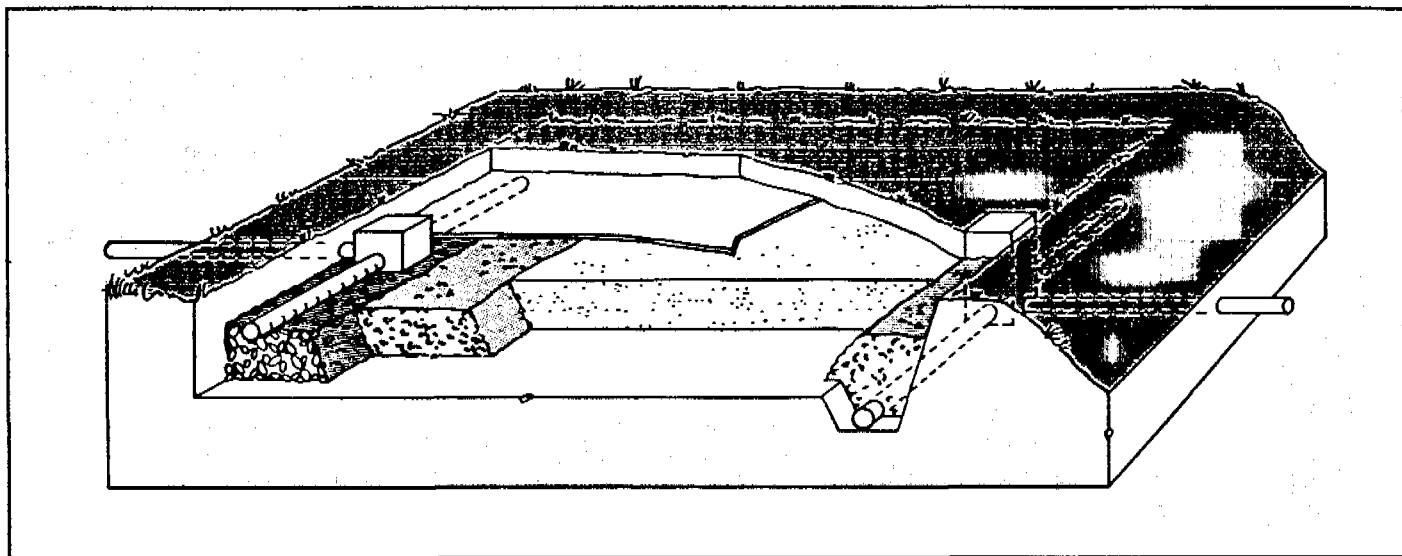
\* Il faut particulièrement éviter le risque de contamination de puits à proximité et conserver un éloignement suffisant (35 m minimum, ou plus selon le site).

Il est également nécessaire de respecter des distances suffisantes par rapport aux habitations (distance minimale recommandée 5 m), aux arbres (3 m), aux limites de propriétés (3 m), canalisations etc...

**POUR RÉALISER UN FILTRE A SABLE (c'est-à-dire pour POUVOIR CONSTRUIRE lorsque le sol est imperméable, inapte à un épandage souterrain) il faut que les EFFLUENTS TRAITÉS PUISSENT ÊTRE ÉVACUÉS : milieu hydraulique superficiel, ou sous-sol (puits d'infiltration). ASSUREZ-VOUS AVANT DE CONSTRUIRE L'HABITATION QUE CE REJET EST AUTORISÉ.**

assainissement individuel  
terrain imperméable

# le lit filtrant drainé à flux horizontal (ou filtre à sable horizontal)



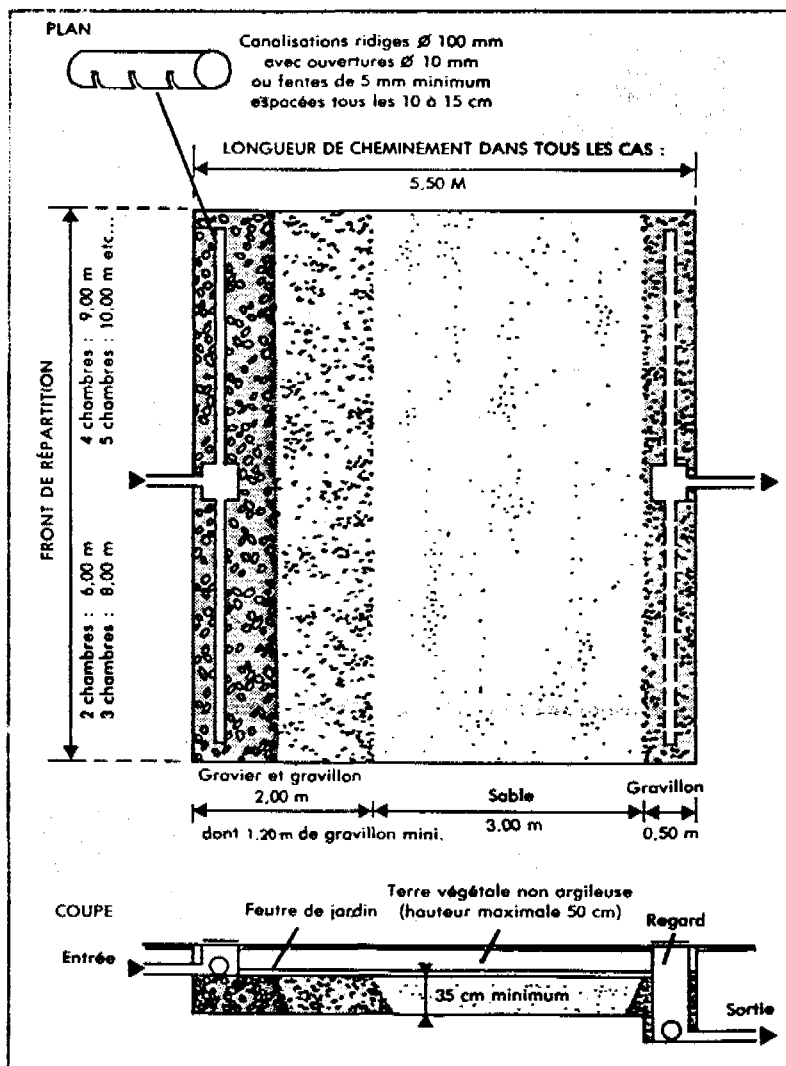
## C'est un dispositif exceptionnel :

Le lit filtrant drainé horizontal est un dispositif qui ne doit être mis en place que dans des cas exceptionnels : sol inapte au traitement et à l'élimination des eaux usées par épandage souterrain, et impossibilité de mettre en place un filtre vertical (dénivelée insuffisante).

Consultez le service d'hygiène du milieu de la D.D.A.S.S. sur le choix d'une filière d'assainissement individuel.

Les contraintes d'implantation (proximité de puits, d'habitations, de limites de propriété, d'arbres,...) sont les mêmes que dans le cas du filtre à sable vertical. Renseignez-vous à la D.D.A.S.S.

**POUR RÉALISER UN FILTRE A SABLE (c'est-à-dire pour POUVOIR CONSTRUIRE lorsque le sol est imperméable, inapte à un épandage souterrain) il faut que les EFFLUENTS TRAITÉS PUISSENT ÊTRE ÉVACUÉS : milieu hydraulique superficiel, ou sous-sol (puits d'infiltration), ASSUREZ-VOUS AVANT DE CONSTRUIRE L'HABITATION QUE CE REJET EST AUTORISÉ.**



## assainissement individuel

# adaptations de l'épandage souterrain à faible profondeur

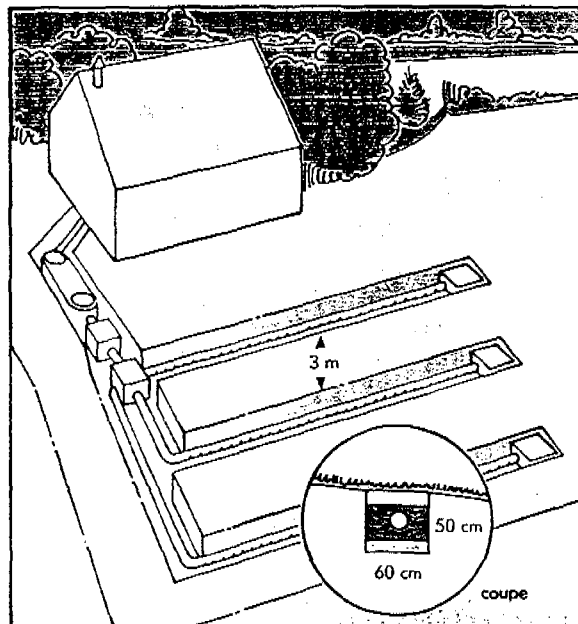
## Épandage en terrain en pente

Le sol est par sa nature apte à un épandage souterrain à faible profondeur mais il a une forte pente (5 % par exemple), on réalise alors l'épandage de la façon suivante :

Dimensions et caractéristiques (coupe) des tranchées semblables à celles d'un épandage en terrain plat et perméable mais :

- Les tranchées sont disposées perpendiculairement à la pente avec répartiteur en tête, la pente du fond des tranchées restant toujours inférieure à 1 %.
- L'espace entre deux tranchées voisines sera d'autant plus élevé que la pente du terrain est plus forte (3 mètres minimum).
- La réalisation est faite en prenant soin d'éviter qu'au départ d'une tranchée, les effluents au lieu de s'écouler vers celle-ci ne descendent directement vers la tranchée inférieure (ex. : argile mis au départ des tranchées d'infiltration et en remblaiement de la tranchée qui suit la pente du terrain).

\* Grande déclivité : épandage impossible.

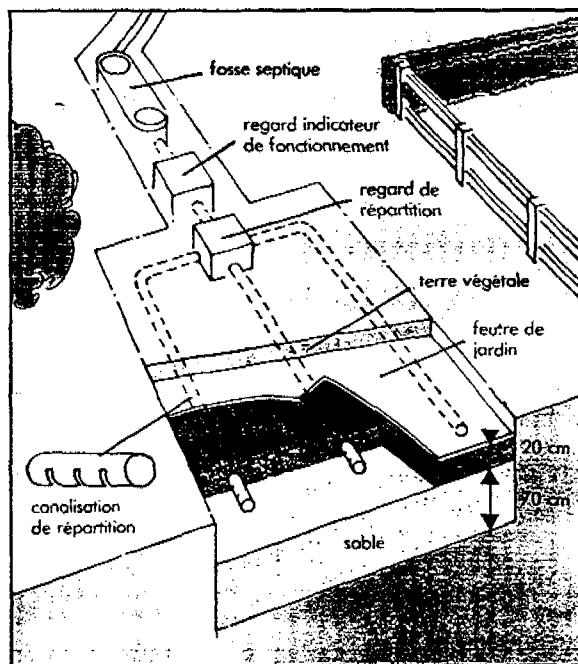


## Épandage en sol reconstitué

Le principal cas d'utilisation est celui du sous-sol calcaire fissuré proche de la surface. Un tel sous-sol est inapte à toute épuration, il faut donc que les eaux usées soient épurées avant de l'atteindre, car il les conduit directement et rapidement vers les eaux souterraines.

Un épandage sur sol reconstitué par apport d'une couche de sable de 70 cm d'épaisseur minimum sous la surface de répartition constitue une solution envisageable.

En général, il est réalisé sous forme de lit d'épandage (exemple présenté ci-contre) mais peut aussi parfois être réalisé en tranchées.



Caractéristiques du logement Nbre de pièces principales	Surface minimum en m <sup>2</sup>
3 pièces (c'est-à-dire 1 chambre)	15
4 pièces ( - 2 - )	20
5 pièces ( - 3 - )	25
6 pièces ( - 4 - )	30
7 pièces ( - 5 - )	35

**Les matériaux :** Tous les matériaux utilisés doivent être propres, le sable en particulier ne doit pas contenir de limons; il est impératif d'utiliser des matériaux de granulométrie adéquate : • Gravier : taille voisine de 30 mm, exemple 20/40 - • Sable : taille effective comprise entre 0,25 mm et 0,60 mm coefficient d'uniformité inférieur à 4 (c'est le cas en général des sables de rivières : se renseigner auprès de la D.D.A.S.S.).

**L'implantation :** il faut particulièrement éviter le risque de contamination de puits à proximité et conserver un éloignement suffisant (35 m minimum ou plus selon le site).

• Il ne faut pas placer les tranchées sous voirie, ni y planter d'arbres ou d'arbustes. Il convient d'éviter que les eaux de ruissellement ne viennent sur l'épandage.

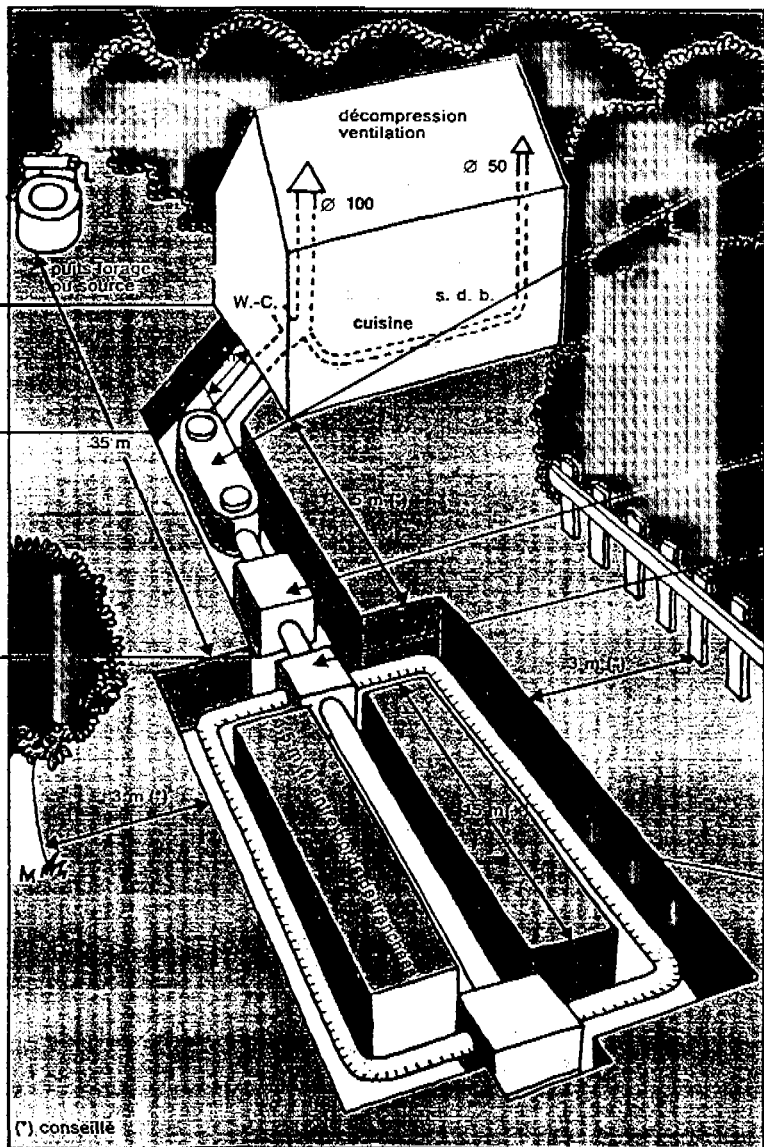
• Il est également nécessaire de respecter des distances suffisantes par rapport aux habitations (distance minimale recommandée 5 m), aux arbres (3 m), aux limites de propriétés (3 m), canalisations, etc...

**Entretien :** Attention, ces systèmes sous peine d'être à refaire nécessitent un entretien rigoureux des dispositifs de prétraitement. Ne pas oublier de vidanger la fosse (tous les 2 ans environ).

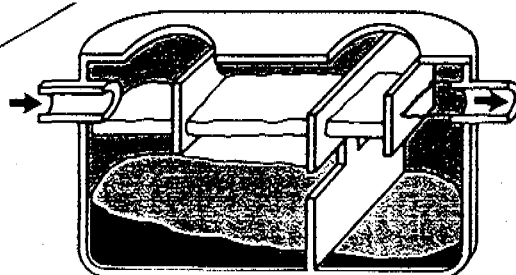


# assainissement individuel terrain plat et perméable

## épandage souterrain à faible profondeur

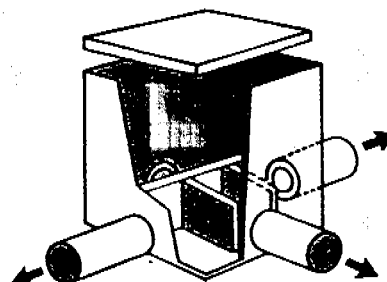


Fosse septique toutes eaux

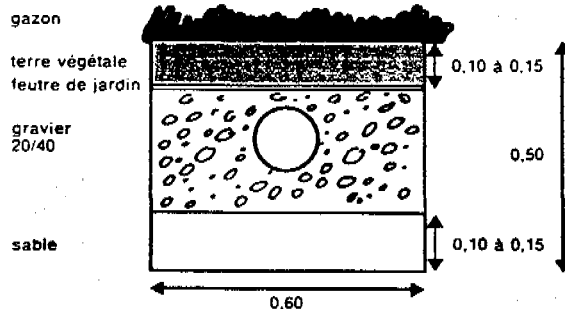


Regard indicateur de fonctionnement

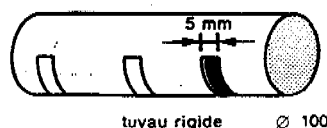
Regard de répartition



Tranchées



Canalisation de répartition



### Quelques conseils pratiques

- Il est préférable de placer la fosse près de l'habitation afin de limiter les risques de colmatage de la conduite d'amenée (en respectant cependant un écart minimum - voir schéma : 3 m).
- La fosse sera posée sur un lit de sable d'une dizaine de cm d'épaisseur.
- Attention au positionnement de la fosse. L'entrée des eaux usées se fait dans le grand compartiment. L'orifice d'entrée est placé plus haut que l'orifice de sortie.
- Si vous utilisez une fosse en matière plastique, remblayez avec des matériaux meubles (bonne terre sans cailloux pointus) ou du sable et remplissez au fur et à mesure la fosse d'eau pour équilibrer les pressions.
- Dans certains cas, il peut être nécessaire de lester la fosse pour éviter qu'elle ne remonte à l'occasion d'une opération de vidange.
- Ne pas oublier de VIDANGER périodiquement la fosse (tous les 2 ans environ).

## **VIII) ASPECTS FINANCIERS**

**par Monsieur DE BELLY**

## VIII) ASPECTS FINANCIERS DE LA GESTION D'UN SERVICE ASSAINISSEMENT D'UNE GRANDE AGGLOMERATION

La gestion d'un service d'assainissement comprend deux grandes sections :

### A) SECTION INVESTISSEMENT

### B) SECTION FONCTIONNEMENT

### A) SECTION INVESTISSEMENT

Cette section se divise en deux chapitres

#### A.1) Dépenses

#### A.2) Recettes

qui doivent s'équilibrer.

#### A.1) Dépenses

Le chapitre des dépenses comprend :

- le remboursement du CAPITAL des EMPRUNTS
- le coût des TRAVAUX à réaliser
- le coût des ETUDES
- les acquisitions

#### A.2) Recettes

Pour financer les dépenses on a recours à :

- l'emprunt
- l'autofinancement
- l'amortissement des investissements
- les subventions

## **B) SECTION DE FONCTIONNEMENT**

Cette section comprend également deux chapitres

### B.1) Dépenses

### B.2) Recettes

qui doivent s'équilibrer.

### B.1) Dépenses

Ce chapitre comprend les dépenses :

- de PERSONNEL
- d'EXPLOITATION du RESEAU
- d'EXPLOITATION des STATIONS DE POMPAGE
- d'EXPLOITATION des STATIONS D'EPURATION
- de GESTION ADMINISTRATIVE
- de remboursement des Intérêts et Emprunts
- des Provisions pour amortissement
- de l'autofinancement

### B.2) Recettes

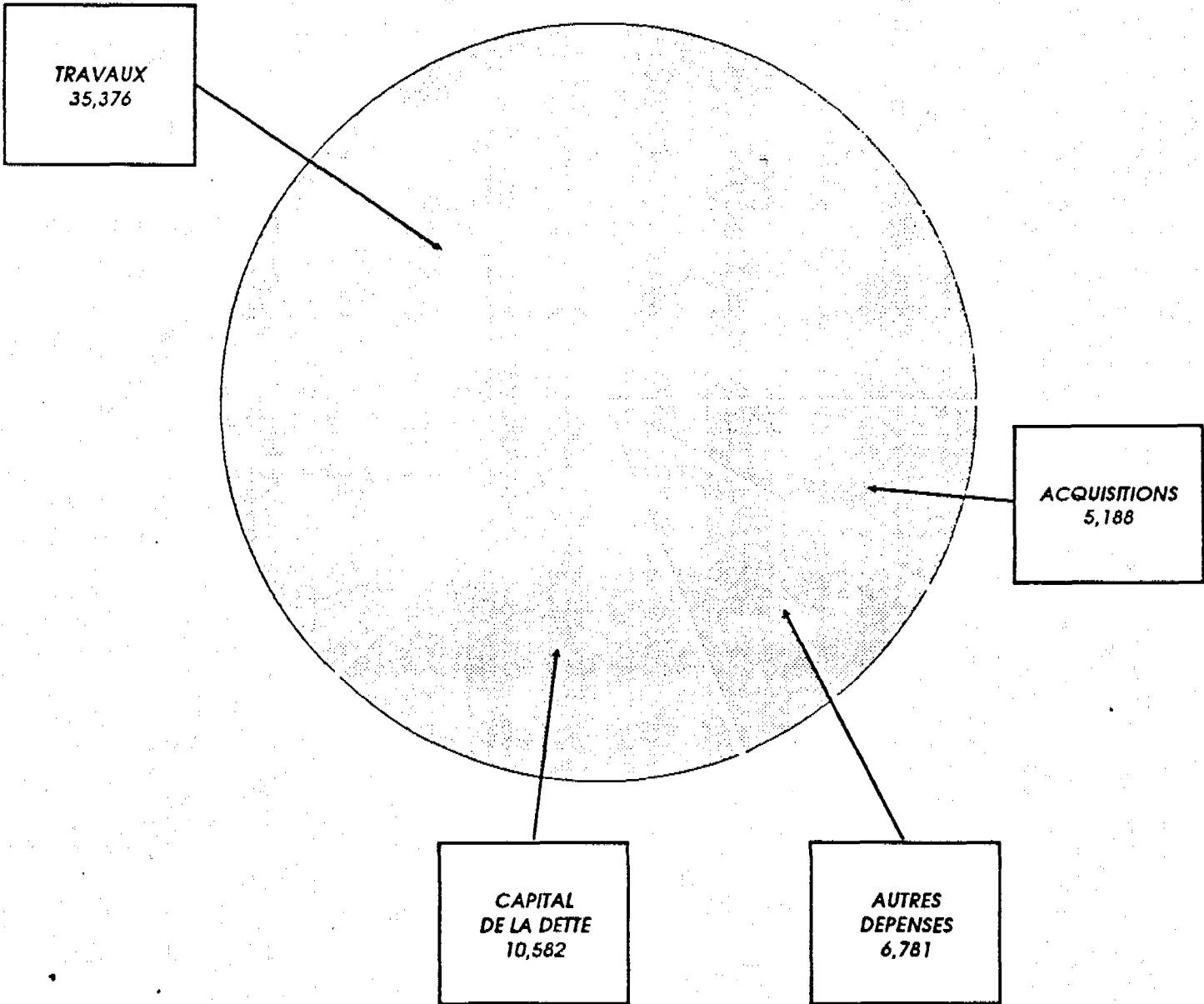
Ce chapitre comprend les recettes suivantes :

- redevance d'assainissement
- subventions
- recettes divers

**CAS DU SERVICE DE L'ASSAINISSEMENT  
DU DISTRICT URBAIN DE NANCY**

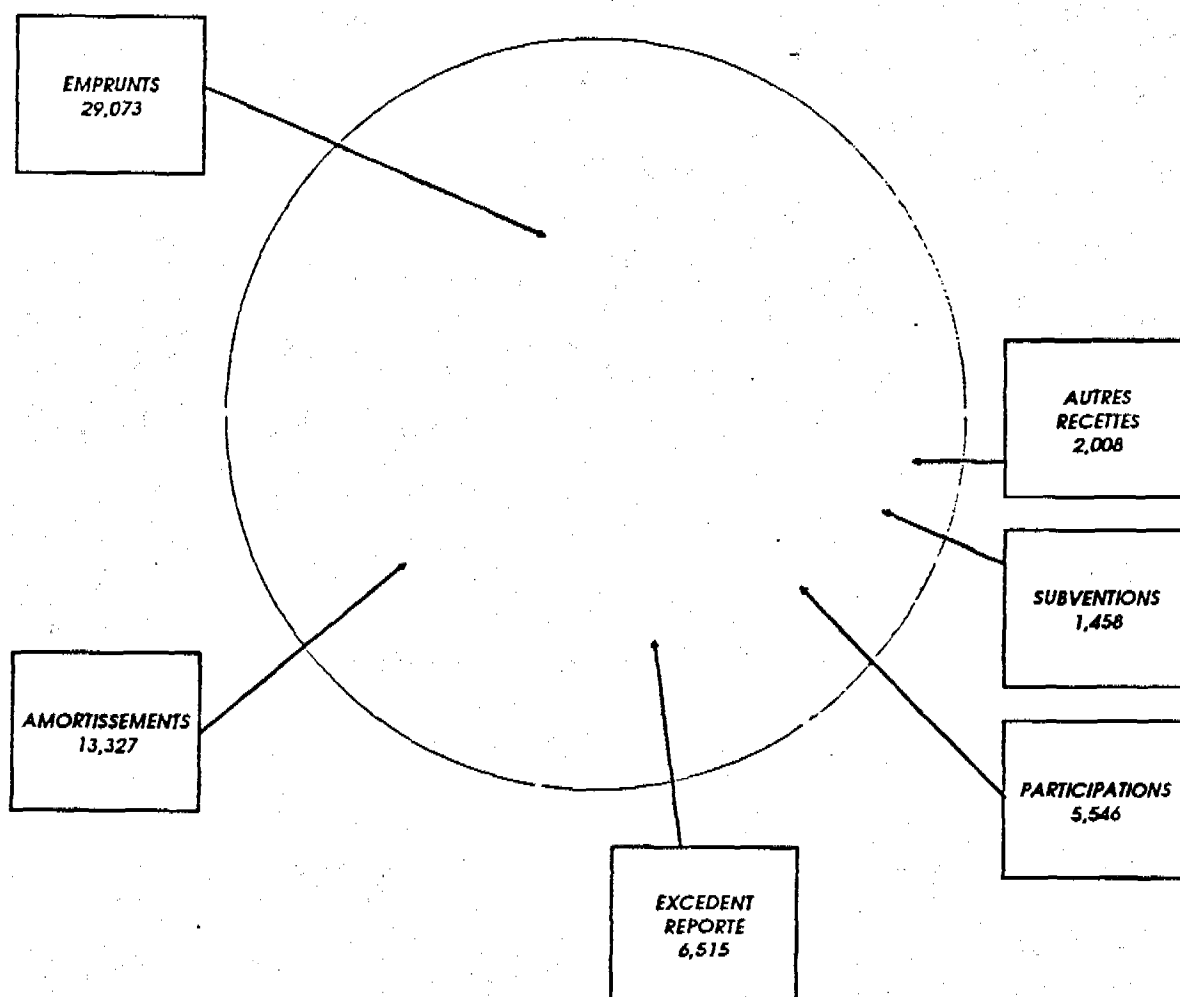
**BUDGET D'ASSAINISSEMENT 1990 - DEPENSES D'INVESTISSEMENT**

	MF	%
Travaux (traitement des nuisances olfactives à la STEP de Maxéville, extension, renouvellement et amélioration des réseaux)	35,376	61,07
Acquisitions (immeubles, matériel, véhicules)	5,188	8,96
Capital de la dette	10,582	18,27
Autres dépenses	6,781	11,78
<b>TOTAL</b>	<b>57,927</b>	<b>100,00</b>



## BUDGET DE L'ASSAINISSEMENT 1990 - RECETTES D'INVESTISSEMENT

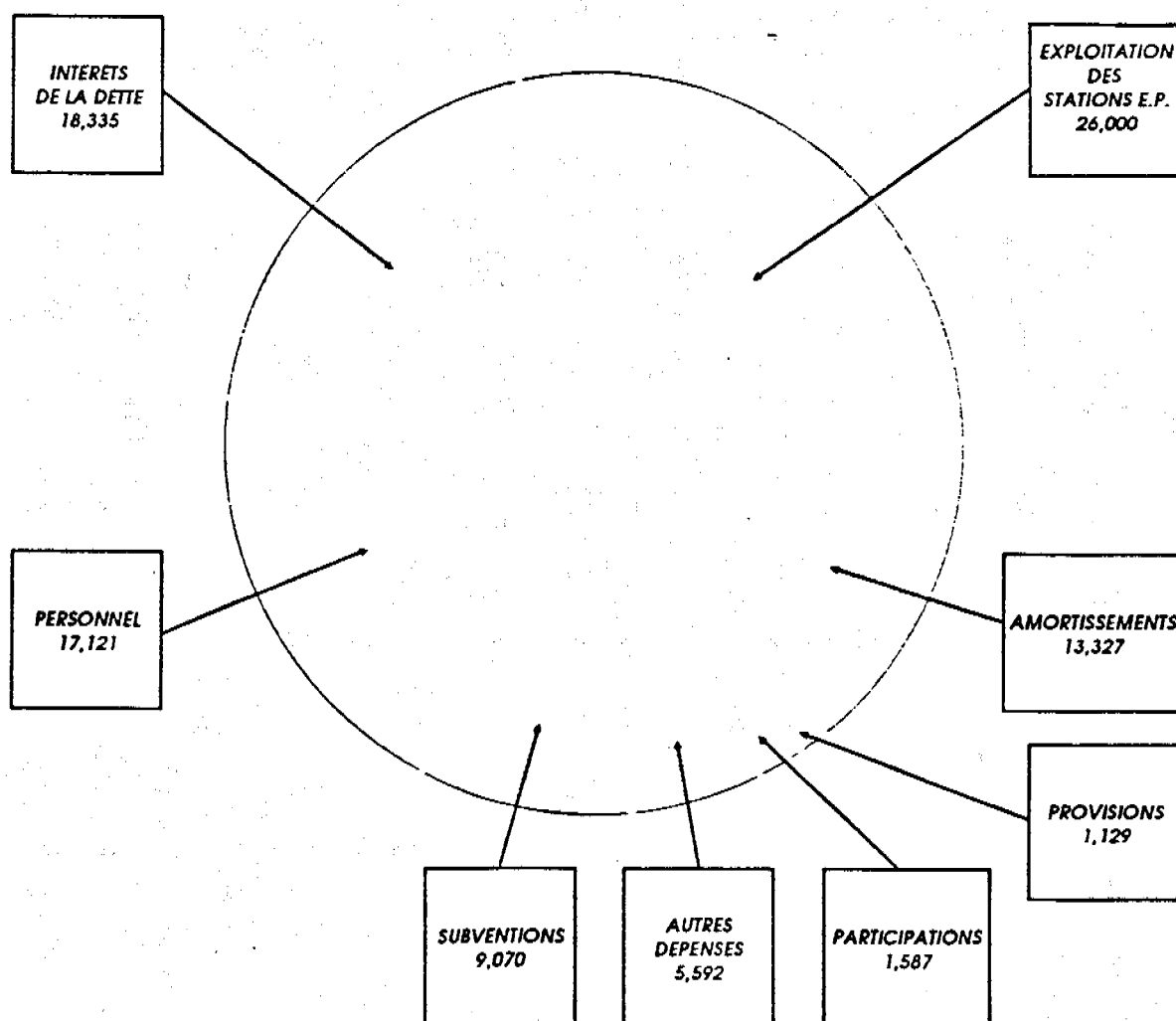
	MF	%
<i>Emprunts</i>	29,073	50,19
<i>Amortissements (prélèvements sur la section de fonctionnement autofinancement et couverture du capital de la dette)</i>	13,327	23,00
<i>Excédent reporté</i>	6,515	11,25
<i>Participations</i>	5,546	9,57
<i>Subventions</i>	1,458	2,52
<i>Autres recettes</i>	2,008	3,47
<b>TOTAL</b>	<b>57,927</b>	<b>100,00</b>



# BUDGET DE L'ASSAINISSEMENT 1990 - DEPENSES DE FONCTIONNEMENT

117

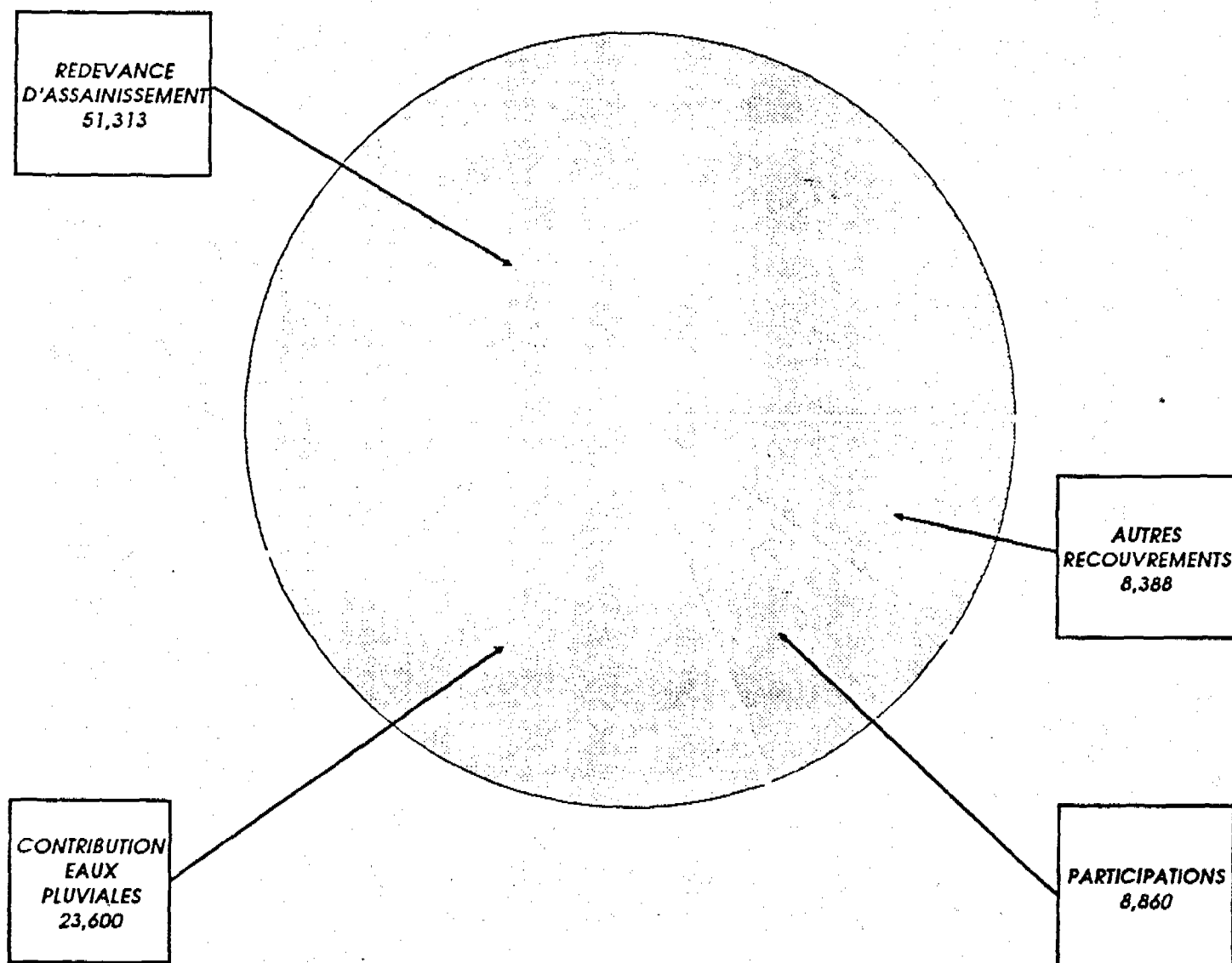
	MF	%
Exploitation des stations d'épuration	26,000	28,20
Intérêt de la dette	18,335	19,89
Personnel	17,121	18,58
Subventions	9,070	9,84
Autres dépenses	5,592	6,07
Participations	1,587	1,72
Provisions	1,129	1,23
Amortissements versés en investissement pour autofinancement et couverture de la dette	13,327	14,46
<b>TOTAL</b>	<b>92,161</b>	<b>100,00</b>





# BUDGET DE L'ASSAINISSEMENT 1990 - RECETTES DE FONCTIONNEMENT

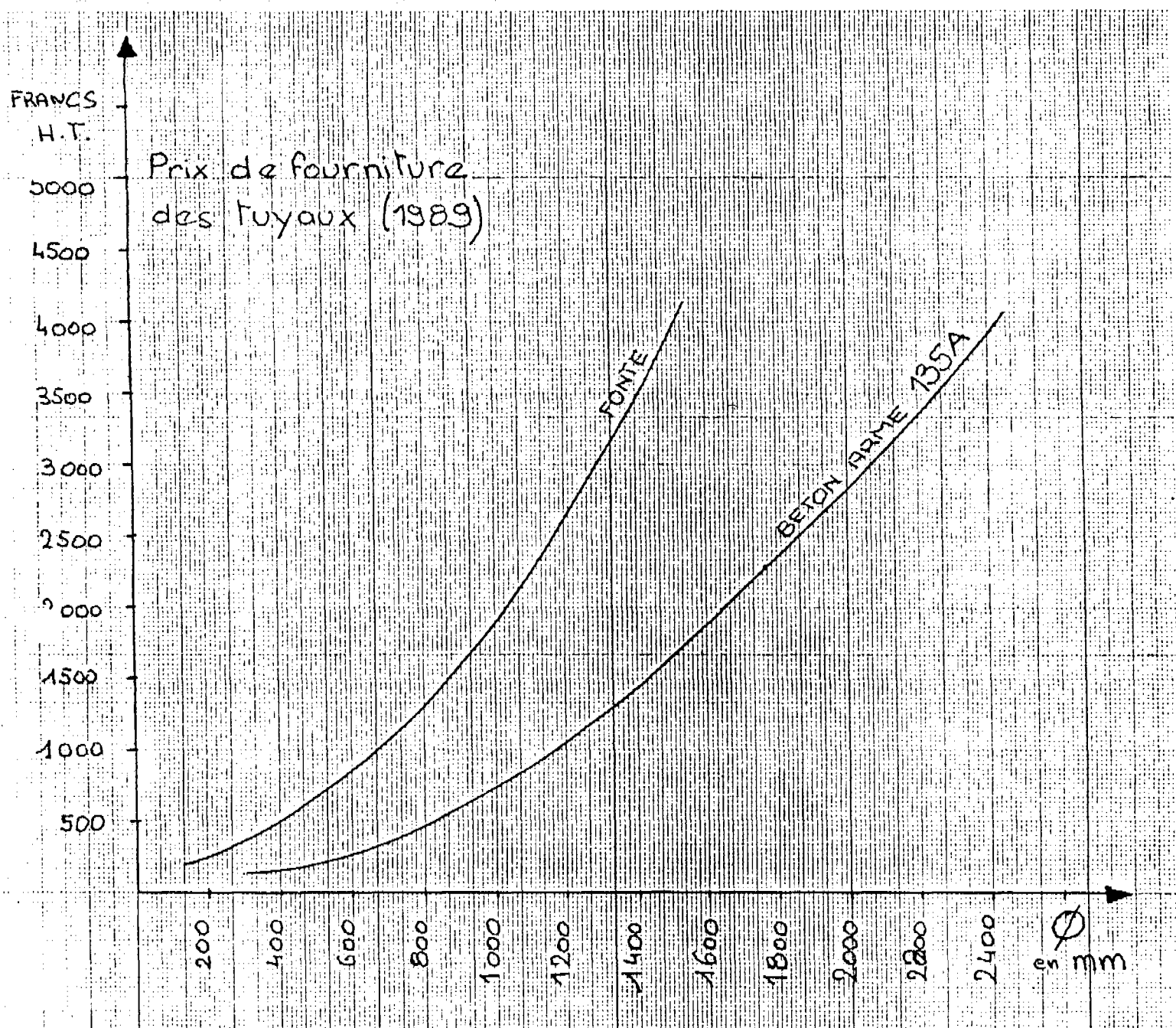
	MF	%
Redevance d'Assainissement	51,313	55,68
Contribution eaux pluviales	23,600	25,61
Participations	8,860	9,61
Autres recouvrements	8,388	9,10
<b>TOTAL</b>	<b>92,161</b>	<b>100,00</b>



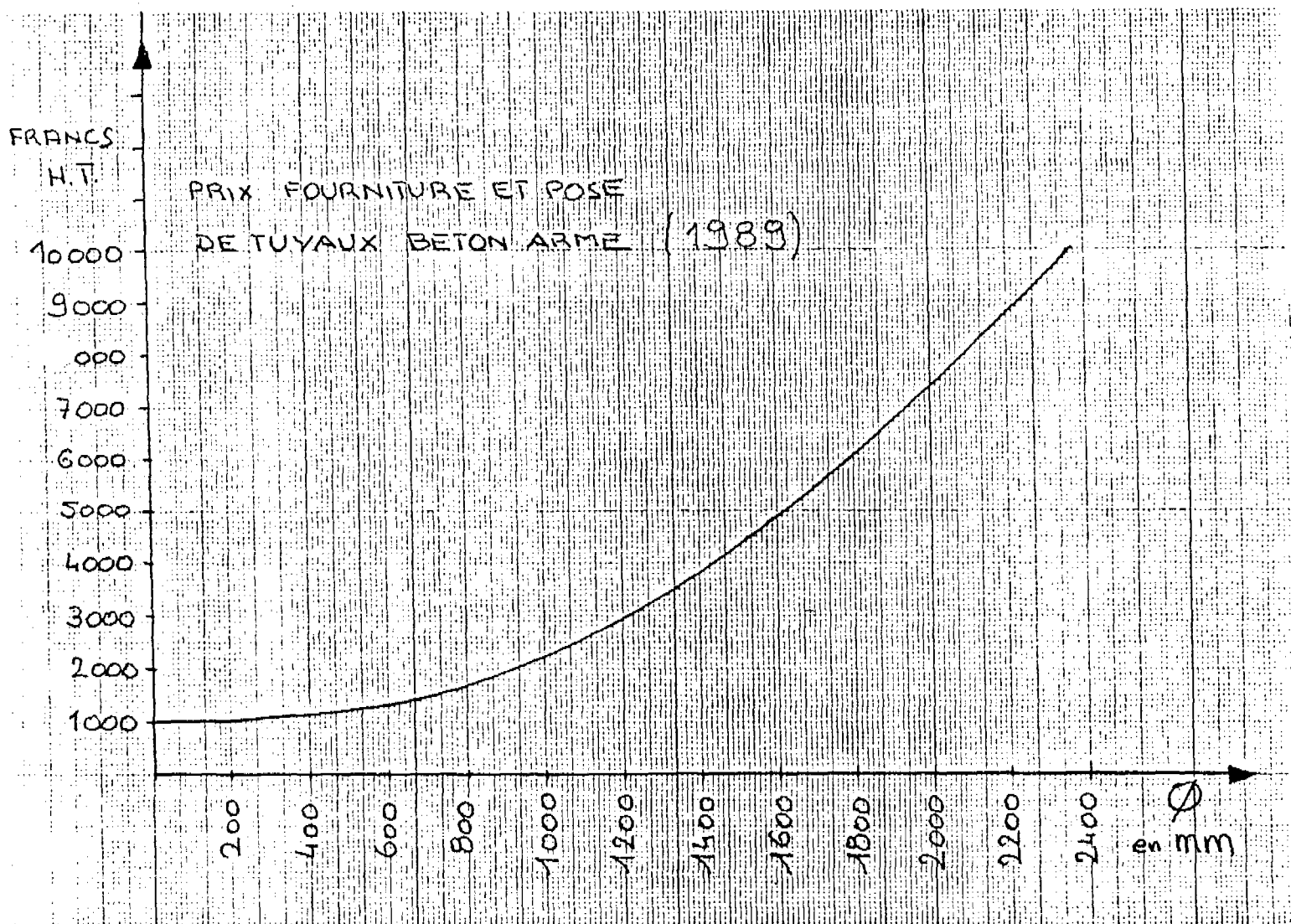
## QUELQUES COÛTS D'INVESTISSEMENTS ET DE FONCTIONNEMENT

### INVESTISSEMENTS :

#### - PRIX FOURNITURE TUYAUX



## - PRIX FOURNITURE ET POSE TUYAUX B.A.



- PRIX D'UN REGARD DE VISITE ø 1000 : 8 000 F. HT
  
- PRIX D'UNE CONSTRUCTION DE BOUCHE - AVALOIR : 9 000 F. HT
  
- PRIX D'UN BRANCHEMENT PARTICULIER D'ASSAINISSEMENT : 1 700 F. HT / ml
  
- CONSTRUCTION D'UN BASSIN DE RETENTION OU DE POLLUTION COUVERT : 800 à 1 000 F. HT par m<sup>3</sup> utile
  
- CONSTRUCTION D'UN BASSIN DE RETENTION EN TERRAIN NATUREL : 200 F. HT / m<sup>3</sup> utile

## FONCTIONNEMENT

Pour appréhender des coûts de fonctionnement, il est important de les rattacher à des équipements et à un niveau de service en quantité. C'est pourquoi une présentation générale de la Collectivité et du service est nécessaire.

### CAS DU DISTRICT URBAIN DE NANCY

- Population : 300 000 habitants
  - Superficie : 16 000 ha.
  - Réseau d'assainissement :
    - longueur : 750 km
    - type :
      - unitaire 90 %
      - séparatif 5 %
      - pseudo-sep. 5 %
    - 7 stations de pompage
    - 6 bassins de rétention des eaux pluviales
  - Traitement des eaux usées
- 5 stations d'épuration
- |      |              |   |   |
|------|--------------|---|---|
| dont | MAXEVILLE    | : | 640 000 éq. hab.<br>115 000 m <sup>3</sup> /j |
|      | LANEUVEVILLE | : | 70 000 éq. hab.<br>6 000 m <sup>3</sup> /j    |

Effectifs : 155 Agents dont 43 pour les STEP

Budget 1990 :

- FONCTIONNEMENT : 92 161 000 F.

- INVESTISSEMENT : 86 506 000 F.

Redevance 1990 : 2 966 F.

Base : 17 300 000 m<sup>3</sup>

### A) COUTS D'EXPLOITATION D'UNE STATION D'EPURATION

650 000 équivalent - habitants  
130 000 M<sup>3</sup> / j

<b>COUT GLOBAL</b>	:	<b>17 190 000 F. HT</b>	
PERSONNEL	:	7 900 000 F.	46 %
ENTRETIEN	:	1 400 000 F.	8
ELECTRICITE	:	3 540 000 F.	20
REACTIFS	:	1 150 000 F.	7
OXYGENE	:	900 000 F.	5
EAU POTABLE	:	300 000 F.	2
SERVICES DIVERS	:	250 000 F.	2
MISE EN DECHARGE DES BOUES NON VENDUES	:	350 000 F.	2
REMUNERATION DU GESTIONNAIRE	:	1 400 000 F.	8
<b>TOTAL</b>	:	<b>17 190 000 F.</b>	<b>100</b>

Soit : - 0,45 F/m<sup>3</sup> (40 000 000 m<sup>3</sup>/an) ou  
- 3 438 F/T.M.S. (5 000 TMS/an)

## B) COUT D'ENTRETIEN DU RESEAU

- Curage B.A.	:	50 F/BA (12 000 X 3 / an)
- m3 de sable extrait mécaniquement	:	1 980 F/m3 (800 m <sup>3</sup> / an)
- curage des collecteurs visitables (manuel)	:	260 F/ml cuv� ( ~6000 ml / an)
	ou	2 390 F / m3 de sable extrait ( ~650 m <sup>3</sup> /an)
- curage des collecteurs non visitables (mécanique)	:	15 F/ml cuv� (~69 000 ml / an)
	ou	860 F / m <sup>3</sup> de sable extrait (~1200 m <sup>3</sup> / an)
- entretien des 52 véhicules hors amortissement	:	975 000 F.
km véhicules légers : 210 000 km		
km véhicules lourds : 110 000 km		
- Station de pompage coût du m3 pompé	:	0,15 F / m <sup>3</sup> (1 600 000 m <sup>3</sup> / an)

**LE BUDGET D'ASSAINISSEMENT D'UNE VILLE MOYENNE DE  
4.500 HABITANTS (1.200 ABONNÉS)**

- volumes d'eau potable vendu	:	390.000 m <sup>3</sup> /an
- volumes d'eau taxables		
- pour l'assainissement	:	230.000 m <sup>3</sup> /an
- longueur réseau d'égout	:	30 km
- nombre de regards	:	800 unités
- bouches d'égout	:	1.100 unités
- station d'épuration	:	1
- (capacité nominale	:	12.000 habitants
- capacité desservie	:	4.000 habitants
année de construction	:	1976
- prix du m <sup>3</sup> d'eau potable	:	2,07 F/m <sup>3</sup>
- prix de la redevance assainissement	:	3,95 F/m <sup>3</sup>
- taxe de branchement	:	125 F/abonné/an
- charge de la dette	:	680.000 F/an
- frais de personnel (1/2 agent)	:	61.000 F/an
- volume du budget (dépendances fonctionnement)	:	1.400.000 F
dont		
. entretien du réseau (S.D.E.A.)	:	28.000 F
. exploitation station d'épuration	:	480.000 F
. quittance des droits d'eau et d'assainissement	:	847.000 F
(relevé de compteur à raison de 6,20 F/compteur non compris)		
. secrétariat - comptabilité	:	75.000 F

Recettes

- redevances : 230.000 m <sup>3</sup> x 3,95 F/m <sup>3</sup>	=	908.500 F
- taxe de branchement : 125 F x 1.200	=	150.000 F
- prime d'épuration	=	80.000 F
- participation de la commune (réseau pluvial)	=	300.000 F
		<hr/>
		1.438.500 F



## DÉCOMPOSITION DU BUDGET

- les frais de personnel	5 %
- les fournitures	5 %
- les frais d'entretien	
. réseaux	2 %
. station = entretien dont 2 % d'électricité	37 %
- la charge de la dette	48 %
- divers (frais généraux)	3 %
	<hr/> 100 %

## CONCLUSION

- Si l'on n'a pas une grande compétence dans l'étude d'un projet d'assainissement
- Si l'on tolère une mauvaise exécution des travaux
- Si l'on entretient mal les installations

On aggrave les risques de pollution de l'environnement (pollution concentrée en un ou plusieurs points, au lieu d'une pollution diffuse absorbée par le sol). Il vaut mieux alors ne rien faire.

Pour qu'un service d'assainissement fonctionne, il faut qu'il ait de gros moyens humains et matériels, la dimension départementale (en France) est la dimension minimale pour la mise sur pied d'un service compétent et performant.

## **IX) REUTILISATION DES EAUX USEES**

**par Monsieur ROBAINÉ**

## IX) LA REUTILISATION DES EAUX USEES

Mer cernée de terres, la Méditerranée isole à son tour une multitude d'îles de tailles inégales. Continent en miniature ou blocs rocheux, nombre d'entre elle partagent un trait commun, la précarité de leur alimentation en eau. Des zones littorales qui ne peuvent faire appel à des ressources éloignées connaissent des difficultés analogues.

Divers éléments permettent de justifier cette situation : précipitations réduites, géologie peu favorable à l'infiltration, dissociation des structures hydrogéologiques propices et des zones peuplées, relief inadapté à la création de réservoirs, contamination des nappes d'eau douce par les eaux marines, etc...

La situation s'est aggravée récemment : le développement du tourisme a entraîné une augmentation parfois spectaculaire de la consommation d'eau pendant les mois d'été et a suscité l'intensification des productions agricoles locales irriguées. Le délicat équilibre spontanément établi avec les prélèvements dans la nappe et la qualité des eaux pompées s'est trouvé rompu. Il en est trop souvent résulté une baisse du niveau des nappes, parfois un appel d'eau salée, catastrophiques aussi bien pour l'agriculture que pour le tourisme, évolution accélérée par l'intervention des techniques modernes de puisaterie et de pompage.

Dans une situation devenue conflictuelle entre une activité traditionnelle (l'agriculture) et une activité nouvelle, soutenue par de puissants intérêts (le tourisme), il n'est pas difficile de prévoir qui finirait par l'emporter. Mais l'évolution vers une monoactivité touristique constitue un facteur de déséquilibre, générateur de risques économiques et sociaux.

La réutilisation agricole des eaux résiduaires fournit une possibilité d'échapper à cet enchaînement, d'autant plus que le maximum des besoins de l'agriculture coïncide fréquemment avec la pleine période touristique. Il s'agit là d'une pratique ancienne, largement répandue pendant la seconde moitié du XIXème siècle qui a connu depuis une régression en partie due à des considérations sanitaires.

Les connaissances accumulées rendent maintenant possible la reconsidération du problème. L'irrigation avec des eaux usées permet simultanément d'améliorer le bilan hydrologique des zones déficitaires et d'échapper au déversement des effluents dans le milieu marin. A ce double titre, elle constitue un puissant outil d'aménagement. La limitation principale résulte de contraintes sanitaires, liées à l'origine même des eaux, dont l'appréciation objective a considérablement progressée ces dernières années (PROST, 1987).

## I - LES PATHOGENES DANS LES EAUX RESIDUAIRES

Du fait de leur origine, les eaux résiduaires entraînent inévitablement une charge de formes pathogènes, principalement d'origine intestinale, dont la composition et l'importance sont le reflet de l'épidémiologie locale.

Les pathogènes sont accompagnés, en bien plus grand nombre, par des bactéries banales, habituellement inoffensives, parmi lesquelles on a sélectionné quelques groupes dont on estime qu'ils sont aptes à fournir des informations sur l'intensité de la contamination fécale (germes indicateurs ou "témoins" de contamination fécale = GTCF). Les coliformes ("totaux" et "fécaux" ou thermotolérants), les streptocoques "fécaux" sont universellement utilisés dans ce but. Ils ont été systématiquement recherchés et dénombrés à l'occasion de nombreuses études et on dispose en ce qui les concerne d'une information considérable, bien que géographiquement mal répartie. Les différences de consommation d'eau sont insuffisantes pour entraîner des variations géographiques appréciables. Les résultats tombent habituellement dans les plages suivantes (BOUTIN, 1979) :

- coliformes "totaux" : 107 - 10<sup>9</sup>
- coliformes "fécaux" : 10<sup>6</sup> - 10<sup>8</sup>
- streptocoques "fécaux" : 10<sup>5</sup> - 10<sup>7</sup>

La recherche des pathogènes dans les effluents bruts et traités est une tâche difficile qui demande l'intervention - pour des résultats aléatoires - de techniques fastidieuses et complexes, hors de la portée de beaucoup de laboratoires de contrôle. Les données disponibles restent peu nombreuses ; elles concernent surtout la bactériologie. L'information sur le contenu viral et parasitaire (kystes de protozoaires et oeufs de vers parasites) est déficiente, souvent difficilement interprétable du fait d'incertitudes sur la méthodologie de prélèvement et de l'absence de méthodes d'analyse normalisées.

Cette carence ne constitue pas en fait un handicap si on considère qu'un effluent urbain contient des pathogènes d'excrétion fécale ou urinaire, dont la nature et l'abondance sont le reflet de la pathologie locale humaine et, occasionnellement, animale (on n'oubliera pas le rôle des "porteurs sains", qui hébergent le germe sans en être apparemment affectés, et dont le nombre peut dépasser de beaucoup celui des malade recensés). Comme les données concernant l'épidémiologie sont plus abondantes et de meilleure qualité, la liste des pathogènes, dont la présence doit être attendue, est assez facile à établir. Possible ou reconnue, cette présence constitue un risque sanitaire potentiel.

Quelques points doivent être rappelés :

a) Lorsque les pathogènes sont directement recherchés, il faut considérer que, dans des eaux à forte teneur en matières en suspension comme le sont les eaux d'égout, la plupart des bactéries et des virus se trouvent absorbés sur des particules. Il n'existe actuellement aucune technique efficace de dissociation de ces agrégats. Lorsqu'une colonie est dénombrée, rien n'indique si elle trouve son origine dans un germe isolé ou dans un amas. Les effets de masque dus à l'inclusion dans un flocon de matière

organique, les inhibitions résultant du développement d'autres souches contribuent également à la sous-évaluation des effectifs.

b) Beaucoup de pathogènes, (certains virus, la plupart des oeufs de vers parasites, mais aussi des bactéries) sont plus résistants que les germes témoins de contamination fécale (les coliformes étant eux-mêmes plus fragiles que les streptocoques) : la décroissance (naturelle ou provoquée) des pathogènes ne s'effectue pas au même rythme que celle des germes témoins. On ne doit donc pas juger de l'élimination des pathogènes à partir de données concernant les GTCF, qui constituent de médiocres indicateurs de traitement. A la limite, des pathogènes pourront toujours être mis en évidence malgré la disparition des GTCF.

Les pathogènes d'importance épidémiologique relèvent de cinq unités systématiques : bactéries (formes végétatives et sporulées), virus, champignons, protozoaires parasites (formes actives et kystes), vers parasites intestinaux (oeufs et adultes). Au cours d'épidémies, des bactéries pathogènes et des virus peuvent être décelés en nombre important, bien que très inférieurs à celui des bactéries indicatrices. Dans les pays en développement, plusieurs milliers de salmonelles, de shigelles ou d'entérovirus par litre représentent des chiffres cohérents en situation "normale". On peut détecter plusieurs milliers de vibriocholerae au cours d'une épidémie. On est susceptible de rencontrer des densités élevées de kystes d'amibes (quelques milliers par litre ?). Les oeufs de vers parasites sont plus rares, les genres communs étant *Ascaris* (jusqu'à quelques centaines d'oeufs/litre ?) et *Trichuris* (une centaine /litre ?) : une dizaine d'oeufs d'*Ankylostoma* et quelques oeufs de *Schistosoma*/litre peuvent aussi être identifiés (FEACHEM et al, 1983).

Les effectifs des pathogènes sont probablement moins nombreux au Nord de la Méditerranée du fait des conditions climatiques différentes et d'un meilleur état sanitaire. Ces formes sont cependant loin d'être absentes. En témoignent de nombreux résultats (p. ex. Leclerc et al. 1972).

## II - EVALUATION DU RISQUE

Il est bien connu qu'en majorité les germes ne s'installent pas durablement dans leur hôte humain lorsqu'ils sont ingérés en petit nombre ; une faible contamination déclenche rarement les symptômes de la maladie correspondante. Beaucoup de sujets se sont ainsi trouvés en contact avec le germe sans même s'en apercevoir. D'autres n'ont été frappés que de manifestations peu caractéristiques, relativement bénignes. Les malades présentant l'ensemble des signes cliniques restent généralement l'exception.

Pour les germes entériques, une notion fondamentale est celle de dose minimale infectante (DMI) : elle correspond à l'effectif susceptible de déclencher la maladie chez une proportion réduite de sujets exposés (on considère aussi la  $DI_{50}$ , correspondant à l'apparition des symptômes chez la moitié des sujets). Ce concept n'est certes pas à l'abri des reproches. Les données publiées concernent pour la plupart des échantillons réduits d'individus jeunes et en bonne santé. La susceptibilité de sujets à faible niveau immunitaire (enfants, vieillards, personnes naturellement ou secondairement immuno-déprimés, sujets malnutris, etc...) est certainement

supérieure à celle des volontaires qui ont accepté de se prêter aux expériences. Ainsi, alors que les  $DI_{50}$  couramment avancées sont de l'ordre de  $10^8$  -  $10^{11}$  pour le choléra, avec des signes cliniques allant de la simple diarrhée à des symptômes sévères, les enfants sous-alimentés seraient vulnérables à des doses de l'ordre de 100 (FEACHEM, 1983). C'est pourquoi les chiffres disponibles doivent être considérés avec prudence, leur imprécision dépassant de beaucoup l'incertitude qui frappe habituellement les données statistiques.

Les déterminations microbiologiques se limitent trop souvent à des unités systématiques larges (p. ex. "salmonelles" ou même "enterovirus"). Une identification plus précise (au niveau de l'espèce ou même du sérotype) s'impose pour comparer les dénombrements aux doses infectantes.

Les chigelles figurent parmi les bactéries à faible DMI (de l'ordre de 100). Avec *Salmonella typhi*, on atteindrait  $10^{-10}$ , et des niveaux encore supérieurs pour des salmonelles moins agressives. Habituellement, des effectifs aussi importants ne peuvent pas être absorbés directement, sauf dans l'hypothèse d'une contamination massive par des matières fécales non dilacérées. Un risque apparaît néanmoins dès que les conditions offertes permettent à des salmonelles de se multiplier dans une nourriture contaminée par des mouches, des mains sales ou par contact avec des produits souillés, et ensuite conservée à température ambiante pendant une durée suffisante. Il devient ainsi possible d'atteindre le niveau de la DMI à partir d'effectifs initiaux réduits.

Il n'en est pas de même avec les virus et les parasites humains d'excrétion fécale ou urinaire : à de très rares exceptions près, ils sont incapables de se multiplier hors de leur hôte spécifique. Pour les virus, la DMI serait de l'ordre de 100 par voie digestive, mais certains sujets seront probablement infectés par des doses plus faibles, quelques particules virales seulement. Les protozoaires parasites (*Giardia*, *Entamoeba*, etc) donneraient des valeurs analogues. Pour les vers intestinaux, la DMI est très basse, un oeuf viable suffit seulement.

Une première hiérarchisation du risque est obtenue en considérant, pour chaque germe, le rapport concentration/DMI, même si une forte incertitude en affecte les deux termes. Un autre facteur essentiel est la résistance du germe à un milieu hostile dès qu'il a quitté l'abri intestinal. La capacité de survie est variable : certains pathogènes présentent des formes de résistance (spores, kystes, oeufs) qui leur offrent la possibilité de persister longtemps dans l'environnement, exceptionnellement pendant plusieurs années (ascaris). Nombre d'autres pathogènes sont moins résistants (bactéries, virus).

Une période d'attente peut se révéler nécessaire entre l'émission des fèces et l'invasion d'un nouvel hôte. Avec des modalités variées, c'est le cas pour certains vers parasites : passage obligé par un hôte intermédiaire (ténia - schistosome), maturation des oeufs (ascaris), phase de vie libre (ankilostome) etc.

Sur cette base, Feachem et ses collaborateurs (FEACHEM et al., 1983) ont proposé une nouvelle classification pragmatique des pathogènes. Elle ne fait plus guère appel à la systématique, mais opère un tri en fonction de facteurs physiologiques et d'environnement en faisant une large place à la dose infectante. Une conséquence de la classification de Feachem est de confirmer qu'une seule catégorie de mesures sanitaires est habituellement incapable d'assurer le contrôle d'une maladie. Une sécurité effective implique des actions combinées couvrant l'ensemble de la vie sociale, notamment l'hygiène individuelle et les équipements collectifs (WHO, 1981).

### **III - EFFETS DES TRAITEMENTS DES EAUX USEES SUR LES BACTERIES INDICATRICES ET LES PATHOGENES.**

La plupart des pathogènes sont incapables de proliférer dans l'environnement, particulièrement dans une station d'épuration. C'est évident pour les virus, la plupart des vers parasites et nombre de protozoaires, qui exigent pour se développer leur hôte spécifique : au pire ils survivront, mais il est bien plus probable de constater leur décroissance. Pour les bactéries, on peut certes admettre une possibilité théorique de multiplication, mais elle n'a jamais pu être mise en évidence avec une méthodologie rigoureuse.

Dans les systèmes biologiques "intensifs" (lits bactériens, boues activées), l'effluent ne séjourne que peu de temps (une journée au maximum pour un effluent urbain). Les microorganismes s'y répartissent inégalement entre la phase liquide et les boues, qui concentrent la majorité des pathogènes. L'effluent traité n'entraîne que 10 % environ de la charge bactérienne initiale, la boue 90 %. On doit cependant considérer que le liquide reste très fortement contaminé.

Il y a quelques années, de nombreux hygiénistes voyaient dans la désinfection chimique (avant tout par le chlore et ses dérivés oxygénés) la garantie d'une sécurité absolue. On est maintenant plus réservé à l'égard de techniques peu actives à l'encontre de plusieurs classes de pathogènes (oeufs de vers intestinaux, nombre de virus, etc...) (VIAL et al, 1982). Le contrôle des résultats est difficile pour les unités de traitement petites ou isolées. L'approvisionnement en réactif peut connaître des difficultés, les pannes sont fréquentes (CROOK, 1985). Qui prendra alors la décision d'interrompre la distribution de l'eau aux agriculteurs ? Globalement, la fiabilité de l'opération est donc sujette à caution, considération qui a conduit la plupart des pays d'Europe Occidentale à considérer avec réserve la décontamination chimique des effluents, malgré la popularité dont elle a naguère joui aux Etats-Unis.

Les traitements extensifs, au premier rang desquels le lagunage, imposent des temps de séjour prolongés qui garantissent un haut niveau d'épuration pour l'ensemble des pathogènes, particulièrement en climat chaud. Avec des températures de 25 - 30° C, on atteint des abattements de 5 ou 6 U. log. (99,999 à 99,9999 %) à l'aval de systèmes à 4 bassins garantissant une rétention de 20 jours. Les lagunages ont également démontré leur efficacité pour retenir les oeufs d'helminthes.

Correctement conçus et exploités, ces équipements relarguent un effluent pratiquement dépourvu de pathogènes : ainsi, il n'a pu être mis en évidence de salmonelle (sur des échantillons de 1 à 10 litres) dans des effluents lagunés

contenant moins de 1 000 coliformes fécaux/100 ml (ALIBOU, BALEUX, 1987). Ce niveau d'épuration est compatible avec la plupart des utilisations en irrigation. Tout en étant dépourvu des inconvénients de la désinfection chimique, le lagunage satisfait la plupart des exigences sanitaires. On prendra cependant garde au fait que la concentration résultant de l'évaporation peut suffire à altérer la qualité chimique des eaux.

Une autre technique intéressante, mais dépendante, de la géologie locale, est l'infiltration contrôlée associée à une récupération ultérieure des eaux purifiées.

#### **IV - SURVIE DES PATHOGENES SUR LE SOL ET LES VEGETAUX**

Ce difficile problème a fait récemment l'objet de plusieurs synthèses (STRAUSS, 1985, SHUVAL et al., 1986). Les données publiées sont nombreuses mais la méthodologie suivie est trop souvent imprécise, et l'accent mis sur les valeurs exceptionnelles. Pour les germes, les expériences montrent deux phases de décroissance, rapide pendant les premières semaines, plus lente par la suite. Les facteurs positifs pour la survie des bactéries et des virus sont l'humidité (pluie ou irrigation), des sols riches en argile et matière organique, neutres ou légèrement alcalins, une température basse, une situation abritée. Il a été suggéré d'interrompre périodiquement l'irrigation jusqu'au dessèchement des couches superficielles du sol pour réduire le risque viral (YAEGER, O'BRIEN, 1979). Feachem et ses collaborateurs (1983) admettent que la plupart des pathogènes (bactéries - virus - protozoaires) ne survivent guère au-delà de deux semaines sur les plantes, trois semaines sur le sol à 20° -30° C. Les oeufs d'helminthes constituent la principale exception : ils peuvent conserver leur viabilité pendant des mois et même des années. Associé à une émission abondante dans les selles et à des doses infectantes minimales, ce fait est d'importance épidémiologique majeure.

#### **V - LE RISQUE POUR LES TRAVAILLEURS AGRICOLES**

A la suite d'une sythèse de travaux récemment menés sur ce thème aux Etats-Unis, Jakubowski (1985) a conclu que le risque infectieux était apparemment très limité pour les travailleurs et leurs familles, ce que l'on peut en partie attribuer aux bonnes conditions d'hygiène des sujets. Les études spécifiques restant malgré tout peu nombreuses, il est intéressant de se reporter aux enquêtes portant sur d'autres travailleurs en contact professionnel avec des effluents, c'est-à-dire les égoutiers, dont certains sont particulièrement exposés du fait de contacts prolongés en atmosphère confinée, on citera comme manifestation du risque infectieux en France un pourcentage anormalement élevé de porteurs de Giardia, Amoeba et Trichuris (DOBY et al., 1979) et au Danemark une fréquence supérieure d'anticorps de l'hépatite A (81% chez les égoutiers, contre 48 % chez les employés de bureau) (SKINOJ et al., 1981).



Un parallèle avec les employés de station de traitement d'eaux résiduaires est sans doute plus justifié. Récemment, des études épidémiologiques étendues et minutieuses ont confirmé un bas niveau du risque, qui ne se traduit que par des symptômes bénins et fugaces (maux de tête, nausées, diarrhées, frissons, etc...), décrits il y a plus de dix ans par les auteurs scandinaves comme "syndrome des eaux d'égout" (sewage Worker's syndrome) (RYLANDER et al., 1976), et attribué par eux aux aérosols émis et aux endotoxines qu'ils véhiculent (RYLANDER, LUNDHOLM, 1980), alors que d'autres préfèrent y voir des manifestations d'hypersensitivité ne faisant pas obligatoirement intervenir les endotoxines (SHUVAL et al., 1986, p. 93). L'absence d'une pathologie majeure est habituellement attribuée au renforcement de l'immunité chez des adultes en bonne santé par des contacts répétés avec un matériel modérément infectieux.

## VI - LE RISQUE POUR LES POPULATIONS VOISINES D'EPANDAGE

Nous avons là affaire au contraire à une population permanente diversifiée, parmi laquelle la présence de sujets faiblement immunisés (enfants, vieillards, individus naturellement immunodéprimés ou auxquels un traitement immunodépresseur a été prescrit, etc...) est inéluctable. Il faut ajouter les touristes : ils n'ont pu développer d'immunité spontanée à l'égard des agents pathogènes présents dans le milieu qui les accueille temporairement, et ils constituent de ce fait un groupe vulnérable. Un apaisement doit être trouvé dans les enquêtes menées aux abords des stations d'épuration, même s'il faut observer que les poids des facteurs socio-économiques n'a pas favorisé la mise en évidence d'un éventuel impact sanitaire.

Il y a plus de dix ans, à la suite de la parution des résultats d'une enquête rétrospective en Israël (KATZENELSON et al., 1976), on a pu croire - malgré la prudence dont faisaient néanmoins preuve les auteurs - que des arguments définitifs avaient été fournis en faveur d'une incidence mesurable de l'irrigation avec des eaux (partiellement) traitées sur le niveau de santé des populations voisines. Un réexamen des données a révélé des biais suffisants pour remettre en cause ces premières conclusions (SHUVAL et al., 1986). Une seconde enquête a concerné des sites où l'eau usée a été constamment utilisée pour l'irrigation pendant toute la période étudiée (à comparer avec des sites recourant à des eaux naturelles), ainsi que d'autres où les deux sortes d'eaux ont été successivement utilisées, situation qui a fourni les résultats les plus démonstratifs. Les périodes d'utilisation des eaux usées ont révélé chez les enfants de moins de 4 ans un accroissement significatif du risque pendant les mois d'arrosage, du moins en ce qui concerne les affections gastro-intestinales ; la différence disparaît si on considère les moyennes annuelles.

Une troisième enquête a permis de mettre en évidence le rôle d'eaux usées provenant d'agglomérations proches dans la transmission du virus ECHO 4 vers une population agricole, à la suite d'une épidémie ayant frappé en premier les milieux urbains (SHUVAL et al., 1986). Transmis par les aérosols, infectieux par voie respiratoire, le virus a contaminé en premier les enfants (formation d'anticorps spécifiques, mais sans manifestations cliniques), qui l'ont ensuite communiqué aux adultes de leur famille. L'immunisation préalable des agriculteurs irrigants était

vraisemblablement assez forte pour empêcher l'apparition de symptômes chez ces sujets exposés.

Par rapport aux enquêtes menées aux Etats-Unis, les travaux israéliens ont touché des effectifs importants, suffisants pour mettre en évidence de façon significative des effets mineurs. Ils indiquent la possibilité d'un risque, probablement d'origine virale, dont l'appréciation objective doit tenir compte de la bénignité des symptômes.

## **VII - LE RISQUE POUR LE CONSOMMATEUR HUMAIN**

Son éventualité a été décelée dès 1898, quand Houston a mis en évidence le vibron cholérique dans les effluents de Londres. Trois ans plus tard, WÜRZ et BOURGES observaient que dans les champs d'épandage, "il y a lieu de mettre en suspicion les végétaux qui doivent être consommés à l'état cru et d'en interdire la culture, car ils peuvent être contaminés par les eaux d'égout chargées de matières fécales contenant fréquemment des microbes pathogènes pour l'homme". En 1906, la réglementation française prohibait la culture de légumes destinés à être consommés crus, et étendait plus tard cette interdiction aux productions susceptibles d'être consommées sans cuisson préalable, malgré l'absence (à l'époque) de preuves épidémiologiques indiscutables.

Des certitudes ont été apportées en premier lieu à propos des vers parasites intestinaux. Que l'épandage puisse constituer une voie de transmission a été soupçonné à Darmstadt (RFA) en 1908 - 1909 et confirmé après la seconde guerre mondiale, lorsque la disette a conduit à alléger les prescriptions sanitaires concernant les légumes provenant des champs d'épandage (SEPP, 1971). D'autres éléments d'information proviennent de ville du Proche-Orient, Jérusalem (SHUVAL et al., 1985) et Alep (BRADLEY, HADIDI, 1981);

Des preuves indiscutables ont été fournies par Khalil (1931) qui a opportunément profité des conditions particulières d'une prison égyptienne pour démontrer que si l'incidence de la schistosomiase et de l'ankylostomiase décroissait avec la durée d'incarcération des prisonniers, en majorité d'origine rurale, rien d'analogue n'était observé pour *Ascaris* et *Trichuris*, très fréquents également chez les gardiens. Cette situation a été attribuée au fait que les uns et les autres partageaient la même nourriture, provenant en partie d'un champ d'épandage proche. Des oeufs de vers ayant été mis en évidence dans la terre adhérant aux racines, des manipulations sans précautions assuraient à la cuisine le transfert vers les plats cuits et entretenaient l'endémie. Khalil a pu également comparer l'incidence de l'ascaridiase à Port - Saïd, ville où les conditions sanitaires étaient acceptables, mais dotée de champs d'épandage, et celle de villages de Haute Egypte, où l'utilisation de l'engrais humain était ignorée. Sa conclusion d'ensemble a été que, à cette époque, les légumes contaminés constituaient la voie principale de transmission d'*Ascaris* dans le pays.

On dispose d'informations moins détaillées en ce qui concerne les maladies bactériennes et virales. Des eaux usées brutes ont été impliquées dans un épisode de choléra à Jérusalem (SHUVAL et al., 1985). De fortes présomptions existent pour les

épidémies d'affections gastro - intestinales de Mexico (1959 - 60) et de typhoïde à Santiago du Chili. La possibilité d'une transmission de l'amibiase a été également fréquemment évoquée.

### VIII) LE RISQUE VETERINAIRE

La transmission de maladies au bétail par l'intermédiaire des eaux usées concerne essentiellement les salmonelles, la cysticercose bovine (stade larvaire du ténia inerme, *T. saginata*), peut être aussi les sarcosporidioses.

Des cas de salmonelloses ont été attribuées à l'épandage de boues, de matières de vidange et d'effluent brut ainsi qu'à la contamination de cours d'eau (JONES, 1986); Il ne semble pas que des eaux traitées aient été mises en cause. Chez le bétail sain les données expérimentales font état de doses infectantes élevées par ingestion provoquée ( $10^8$  -  $10^{11}$ ), mais on a supposé des doses inférieures à l'occasion d'incidents spontanés (JONES, 1986). La méfiance qui s'attache en Suisse, en Allemagne et aux Pays-Bas à l'épandage des boues sur prairies, en dépit d'une pratique a priori satisfaisante, contraste avec la position de la Grande-Bretagne et de la France, qui ne rapportent que des incidents dûs à des erreurs manifestent. La cysticercose bovine est la maladie la plus répandue, avec des conséquences économiques importantes pour les éleveurs. L'homme seul héberge le ver adulte, qui émet des oeufs très nombreux. Ingerés par les bovins, ils donnent des formes larvaires (cysticerques) et l'homme se contamine en mangeant de la viande insuffisamment cuite. Des exemples concluants à partir d'eaux et de boues résiduaires ont été rapportés en Ecosse (NANSSEN, 1986) et en Australie (RICKARD, ADOLPH, 1977). En fait, bien d'autres voies sont offertes au parasites. Les oeufs de ténia sont très résistants dans la nature, mais on n'a retrouvé que des formes rétractées dans les ensillages.

Du fait de la résistance des spores de sarcosporides, il n'est pas étonnant de constater l'infection généralisée des veaux sentinelles sur des herbages recevant des boues fraîches (BURGERS, WILKENS, 1986). La contribution d'effluents bruts et traités reste à définir.

### IX) LE RISQUE PHYTOPATHOLOGIQUE

On a évoqué une possibilité de transmission de nématodes parasites de la pomme de terre (*Globodera rostochiensis* notamment), mais aucune preuve n'a été apportée à partir d'eaux urbaines.

Dans l'ensemble, la pathologie attestée liée à la réutilisation agricole d'eaux usées résulte à l'évidence de l'épandage sans précautions d'effluents bruts ou très sommairement traités sur des récoltes consommées à l'état cru. Les mesures sanitaires préventives relèvent de plusieurs actions à mener simultanément :

- traitement des eaux usées afin de satisfaire à des exigences microbiologiques correspondant à un niveau accepté de risque sanitaire,

- sélection de cultures convenables,
- utilisation de modes d'irrigation appropriés,
- hygiène professionnelle des agriculteurs.

## X) VERS DE NOUVELLES REGLES

Jusqu'à ces dernières années, la tendance a été d'identifier le risque à la présence possible de pathogènes dans l'effluent, quels qu'en soient les effectifs. Cette confusion évidente entre risque potentiel et risque avéré s'est trouvée à l'origine d'exigences renforcées, culminant avec la réglementation adoptée en 1968 en Californie (ONGERTH, JOPLIN, 1977 ; RICHARDSON 1985,) qui aboutit à exiger pour l'irrigation de surface des végétaux comestibles (sans contact entre l'eau et la partie consommée) une qualité bactériologique analogue ou supérieure à celle que tolèrent occasionnellement les normes O.M.S. pour l'eau potable dans les réseaux de distribution (3/100 ml) ou les distributions sans réseau (10/100 ml) !

Il faut certes regretter cette situation, parfois proche du vide juridique, mais force est de constater que dans les pays du pourtour méditerranéen, elle n'a pas abouti à des situations dramatiques tant que les dispositions légales - mêmes réduites à un minimum - ont été observées. Bien entendu, cela ne signifie pas que la pratique soit pour autant sans danger, et qu'elle ne mérite pas d'être soumise à un ensemble de règles cohérentes.

Le récent "Rapport d'Engelberg" (IRCWD, 1985) offre pour cela une approche qui s'efforce à l'objectivité en faisant un large appel à "l'évidence épidémiologique". Il aboutit à des conclusions qu'il sera impossible d'ignorer dans l'avenir, même si certaines des dispositions proposées en seront discutées ou feront l'objet d'adaptations pour s'appliquer à des conditions (naturelles, comportementales et socio-économiques) différant de celles des régions explicitement visées par ce document.

La proposition la plus spectaculaire est sans doute celle d'une limite de 1000 coliformes fécaux/100 ml (moyenne géométrique), en vue d'une utilisation agricoles sans restrictions pour l'arrosage des denrées comestibles, des fourrages et des espaces verts ? Ceci revient à appliquer un facteur d'environ 50 aux recommandations antérieures de l'O.M.S. (WHO, 1971), dont il faut rappeler qu'elles n'avaient été avancées que faute d'enquêtes épidémiologiques (sur l'urgence desquelles insistaient vraisemblablement un très important facteur de sécurité). A ce titre de comparaison, il est intéressant de noter que le nouveau chiffre est du même ordre de grandeur que les tolérances sur les eaux de baignade en Europe.

L'intérêt de ce critère est de pouvoir être atteint par des techniques simples d'épuration. Pour les pays chauds, l'exemple fourni est une installation de lagunage à 4 bassins avec un temps de séjour total de 20 jours. La limite bactériologique est complétée par un impératif parasitologique (moins de 1 oeuf viable de nématode par litre). Associé à une série de prescriptions sur le traitement à imposer (1 jour en bassin

anaérobie et 5 jours en bassin facultatif, ou 2 fois 5 jours en bassin facultatif ou un procédé équivalent), celui-ci est le seul à subsister lorsque la pratique de l'irrigation est soumise à des obligations restrictives (choix des cultures, mode d'application de l'eau, distance des lieux habités, etc...)

Le choix du mode d'irrigation peut contribuer à réduire ou à localiser la contamination microbiologique du sol et du végétal : l'irrigation à la raie et plus encore le goutte à goutte limitent les occasions de contact entre le végétal et l'eau (CADILLON, TREMEA, 1983). Les délais entre l'application de l'eau, la récolte et la consommation sont également des facteurs à faire intervenir (agrumes, fourrages).

Même à proximité, l'aérocontamination bactérienne résultant de l'épandage d'eaux conformes au plus rigoureux des "critères d'Engelberg" reste extrêmement limitée (BOUTIN et al., 1984 ; CEMAGREF, données non publiées). Nul doute que les propositions du rapport d'Engelberg méritent d'être discutées et adaptées pour répondre à des situations plus diversifiées que celles auxquelles se réfère ce bref document. L'O.M.S. doit entreprendre incessamment un travail d'approfondissement aboutissant à des nouvelles recommandations. A partir de ce cadre rénové, les pays pourront créer ou mettre à jour leur réglementation sur la réutilisation agricole des eaux résiduaires urbaines.

## XI) CONTROLE SUR LE TERRAIN

Le point difficile sera le contrôle des mesures adoptées. Il nous semble personnellement peu souhaitable - parce que peu réaliste - de le baser sur la qualité bactériologique du produit. Il est clair maintenant que des traitements ne faisant appel qu'à des technologies simples, pour peu qu'ils aient été correctement conçus, bien réalisés et exploités de façon satisfaisante, sont capables de produire régulièrement des eaux de qualité sanitaire convenable pour l'irrigation, n'exigeant qu'un contrôle limité ; l'inertie propre de la plupart de ces systèmes tolère de brèves surcharges, mais il faut insister sur le fait qu'une surcharge progressive constitue le risque principal : dans un système de bassins de stabilisation par exemple, un accroissement permanent du débit inévitablement aura pour résultat une détérioration de la qualité de l'effluent. La qualité finale de l'eau dépend de la fiabilité des équipements, et c'est dans la responsabilité spécifique des autorités de les surveiller. Les autres paramètres aisément contrôlables sur le terrain sont les cultures pratiquées et les méthodes d'irrigation : on peut s'en assurer directement, et il est difficile pour les agriculteurs d'échapper aux prescriptions qui les concernent.

Il est difficile d'en venir à plus de rigueur à partir d'une situation initiale de laxisme.

Des règles claires et précises sur les cultures autorisées et interdites en fonction de la qualité sanitaire de l'eau distribuée doivent donc être établies dès le départ. Les vérifications correspondantes exigent peu de technicité. Les contrôles plus complexes, comprenant des analyses de laboratoire, devraient être réservés à la recherche ou aux cas litigieux.

14

L'effort d'éducation portera aussi sur les pratiques d'hygiène corporelle et les mesures préventives (vaccination) auxquelles devront se plier les agriculteurs et leurs familles.

## **CONCLUSION**

La considération objective des risques sanitaires résultant de l'irrigation avec des eaux usées a récemment permis de proposer des normes microbiologiques allégées pour la réutilisation d'effluents traités. Ces nouvelles tolérances peuvent être satisfaites par des filières simples de traitement.

Désormais, les eaux usées constituent de nouveau un potentiel pour l'irrigation des cultures vivrières et industrielles. A ce titre, partout où la disponibilité de l'eau est insuffisante, elles doivent devenir partie intégrante de la ressource en eau pour une gestion globale de celle-ci, et être efficacement protégées contre une altération irréversible de leur qualité. Les pays doivent tenir compte de cette situation et se doter de l'outil réglementaire efficace qui leur permettra de maîtriser le développement d'une pratique qui doit être simultanément encouragée et contrôlée .