

## hydrologie.

science étude eau.

domaine santé humaine → eau à consommation humaine.

↳ pollution, étude, gestion.

↳ traitement rendre potable, dépolluer.

rôle physique : besoins quantitatifs.

qualité de l'eau : contraintes qualitatives.

intro : histoire = déterminer organisation sociale et politique. rôle de religion : baptême, bain de Gange.

↳ fondation de très les civilisations.

↳ batailles pour l'eau.

↳ contrôle de l'eau → pouvoir.

hiéroglyphes : eau = forme primordiale vie. (-3000 av JC)

de Vinci : eau = moteur nature.

cf loi Platon : droit utilisation eau

jusqu'à date récente (50) : Europe → eau = don du ciel disponible sans contrainte, à 50 sujet de préoccupation pour les pouvoirs publics.

à 70 : société prend conscience effets nocifs de notre mode de vie sur eau.

engrais → eutrophisme les lacs, pollution ménagère : ordure ménagère, pollution industrielle → déchets.

prise conscience : aggravé par cycle réchauffement années fin 80 début 90. → eau = bien précieux. ne pas gaspiller.



lien de qualité → lien de marchandise.  
gratuit → onéreux  
payer pour une qualité potable.  
chère car mal fumée : 10 ml/s →

domaine santé publique.  
↳ rôle et info des pharmaciens.

campagnes pour via pharmaciens et officines, affiches  
informatives, présentation pédagogique.  
(des campagnes des cours).

coût de l'eau: double Hs les 5 ou 10 ans.

1990 : 8 f/m<sup>3</sup>.

1994 : 13 f/m<sup>3</sup>. (↑ 13% de 93 à 94, > coût vie).

continues à ↑. (bordaux ↑ 50%).

prix de l'eau = captage + transfert. 55%.

assainissement = rendre potable + III eau, plus 31%.

redressement = 14%.

↳ TVA, agence de bassin, III pollution, plus eau,  
fond national et adhésion des cours.



rôle lié

eau

indispensable à vie sur terre.

ne peut pas se passer l'eau soit à l'homme.

répartition eau de l'organisme.

eau =  $\frac{2}{3}$  tot corp.

• secteur intra  $\phi$  (20%)  $\rightarrow$  eau plasmatique 5% (rich Prot)

↳ riche en  $\text{Na}, \text{Cl}$

eau interstitielle 15% (Prot  $\ominus$ )

• secteur intra  $\phi$  (40%)

↳ riche en  $\text{K}, \text{Mg}, \text{H}_3\text{PO}_4$ , pauvre en  $\text{Na}, \text{Cl}$ .

rôle de org: vie = circulation eau de corp.

$\rightarrow$  solv de électrolyte, nutriments.

franchir multiples barrières, perméable à eau, pas tjs  
eau solutés  $\rightarrow$  mb  $\phi$ . pompage vs influences + ions forces  
qui attirent ou repoussent solutés.

- passive: loi de la physique (osmotique)

- active: me NRS particulière.

passif  $\rightarrow$  osmose. PO développé par électrolytes attire  
eau du secteur le - conc vers secteur le + conc.

$\rightarrow$  prot  $\approx$  colloïdale: pression osmotique. capable attirer  
eau de capillaires.

$\rightarrow$  pression hydrostatique: tend à faire sortir eau du  
secteur plasmatique vers secteur interstitiel.



- actifs, source  $E =$  de rx métaboliques  $\rightarrow$  ATP.  
agissent  $\pm$  contre courant des gradients de pression.  
pompes ioniques.  
ex: pompe Na K ATPase. expulse Na, fait rentrer K de  $\phi$ , avec hydrolyse ATP.
- véhicule des solvants.
- support chimique de H<sup>+</sup> les rx de organisme  
 $\hookrightarrow$  H<sup>+</sup> et OH<sup>-</sup>
- maintient homéostasie du pH.

Besoins quantitatifs en eau.  
 $\neq$  besoins en communication  
 $\hookrightarrow$  pool hydrique en partiel renouvellement.  
 prise et éliminé. H les j.  
 H prise = compensé par gain.

pertes: pertes osmotiques.  
 fécales 100  $\pm$  150 ml/j  
 urinaires  $\Delta$ , 1400 ml/j (seul modulable)  
 insensibles (air expiré muqueux) 800  $\pm$  1000 ml/j.  
 $\hookrightarrow$  dépendent atm, exercice physique insolation.

apports:  $\Delta = f(\text{paramètres non-maitrisables})$   
 $\hookrightarrow$  âge, tension en Na, ration calorique.  
 NN: variable, 8  $\pm$  3 x mg  $\pm$  celui adulte.  
 jusqu'à 1 an, 100  $\pm$  150 ml/j puis  $\rightarrow$  de  $\frac{1}{2}$  Hs  
 les ans  $\rightarrow$  ration adulte.  
 âge: a tendance  $\pm$   $\rightarrow$  apport. une source apport.



richesse Na: retenue par l'organisme  $\rightarrow$  cas de Na.

retention osmotique: // avec besoin eau.

1 ml eau par cel.

eau aliments: 1300 ml/j (viande 70% céréales fruits: 50%).

eau boisson: 1000 à 1500 ml/j (grande  $\Delta$ )  $\rightarrow$  10 l.

eau métabolique: 300 ml/j. (eau combustion, rx biochimiques)

régulation: origine endocrinienne.

foie et insensible aux pertes fines: peu de contrôle

seul organe contrôle pertes: reins et rein (niv tube distal et collecteur).

aldos:  $\uparrow$  réabsor $\ominus$  Na (donc eau) du tube distal

ADH: sensible aux  $\Delta$  osm $\ominus$  plasma.  $\uparrow$  réabsorption eau du tube collecteur.

régulation effort: stimuli = soif.

ph d'hydratation intra $\&$   $\rightarrow$  certains hyp $\ominus$ T.

rx endocriniennes.

$\rightarrow$  5-8% réchut fluxe salivaire  $\rightarrow$   $\uparrow$  sensation soif.

homme: n'utilise jamais eau pure.

↳  $\exists$  sel minimum, eau distillat minimum.

↳ goût amer, gazeux.

eau minérale bien meilleurs à boire.

↳ effort sel + oligo éléments.

eau pauvres  $\rightarrow$  maladies de carence.

↳ Alga: pauvres en I  $\rightarrow$  goûts hypo-thyroïdiens.

conservation artificielle.

ONS: agent I $^-$ , (F $^-$  pour certains pays: prophylaxie carie dentaire, mine).



inversement, can riches trop.

ex: can trop riche - Na, ≠ incl chez HTA ⊕.

̄ origine troubles rénaux.

ex: can trop riche Ca, tartre → ajout agents adoucissants de industrie.

graine → chaux, me 25l can.

→ coton, me 10 000 × le poids graine.

besoins généraux en can agglomère ⊕ humaine.

5 grad sections.

- can potable + chim, industries raccordés au réseau
- distribu ⊕ (PNE).
- industries non raccordés au réseau (can non potable).
- centrales thermique et nucléaire (refroidissement),  
qui consomment. alors que besoins important. pollution  
thermique
- culture et irrigation.
- divers : tourisme, navigation, récréation.

can potable + PNE

→ 45% = aux besoins domestiques.

45% = petites industries raccordés au réseau.

10% = divers : municipaux.

6  $\bar{\pi}$  m<sup>3</sup> can en France.

≅ 100 m<sup>3</sup> / personne / an.

≅ 200 l / jour / personne.

distribuées par collectivités ou sociétés privées (3/4)

min: 400 l / j / pers.

demande ↑ en fonction urbanisation.

10j usuel = 1/2 consommation ⊕ 10j urbain.



industries non  
recyclées

→ eau pompée directement.  
transport chaleur, évacuation ...  
chimie, sidérurgie, papeterie (500 m<sup>3</sup> / t papier)  
ont leur propre syst. d'égouttement.

centrales

→ besoins considérables. refroidissement.  
33% restitué au circuit  
1% évaporé.

agriculture

→ irrigation indispensable.  
p<sup>↑</sup> 5 à 10x après irrigation.  
entre 1500 à 10000 m<sup>3</sup> eau / ha  
pour couvrir les besoins agricoles.

action OMS : une réponse à qualité  
physique + bactériologique.

OMS inquiète des maladies 80% liées à l'eau.

1/2 pop. globe n'a pas accès à eau potable.

2000 diarrhées

4000 gastro-entérites

1600 cholérasmes

si eau potable pour Hs : → 1/2 + infantile

↳ élimination des canaux



con de  
la nature.

richesse fin 80 de 30

↳ destruction ionoclaste con quantité illimitée.

gum: nb x incl pollution con.

Fcv 30: Bretagne, disconnille con de solinet sur  
nourison + ♀ incintes. fort toxic -  $\text{NO}_3^-$ .

Fcv 30: normandie, cytotémique gastro entérée. présence  
coli bacille de con laison.

fin 31: con de laison et Amin contient Pb - trop fort %  
> 50 ppm/l.

→ pb quantitatifs et qualitatifs.

richesse des hydrogène sol → durcis et rend imperméable.  
les pluies ruissellent et lavent → entraînent polluants et ton  
de nappes phréatiques ou riviers à débit faible.

ressources mondiales en con.

con de mer: 37,4% sur traitement.

con douce: 2,6% ( $37 \text{ km}^3 = 10 \times V \text{ méditerranée}$ .)

↳ facilement ou difficilement accessible.

0,014%

les riviers

2,586%

calotte glaciaire, con souterrain.



en France.

cadre légal national

4000 m<sup>3</sup>/hab/ann.  $\hat{=}$  8  $\bar{n}$  m<sup>3</sup> par an sur 40  $\bar{n}$  jours.

chq année, 700 à 800 mm ann de pluie-neige.

$\hookrightarrow$  440  $\bar{n}$  m<sup>3</sup> (330 en période sèche).

majorité (2/3)  $\rightarrow$  évaporée et absorbée par vég.

reste 180 km<sup>3</sup>  $\rightarrow$  alimenté par souterrain, lac, fleuves

100  $\bar{n}$  m<sup>3</sup>

80  $\bar{n}$  m<sup>3</sup>.

répartition usance = inégale selon région.

$\Delta$  importantes  $\pm$  500 à 200 mm sur 8000

$\hookrightarrow$   $\Delta$  de délit court et con.

répartition géographique par souterrain très inégale

en France.

⊕ bassin sédimentaire (Ile de France) Paris capitale :  
cours, provenance.

⊖ Bretagne, Vosges, massif central.

43,4  $\bar{n}$  m<sup>3</sup> = stock ann de surf

1000  $\bar{n}$  m<sup>3</sup> = " " souterrains.

$\hookrightarrow$  grand fleuve collectant 63% ann du territoire.

majorité : 80% ann surf = lac Léman

m  $\hat{=}$  pas nécessairement  $\hat{=}$  accessibilité ann.

origine traditionnelle approvisionnement.

cours météoriques

cours souterrains (40%)

cours surface (60%)



eau de pluie: utilisées telles quelles. effort réduit mais  
utile pour gaz isolé → vitres.  
eau très pure. excellentie eau de baignon  
me condition: vitres étanches, bien ventilée  
isolé au pt vue thermique.  
fraîcheur = 10 → 15°C.  
précaution: éliminer les virus comme car st  
pollués (E syst très microbique).

eau souterraine: théoriquement pure. dépend situation nappes  
- nappes profondes, phréatiques, alluvionnaires, de résurgence.  
profondes: couche eau inférieure entre 2 couches imperméables.  
pure qd eau de pluie traverse & terrain suffisant  
↳ filtration. consommation directe.  
nappes peu importantes, incompatibles avec besoin  
gd ville.  
→ 2000 ans de rayon 20 km,  
pollution possible. HC, nitrates, ... très difficile  
à traiter. résurgentes. dépollution impossible.  
phréatique: infère sol à faible profondeur. → alimente  
les puits. tech milieu rural  
facilement contaminable. mais dépollution facile:  
se renouvellent facilement.  
alluvionnaire: rivières souterraines. très abondantes, faible  
profondeur. facilement polluables mais renouvellement  
facile.  
résurgence: pénétrant de sol par failles. apparaissent.  
spontanément sur sol. confondues avec source de  
nappe profonde. pas filtrée.  
↳ maladies hydropiques.



pour les 3<sup>es</sup> types  $\rightarrow$  étude g $\ddot{e}$ o approfondie.  
V. nappes, d $\acute{e}$ bit potentiel, d $\acute{e}$ terminer zone protection  
autour captage  $\rightarrow$  act humain tr $\acute{e}$ s r $\acute{e}$ glement $\acute{e}$ .  
étude composition eau. pollution ? si oui  $\rightarrow$  étude  
III  $\dot{\epsilon}$ quations  $\dot{\epsilon}$  mettre en oeuvre.

cas de surface: n $\acute{e}$ cessaire de fournir eau des gr $\acute{o}$ l  
n $\acute{e}$ cessaire (à exception Lyon: eau souterraine).

les n $\acute{e}$ cessaires pollution  $\dot{\epsilon}$  cause naturellement.

concomitant: rivi $\acute{e}$ re, v $\acute{e}$ hicule  $\dot{\epsilon}$  gr $\acute{o}$ l distance les  
polluants  $\rightarrow$  pollution extensive (mult par pays).

att $\acute{e}$ nu $\acute{e}$  par auto  $\dot{\epsilon}$ quation: les germes pathog $\acute{e}$ nes  
s $\dot{e}$ t tr $\acute{e}$ s sensibles  $\dot{\epsilon}$   $O_2$  dissout,  $\dot{\epsilon}$  UV ni beaucoup  
lum $\acute{e}$ re + concurrence vitale patho / saprophytes. +  
bact $\acute{e}$ riophages.

auto  $\dot{\epsilon}$ quation  $\dot{\epsilon}$  gr $\acute{o}$ l d $\acute{e}$ bit: a $\acute{e}$ ri $\dot{\epsilon}$  importante et  
d $\acute{e}$ bit importante.

moins importante de eau stagnante.

entr $\acute{e}$ e par polluants chimiques  $\rightarrow$  compte Eq bio  
des eau et imp $\acute{e}$ che oxyg $\acute{e}$ ne  $\dot{\epsilon}$ : eutrophication.

les stations  $\dot{\epsilon}$ quation.

g $\acute{e}$ nie conjonctuelle fin 80 d $\acute{e}$ but 90.

besoins estim $\acute{e}$ s eau: 40  $\bar{m}^3$  / an. consommation 8  $\bar{m}^3$ .

les plus sensibles engendrer g $\acute{e}$ nie au niv $\acute{e}$ l t $\acute{e}$ l $\acute{e}$ .

Eq fragile. importance issues illusoires.

on n $\acute{e}$ cessite pas  $\dot{\epsilon}$  avoir pb importants.

sept 83  $\rightarrow$  Nov 83  $\rightarrow$  aucun d $\acute{e}$ partement n $\acute{e}$ cessite  
pr $\acute{e}$ cipitation au dessus moyenne.



sud : 50 + midi : = 50% à moy.

11 000 km<sup>2</sup> rivières desséchées.

conséquences immédiates.

↳ industries consommatrices eau → sinistres

↳ impact écologique grave : concentration pollution, ↑ eutrophication. + pisciculture importante.

deuts → organiser meilleure répartition eau.

↳ concour. + lacs, réservoirs pour soutenir étirage de certains com. d'eau.

ressources non conventionnelles.

recours onirux, coût m<sup>3</sup> produit = cher.

production → 4 à 5 f/m<sup>3</sup>.

recherche pour dev. méth. indispensables de certains cas.

désalinité eau de mer. par dev. très onirux.

par gelier pb eau ches et régions oliviers

- distillation basse pression 4 f/m<sup>3</sup>.

- osmose inverse : osmose m. eau  $P > P_0$  → eau pure  
passé de la sol la  $\ominus$  conc vers le compartiment le moins  
concentré. théoriquement par onirux.

limitée par qualité m. b.  $\frac{1}{2}$  perméable ches et courté vie.

2 f/m<sup>3</sup>. très utilisé de pays riches. arabes.

- électrodialyse. dialyse sélective. m. pb m. b.

- congélation : tech expérimentale Israël.

avenir important à condition coût ↓.

pluies artificielles. condensation de gttos eau par inj  
nuage carbonique ou AgI. avenir important, stable dev.



pb juridique car modif climat.

recyclage des eaux usées par ultrafiltration. (nano,  $\mu$  fil)  
la + prometteur.

mb de conception proche mb osmon  $\rightarrow$  barrière sélective  
régère constituants en fonction  $\phi$  pores mb.

nano ou ultra fil  $\rightarrow$  pore de  $1/100$  ou  $1/10000$  de  $\mu$ .

micro fil  $\rightarrow$  ordre de  $\mu$ .

transfert entre les 2 millions une pression pour  
traverser. technique améliorée lorsque  $P$  tangentielle  
car l'eau tangentielle lave la mb des impuretés.

tech idéale pour obtenir un concentré pur car fine.

lorsque veut se dilater lact  $\rightarrow$   $\mu$  fil

" " "

macromolécules  $\rightarrow$  prot, virus  $\rightarrow$   $\mu$  fil

utilisés en cas min: Rwanda.

unités mobile III cas.

cas guerre, situations exceptionnelles...

tech envisagée de chaîne III cas.

débit importante unités mobiles:  $5 \text{ m}^3/\text{h}$ .

maintenance

ultra fil: colmatage rapide, risque pollution lact.

$\hookrightarrow$  lavages à contre courant:  $\text{Cl}_2$  inj.

échange ion: résines, prolifération lact.  $\rightarrow$  ne imprégnés  
antiseptiques.

osmon inversion: idem ultrafil.

pb en oral: les eaux produites attaquent le syst  
entartrage (mult si Ca pas éliminé)  $\rightarrow$  adoucir eau par  
résines.



action corrosive (richesse en  $\text{CO}_2$ ) attaque consolidation.

↳  $\uparrow$  pH ajoute le  $\text{CO}_2$ .

contaminants  $\Theta$  local du réservoir si dilution faible.

↳ inj. oxygénée ou  $\text{O}_3$  (ozone).

expériences:

• remuage d'iceberg. 1 iceberg = 8000  $\bar{m}^3$ .

fourniture 50x plus vite que par dissolution.

étude condition transport.

(Australie, Chili, LA).

•  $\rightarrow$  gels par évaporation en plaçant gellicules mousses  
qui  $\rightarrow$  évaporation.





1

RONEO IV du 09/12/94 - 8 h - 10 h  
HYDROLOGIE - M. COLLOMBEL

Anne PEYRE de FABREGUES

Surtout ne pas s'inquiéter du volume de la ronéo d'hydrologie. Ce ne sont essentiellement que des fiches que le prof commente ou ne commente pas en cours. Certaines sont importantes, d'autres ne sont qu'indicatives. Nous ferons donc sans cesse référence aux numéros de fiche... La ronéo en elle-même ne devrait pas être très conséquente.

BON COURAGE

### LES PRENEURS

Comment joindre M. COLLOMBEL, c'est facile : ☎ 72.11.06.15 à H.E.H.  
☎ 72.44.56.12 au CNRS

L'hydrologie est la science qui étudie l'eau dans tous ses aspects. Pour ceux qui le voudront, il sera organisé des visites d'usines de traitement des eaux usées. Si cela vous intéresse, renseignez-vous ! ...

## INTRODUCTION

L'eau a souvent déterminé la vie sociale et politique. Elle est un symbole dans différentes religions. Elle est à la base de la formation des civilisations.

### Fiche 16

Je pense qu'il a voulu écrire :  
" 9 à 16 F/m<sup>3</sup> en France (1994)  
moyenne à 12 F/m<sup>3</sup>  
soit environ 1 centime le litre"

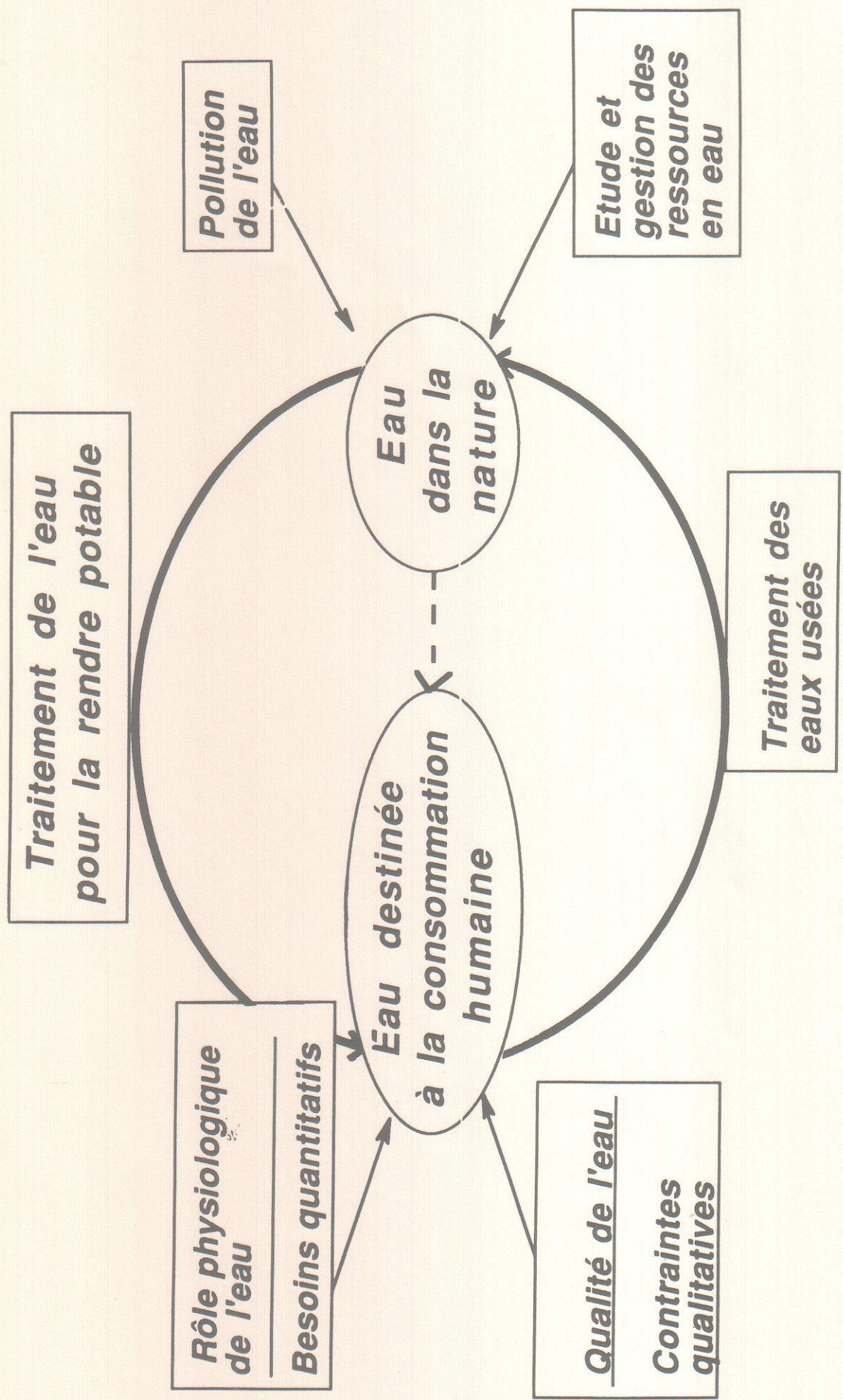
Mais faites la comparaison avec les chiffres de 1990 qui sont si bien raturés...

A Lyon, nous avons une moyenne de 13,26 F/m<sup>3</sup> tandis qu'à Bordeaux, 16 F/m<sup>3</sup>.

Je n'ai plus rien à ajouter aux 56 fiches que le prof m'a donné pour ces 2 heures de cours. Tout et vraiment tout ce qu'il dit en cours est écrit. En fait, il fait mon boulot !...



# PLAN DU COURS D'HYDROLOGIE



Rôle physiologique de l'eau  
Besoins quantitatifs

Qualité de l'eau  
Contraintes qualitatives

Pollution de l'eau

Etude et gestion des ressources en eau

Traitement de l'eau pour la rendre potable

Traitement des eaux usées



Celui qui contrôle le point d'eau dispose du droit à la vie et du pouvoir sur les hommes.  
(Empoisonnement des puits dans le désert).

- L'eau tout au long de notre histoire a déterminé l'organisation sociale et politique des peuples.
- Elle est au coeur de la symbolique de toutes les religions (baptême chez les chrétiens, bains purificateurs dans le Gange,...).
- Elle est l'un des fondements de toutes les civilisations.

Quelques citations des hiéroglyphes égyptiens du 3ème millénaire avant J.C.

"L'eau est la forme primordiale de la Vie"

Léonard de Vinci pensait quant à lui :

"L'eau est le moteur de la nature"

## Des eaux polluées...

*"L'eau est la chose la plus nécessaire à l'entretien de la vie, mais elle peut facilement être corrompue ... Elle a donc besoin que la loi vienne à son secours. Voilà la loi que je propose : quiconque sera convaincu d'avoir corrompu l'eau d'autrui, eau de source ou eau de pluie, ou de l'avoir détournée, outre la réparation du dommage, sera tenu de nettoyer la source ou le réservoir conformément aux règles prescrites par les interprètes".*



“ Pour aller chercher l'eau puisque j'en suis à ces éléments essentiels, c'était encore bougrement plus simple, je n'avais qu'à prendre mes deux seaux, faire seulement huit mètres et tourner la manivelle du treuil de notre puits pour ramener à la surface cieux seaux pleins d'une eau transparente, fraîche et pure comme la vérité. J'avais compté qu'il me fallait tirer neuf seaux par jour, à des heures fixes, pour approvisionner notre petit ménage. Quatre-vingt-dix litres d'eau par jour suffisaient à la toilette et à la cuisine de six personnes. Cela me paraissait énorme : quatre-vingt-dix litres par jour, quelle débauche ! ”

Aujourd'hui, lorsque je vois le gaspillage prodigieux que l'on fait de ce précieux liquide, je suis effrayé et si l'on avait dit à mon grand-père que, soixante ans plus tard, il faudrait aux hommes au moins deux cents litres par tête et par jour, on aurait entendu son grand rire d'incredulité et de colère. ”

Henri Vincenot, La Billebaude. (1978)

Jusqu'à une date récente, les pays de l'Europe tempérée ont considéré l'eau comme un don du ciel disponible sans contrainte à la consommation

Il a fallu attendre les années 1950 pour que l'eau devienne un objet de préoccupation sérieuse pour les pouvoirs publics.

Ce n'est qu'en 1970 que notre société prend conscience de certains effets nocifs de notre mode de vie sur l'eau :

- L'évier et la machine à laver rejettent les détergents dans les nappes phréatiques  
*= la vie domestique*
- Les nitrates et les phosphates polluent les sources et eutrophisent les lacs. *(plus de faune et une petite flore) exemple : lac de Montba, sauvé aujourd'hui*
- Le lisier des élevages et les déchets de l'industrie tuent la faune et la flore de nos rivières.

Le cycle de la sécheresse dans lequel notre pays semble engagé provoque aujourd'hui l'inquiétude de l'opinion publique. *et aggrave donc la prise de conscience.*



## Les Français et l'environnement

### L'air et l'eau prioritaires

*L'eau est devenue l'important dans les préoccupations.*

Quelles sont les actions qui vous paraissent prioritaires à mener pour lutter contre la dégradation de l'environnement ?

1. La lutte contre les pollutions de l'air et de l'eau 53 %
2. La protection du patrimoine écologique : faune et flore en danger 38 %
3. La gestion des déchets dangereux (produits toxiques, radio-actifs) 30 %
4. La prévention des risques industriels ou nucléaires 28 %
5. La lutte contre le gaspillage des ressources naturelles 20 %
6. L'amélioration du cadre de vie quotidien 12 %
7. La lutte contre le bruit 10 %
8. La mise au point et le développement de "technologies propres". 8 %

les pourcentages ne totalisent pas 100 % car les sondés pouvaient donner deux réponses.

Source CREDOC 1988

10  
Alors l'eau considérée comme un bien de cueillette utilisable à merci et sans précaution particulière devient un bien rare et fragile qu'il faut savoir protéger et gérer.

Ce don du ciel que chacun considérerait comme devant être gratuit...devient cher.

Aujourd'hui chacun s'accorde sur la nécessité de payer pour que l'eau destinée à l'alimentation, continue à répondre aux critères de qualité d'une

EAU POTABLE



# Les pharmaciens se mettent à « l'inf'eau »

Répondant à la demande d'information en matière d'eau potable, deux grands distributeurs rivalisent de transparence. Dernière initiative, l'affichage des analyses d'eau chez les pharmaciens.

Jusqu'à présent, il n'y avait qu'une seule solution pour s'informer sur la composition exacte de l'eau coulant au robinet : se rendre en mairie et consulter les panneaux d'information municipale. Coincés entre les dates

d'ouverture de la chasse et les publications de bans, les analyses d'eau, certifiées par la Direction départementale de l'action sanitaire et sociale (Ddass), restaient de toute façon bien hermétiques pour le consommateur.

Comment interpréter l'importance des teneurs en coliformes, streptocoques et autres matières organiques ? Seuls, peut-être, les chiffres comparés pendant aux nitrates commencent à parler à l'usager, tant ces derniers ont fait parler d'eux ces derniers mois : au-delà de 50 milligrammes par litre, la norme de potabilité est dépassée.

Conscients du nouvel intérêt (et de l'angoisse) manifesté par les consommateurs, deux grands distributeurs d'eau - Générale des eaux et Lyonnaise des eaux - ont décidé de jouer la carte de la transparence.

Sans trop de risques : en effet, selon l'enquête publiée en février par le mensuel *Que choisir*, les communes ayant confié la gestion de l'eau pota-

ble à ces sociétés privées s'en tirent qualitativement mieux que les autres.

En créant, fin février, son numéro vert (1), la Générale a tiré la première. L'inquiétude des Français était alors à son paroxysme : après une longue période de sécheresse, des précipitations violentes avaient provoqué, dans les rivières et les nappes phréatiques, une brusque montée des taux de nitrates et de pollution bactérienne.

Depuis cinq mois, le distributeur d'eau dispense téléphoniquement aux abonnés des communes dont il a la charge des explications détaillées sur le liquide fourni par leur robinet.

En outre, dans les 144 municipalités rassemblées au sein du Syndicat des eaux d'Île-de-France, gros client collectif de la Générale, des affiches viennent d'être apposées chez les commerçants. Une petite fille y déclare : « Dans ma ville, je bois l'eau du robinet. » Pour plus amples informations, les habitants peuvent consulter le minitel (2).

La Lyonnaise, quant à elle, joue la carte santé en s'associant aux officines de pharmacie. L'opération-pilote, baptisée « *Aquavigilance* », a débuté le 21 juin à Creil, dans l'Oise, avec le concours de la municipalité cliente de

l'entreprise. Ce n'est plus le distributeur d'eau qui informe directement, mais les douze pharmaciens de la ville qui affichent les analyses, corroborées par la Ddass, dont la présentation très pédagogique est plus attrayante que les secs bulletins des mairies.

« Nos clients posent des questions, demandent des explications », remarque Jean-François Duputel, membre du bureau régional de l'Ordre des pharmaciens. « Nous sommes capables de répondre, l'hydrologie et la bromatologie (analyse qualitative des aliments par rapport à la santé publique, NDLR) ayant fait partie intégrante de notre formation. »

La Lyonnaise envisage d'étendre cette action, pionnière du genre, dès la rentrée, à l'ensemble des communes qu'elle dessert.

L'idée de faire transiter l'information par le biais des professionnels de la santé fait son chemin. Préoccupé par le problème des nitrates, le Conseil général des Côtes-d'Armor vient de mettre en place un « observatoire de l'environnement », lequel ouvrira, lui aussi, sa propre ligne minitel.

« Les mairies, associées à l'opération, pourraient transmettre les analyses d'eau effectuées par la Ddass aux phar-

maciens, qui sont compétents pour les interpréter », dit Jean-Marie Angotti, directeur des services de l'agriculture et de l'environnement au conseil général.

En regard de ces initiatives, celle du conseil général de l'Isère semble un peu gadget. A la fin d'une brochure distribuée dans tout le département, intitulée « La goutte d'eau va-t-elle devenir un jour une pièce de collection ? », qui dispense des explications fort claires sur le cycle de l'eau et son traitement, un petit bâtonnet-test, semblable à celui distribué en son temps par *Que Choisir*, permet au consommateur de vérifier la teneur en nitrates de son eau. Il se trouve que la qualité d'une eau de boisson ne tient pas à ce seul paramètre, même s'il est actuellement à la mode.

Hélène CRIE

(1) « *Inf'eau potable* », 05160516.

(2) 3614 Seulf.

Libération 20.7.1990



**Coût de l'Eau**

**9 à 16 F/m<sup>3</sup> en France (1994)  
soit environ 1 centime le litre**

**Ce prix doit doubler dans les 5 à 10 ans**

- 1 - Coût de base**
- Part du captage 55 %**
- Part du transfert**

**2 - Assainissement 31 %**  
 (Traitement de la nature et de l'eau pour la rendre potable et traitement de l'eau polluée qui est dans la nature)

**3 - Redevances**

Redevance prélèvement	1 %	} 14 %
Redevance pollution	6 %	
Redevance fond national d'adduction de l'eau	1 %	
TVA	6 %	

**L'Eau potable coûte**

**Environ 1 centime/litre livré à domicile  
soit 300 fois plus chère que l'eau minérale**

**Chaque Français dépense donc environ  
2 francs par jour pour son eau courante  
livrée à domicile.**

**Alors qu'il dépense 5 fois plus en gaz et en  
électricité.**





## FACTURE D'EAU

# Ce que paie l'abonné

### 1 La fourniture de l'eau potable

C'est le prix de base de l'eau.

*Il représente la rémunération du distributeur pour prélever, traiter, acheminer, comptabiliser l'eau depuis le prélèvement dans les nappes ou les cours d'eau jusqu'au robinet de l'abonné.*

On paie donc :

- l'amortissement des emprunts contractés par la commune ou le syndicat de communes pour les installations de captage, traitement et réseau de distribution ;
- les frais d'entretien et d'exploitation des installations de pompage, traitement (produits chimiques, énergie, personnel...);
- la location et l'entretien du compteur ;

Selon la disponibilité de la ressource en eau et sa qualité, le traitement n'est pas nécessaire (nappes en général) ou alors complexe (rivières) et bien sûr plus ou moins cher.

### 2

## L'assainissement

Après avoir utilisé l'eau, celle-ci est polluée. Il faut l'évacuer des habitations et l'épurer avant son retour à la rivière.

*Une redevance d'assainissement est fixée par la collectivité pour financer et exploiter les réseaux d'assainissement et, le cas échéant, l'épuration des eaux usées.*

On paie dans ce cas :

- l'amortissement des emprunts pour réaliser les égouts et la station d'épuration ;
- l'entretien et le fonctionnement des installations (frais de personnel, d'énergie, de réactifs chimiques, etc.).

### 3

## Les autres redevances et taxes diverses

L'abonné paie également :

- la **redevance de pollution** perçue par l'Agence de l'Eau qui permet d'aider les communes pour leurs travaux antipollution (voir ci-après) ;

— la **redevance de prélèvement** perçue par l'Agence de l'Eau qui sert à financer les travaux d'aménagement et de protection des ressources en eau ;

— la **redevance du Fonds National pour le développement des Adductions d'Eau** (FNAE). Reversee à l'Etat, sert à financer les travaux d'alimentation en eau potable et d'assainissement des communes rurales ;

— la **taxe sur la valeur ajoutée (TVA)** : pour les collectivités ayant opté pour ce régime fiscal, la TVA est de 5,5 % pour la fourniture de l'eau et 7 % pour l'assainissement. Cette option permet aux communes de récupérer la TVA sur les travaux qu'elles entreprennent en matière d'eau et d'assainissement.







**AGENCE DE L'EAU**  
**Une mutuelle**  
**au service de**  
**l'environnement**

**Sans eau, il n'y a pas de vie**

Si on « emprunte » à la nature cette eau pour nos activités humaines, la moindre des choses est de la lui rendre propre. Car la nature est notre alliée, la balancer, c'est nous polluer.

Stériliser inconsciemment notre patrimoine **eau**, c'est peut-être un jour avoir soif; ou alors, à quel prix devrons-nous boire notre eau?

Nous n'en sommes pas là, heureusement, on s'en occupe!

Six agences de l'eau, en France, agissent depuis vingt ans, pour stopper la pollution des eaux, reconquérir les rivières, les lacs et les étangs, sauvegarder les nappes, donner de l'eau potable à tous.

Véritables mutuelles de l'eau où s'expriment la solidarité des usagers de l'eau des bassins hydrographiques (Adour-Garonne, Artois-Picardie, Loire-Bretagne, Rhône-Méditerranée-Corse, Seine-Normandie, Rhin-Meuse); elles sont financées par les redevances payées par les habitants (redevances évouées et-avant) et les industries qui modifient l'équilibre du milieu naturel en le polluant, ou qui prélèvent dans celui-ci.

Elles redistribuent les sommes perçues aux communes et aux entreprises qui luttent contre la pollution, améliorent l'alimentation en eau potable, et réalisent les travaux (stations d'épuration, réseaux d'assainissement, barrages...) qui vont aider la nature à retrouver son équilibre, dans l'intérêt du plus grand nombre.

Oui, on s'en occupe, mais il faut persévérer, voire agir plus vite, sans quoi la pollution reprendra le dessus.

**Et cela coûte ?**

Aujourd'hui, **25,00 F** par habitant et par an.

C'est la contribution moyenne, en 1987, de chaque usager de l'eau à l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse.

**25 F c'est :**

- 5 litres de super;
- ou 2 paquets de café;
- ou 2 litres d'huile...

Peu de choses par rapport à l'enjeu que représente la reconquête de nos rivières et de nos nappes.

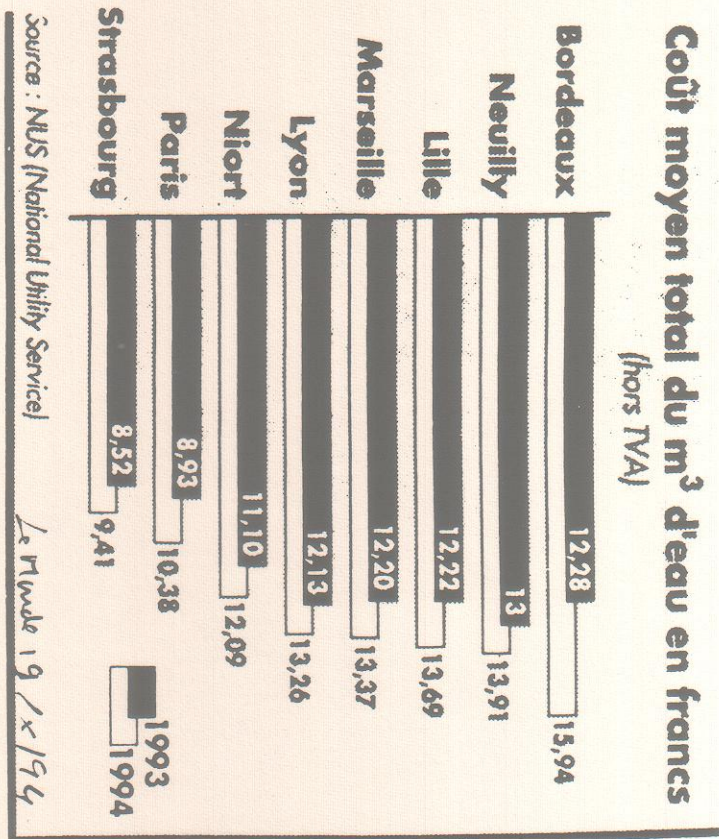
Sources de notre vie...



**Agence de l'Eau Rhin-Meuse**  
**Rozerieulles**  
**B.P. 19 - 57160 Moulins-lès-Metz**  
**Tél. 87 60 48 88**



# Le prix de l'eau continue à augmenter dans les principales villes de France



Spécialisé dans l'étude comparée du prix de différents biens publics (gaz, électricité, télécoms...), le cabinet londonien National Utilities Service (NUS) vient de publier son audit annuel consacré au prix de l'eau. Selon NUS, entre juillet 1993 et juillet 1994, le prix total de l'eau en France - taxes comprises, donc ce que paie l'utilisateur - a augmenté globalement de 12,9 % en France. Avec une hausse de 16,2 %, Paris, qui avait une eau bon marché, est en train de rejoindre les autres villes. Bordeaux affiche le mètre cube le plus cher de France, après augmentation de 29,8 %. C'est à Strasbourg que le prix total de l'eau est le moins élevé à 9,41 francs le mètre cube. Ces augmentations importantes, explique le NUS, sont liées aux augmentations du prix de base de l'eau, à l'explosion des coûts d'assainissement (+ 50,6 % à Bordeaux) et à la forte croissance des taxes de pollution (+ 30,4 % en moyenne).

Le Monde 19/x/1994



## ROLE BIOLOGIQUE DE L'EAU

26

L'eau est indispensable à la vie organique et minérale sur terre.

*( Plus que l'air à l'échelle de Gandhi le jour de Jeannem. Elle est si importante !!! )*

L'homme, s'il peut se dispenser de manger pendant une période assez longue, ne peut pas se passer de boire pendant plusieurs jours. (+ 5 jours)

Exemple : GANDHI pendant ses longues périodes de jeûne ne se "nourissait" que d'eau.

L'eau est l'élément indispensable après l'oxygène. C'est pourquoi toute civilisation s'efforce de s'approvisionner en eau.

### 1 - Répartition de l'eau dans l'organisme :

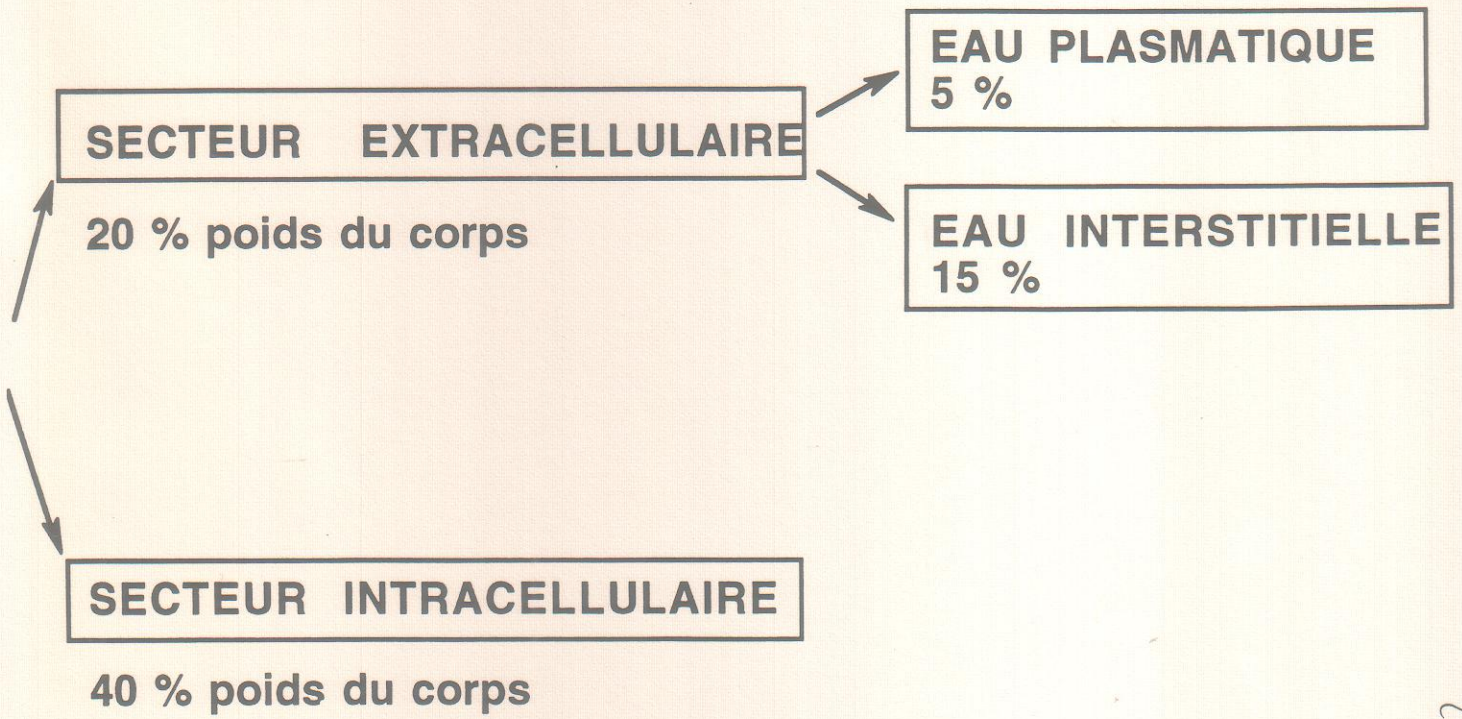
L'eau représente les 2/3 du poids du corps avec une teneur différente suivant les tissus :

- Sang : 83 %
- Muscles : 70 à 45 %
- Squelette : 40 à 60 %
- Tissu adipeux : 15 à 35 %

} 60 % du poids du corps

L'eau se répartit dans deux secteurs :

- Secteur intracellulaire
- Secteur extracellulaire



27



**1.1. Le secteur extracellulaire :**  
 (milieu intérieur) : 20 % du poids du corps.  
 Riche en ions sodium et chlorures

Eau plasmatique :  
 (eau intravasculaire): 5 % du poids du corps.

- composition et volume toujours constants
- très riche en protéines : 70 à 80 g/l  
 (c'est la catéchénique)

Eau interstitielle : (lymphes, eau des cellules...)  
 15 % du poids du corps

- Composition très variable en fonction de la localisation : lymphes, séreuse...
- pauvre en protéines (-à 1g/l)

**1.2. Le secteur intracellulaire :**  
 40 % du poids du corps .  
 Beaucoup plus riche en ions potassium, phosphates et magnésium  
 Pauvre en sodium et chlorures

**2. ROLE DE L'EAU**

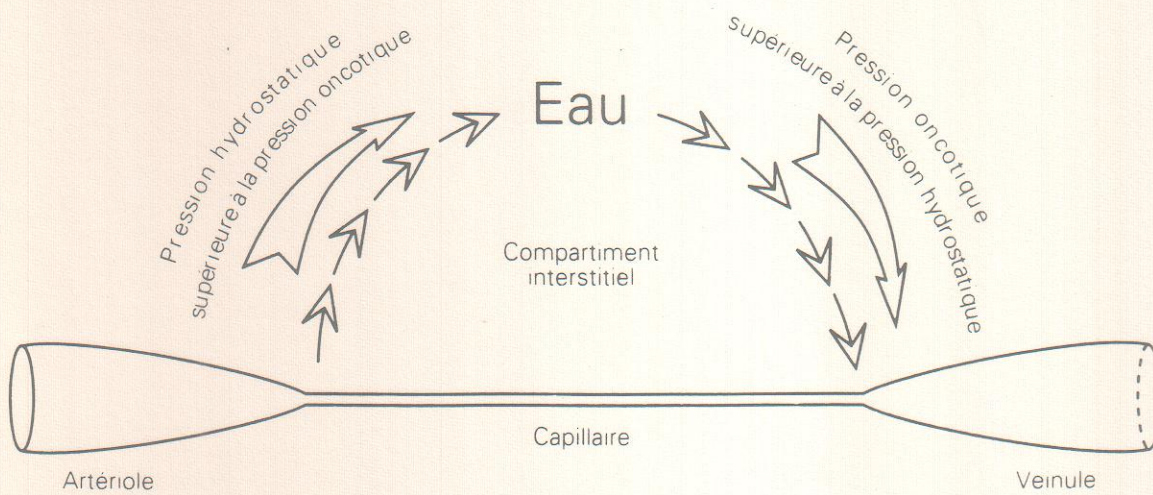
La vie repose en définitive sur une perpétuelle circulation de l'eau dans notre corps : l'eau chargée de précieux solutés électrolytiques et nutritifs, circule en "va-et-vient" en franchissant les multiples barrières, certes très perméables à l'eau, mais pas toujours aux substances dissoutes, que représentent les membranes vasculaires et cellulaires à travers lesquelles les échanges se font sous l'influence de plusieurs sortes de forces qui expulsent ou qui attirent. Cela, soit passivement, conformément aux lois de la physique, soit activement, c'est-à-dire avec mise en jeu d'une énergie particulière.

LES ECHANGES PASSIFS obéissent aux principes de l'osmose ou de l'hydraulique. La pression osmotique, essentiellement développée par les cristalloïdes, les sels minéraux, attire l'eau du secteur le moins concentré vers le plus concentré.



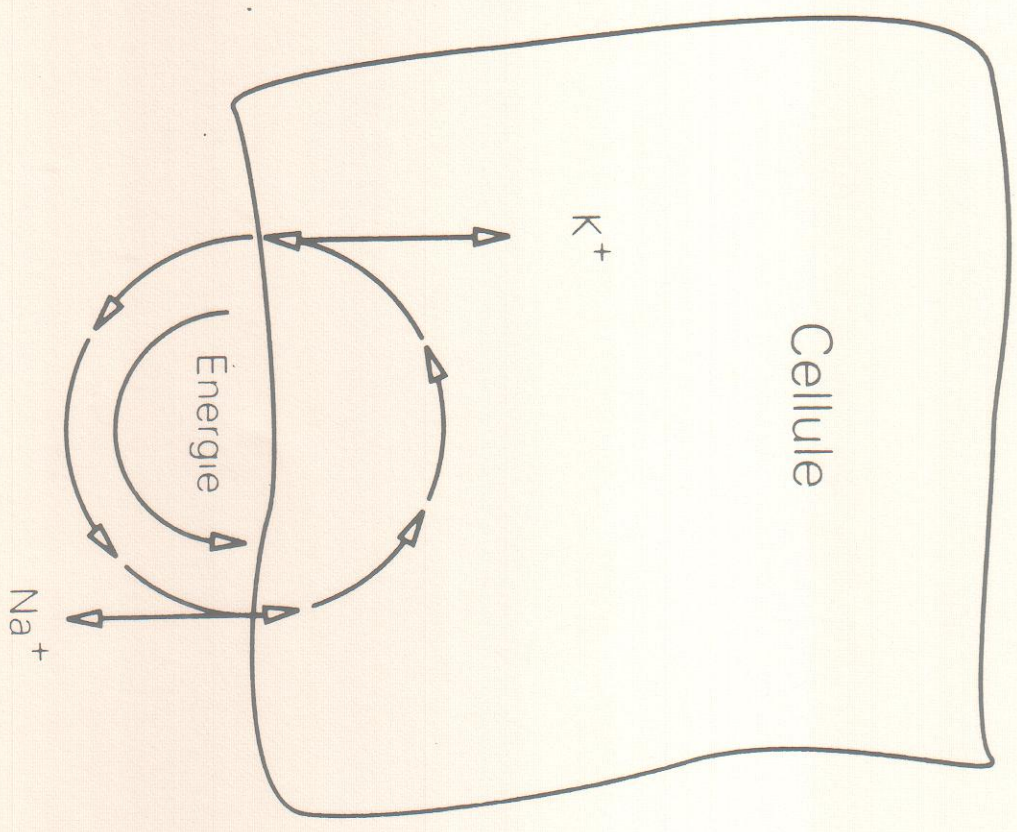
Les protéines, qui sont, elles, des colloïdes, exercent également une pression osmotique qu'on nomme **ONCOTIQUE**. Beaucoup plus faible que celles qu'induisent les cristalloïdes, elle est cependant capable de retenir l'eau dans les capillaires, alors que la pression hydrostatique du flux plasmatique tend au contraire à la faire sortir des capillaires vers les espaces interstitiels.

**QUAND AUX ECHANGES ACTIFS**, ils trouvent leur moteur dans les réactions métaboliques, et sont animés par cette source primordiale d'énergie cellulaire qu'est l'adénosine triphosphate ou **A.T.P...** Ils agissent à contre-courant des gradients de pression : cela par le jeu de ces mécanismes propres aux membranes cellulaires et que l'on nomme **POMPES ioniques**, qui expulsent le sodium des cellules et font pénétrer le potassium.



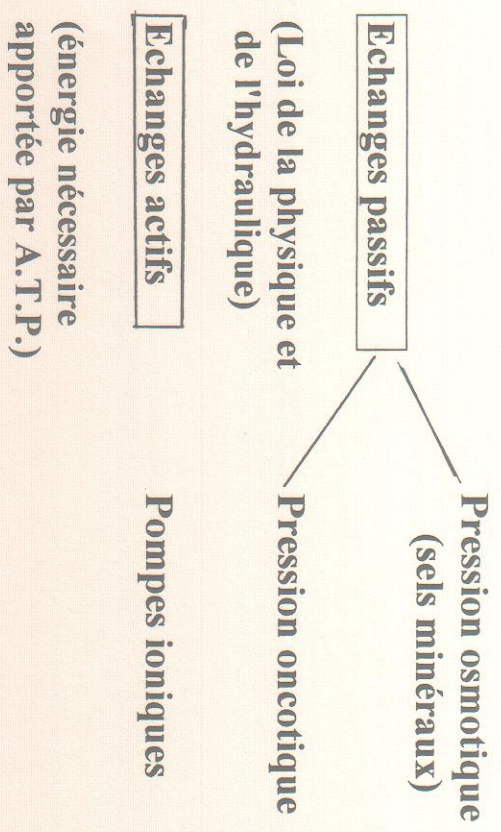
Échanges entre compartiments plasmatiques et interstitiels selon la théorie de Starling





La pompe à sodium de la membrane cellulaire

**Passage de l'eau entre le secteur extracellulaire et le secteur intracellulaire.**

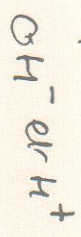


**Le flux plasmatique tend à faire sortir l'eau vers le milieu interstitiel.**



L'eau est donc nécessaire à la vie des tissus car :

- elle transporte les substances dissoutes : véhicule physique des constituants de la matière vivante.
- c'est le support chimique de toutes les réactions du métabolisme. L'eau fournit des ions  $\text{OH}^-$  et  $\text{H}^+$ , qui jouent un rôle dans les réactions de synthèse et dans le maintien de l'homéostasie du pH.



### 3. **BESOINS EN EAU**

35

Ainsi constitué par ces deux secteurs : cellulaires et extra-cellulaire, en constante communication l'un avec l'autre, le pool hydrique corporel est en perpétuel et indispensable renouvellement. Tous les jours en effet l'eau nécessaire à la vie est puisée dans le monde extérieur, dans l'environnement, et tous les jours également elle lui est restituée. Obligatoirement, une certaine quantité d'eau doit tous les jours entrer dans notre organisme et en sortir.

Toute perte doit être compensée. Donc les besoins sont équivalents aux pertes.

#### 3.1. Pertes

- Pertes fécales : 100 à 150 g/jour
- Pertes urinaires : ajustables ; l'organisme peut modifier le volume urinaire en fonction de son hydratation.

Diurèse moyenne : 1400 ml/jour

La diurèse correspond à la partie non réabsorbée lors de la filtration glomérulaire.

Volume filtré : 140 l/jour dont 90 % sont réabsorbés



**NOUS SOMMES DES  
PERPETUELS DESHYDRATES !**

PERTES FECALES	= 100 à 150 ml / jour
PERTES URINAIRES	= 1 400 ml / jour
PERTES INSENSIBLES (air expiré - sueur)	= 800 à 1 000 ml / jour

36

- Pertes insensibles (peu visibles) : liées à l'humidification de l'air expiré et à la sueur. 800 à 1 000 ml /24 Heures.

On évalue difficilement ces pertes d'autant plus qu'elles varient en fonction des conditions atmosphériques, de l'exercice physique...

3.2. Apports

Les apports en eau compensent les pertes. Ils varient en fonction de nombreux paramètres en particulier : l'âge, la ration calorifique quotidienne et la teneur en sodium de l'alimentation.

3.2.1. l'Age :

Le nourrisson est très sensible au manque d'eau : ses besoins sont proportionnellement 2 à 3 fois plus important que ceux de l'adulte.

Chez le nourrisson : 100 à 150 ml/kg/jour  
A 1 an : 80 ml/kg/jour

Le sujet âgé a tendance à restreindre ses besoins en eau. Il faut absolument l'obliger à boire afin de maintenir un apport minimum en eau.



**3.2.2. La richesse en sodium de l'alimentation.**

On donne des comprimés de sodium aux voyageurs qui partent dans le désert

→ rétention d'eau

**3.2.3. La ration calorique quotidienne :**

Les besoins en eau sont parallèles au nombre de calories des ingestats.

Chez l'adulte : 1 ml d'eau par calorie alimentaire.

**3.3. Les apports proviennent de trois sources :**

**3.3.1. L'eau de constitution des aliments :**  
apport non négligeable.

- Végétaux : 90 % d'eau
- Fruits : 70 à 85 % d'eau
- Viande : 70 %
- Céréales : 13 à 15 %, mais 50 % lorsqu'elles sont consommées après cuisson.

Cette eau représente un apport moyen de **1300 ml/jour.**

## APPORTS HYDRIQUES

↙	<b>EAU DES ALIMENTS</b>	<b>= 1 300 ml /jour</b>
→	<b>EAU DE BOISSON</b>	<b>= 1 000 à 1 500 ml / jour</b>
↘	<b>EAU METABOLIQUE</b>	<b>= 300 ml / jour</b>



### 3.3.2. Eau métabolique ou eau de combustion ou eau endogène

Produite par les réactions chimiques des nutriments au cours de leur métabolisme dans l'organisme. 300 ml/jour.

### 3.3.3. Eau de boisson .

Sous nos climats, on boit en moyenne 1 000 à 1 500 ml / 24 h, dépend énormément des conditions extérieures : 300 ml à 10 l/jour.

Exemple :

Le travailleur de force tel que le mineur travaille dans des conditions très difficiles, en particulier forte chaleur, d'où grande consommation de boisson.

3.3.4. Bilan : apport global journalier : 2 500 à 3 000 ml.

## 4. REGULATION

### 4.1. Régulation des pertes :

L'organisme ne peut pas contrôler les pertes fécales et les pertes insensibles : elles sont fixes.

Le seul organe capable d'influencer les déperditions est le rein et ceci au niveau du tube distal et du tube collecteur.

Deux hormones, à mode d'action complémentaire, interviennent :

- L'aldostérone favorise la réabsorption du sodium par le tube distal d'où réabsorption de l'eau.

- L'ADH (Hormone Anti Diurétique) est sensible aux variations de dilution de plasma. Elle favorise la réabsorption de l'eau libre par le tube collecteur.



#### 4.2. Régulation des apports :

42

Le besoin en eau est signalé à l'organisme par la sensation de soif : signal d'alarme de déshydratation intracellulaire qui va stimuler les centres de l'hypothalamus.

Pour une réduction de 8 % de la concentration en eau de l'organisme, on a une réduction du flux salivaire qui accentue la sensation de soif.

Le meilleur moyen de lutter contre la soif est d'ingérer des eaux de boisson.

#### 5. L'EAU DE BOISSON

43

5.1. L'homme n'utilise jamais de l'eau pure, mais les eaux de la nature qui peuvent contenir des teneurs non négligeables en sels minéraux (dissouts au moment de la traversée du sol).

Les oligoéléments donnent un goût agréable à l'eau, de même que la gazéification (les eaux minérales sont meilleures que l'eau distillée).

L'eau est donc une source non négligeable de sels minéraux et d'oligoéléments :

5.2. et inversement, des eaux pauvres en oligoéléments entraînent des maladies de carence.

Dans les Alpes, les roches sont pauvres en iode donc l'eau aussi → apparition de goîtres hypothyroïdiens.

5.3. L'eau peut-être utilisée comme véhicule pour corriger des carences alimentaires :



Exemple :

44

- addition d'iode à l'eau de boisson <sup>(recommandé par l'OMS)</sup>
- addition de fluorure à l'eau de boisson en Suisse (prophylaxie des caries dentaires)

5.4. Il arrive que l'eau soit trop riche en éléments minéraux.

Exemple :

Une eau trop riche en sodium peut-être à l'origine d'hypertension et de problèmes rénaux.

Une eau trop riche en calcium peut entraîner l'entartrage des casseroles, des canalisations.

6 - L'eau est également indispensable à la vie végétale :

Il faut :

- 25 kg d'eau pour qu'une graine de chou donne le légume
- 1 500 kg d'eau / kg de grains de blé
- le record est battu pour la graine de coton qui exige 10 000 fois son poids d'eau

**LES BESOINS EN EAU**

45

Au niveau d'une agglomération, les besoins sont regroupés en 5 secteurs :

- 1 - distribution d'eau potable et alimentation des industries raccordées au réseau de distribution
- 2 - alimentation des grosses industries dites industries non raccordées au réseau
- 3 - besoins en eau des centrales thermiques et nucléaires (essentiellement besoins de refroidissement)
- 4 - problèmes liés à l'agriculture et à l'irrigation
- 5 - divers : loisirs, navigation, tourisme, sécurité (négligeables en volume).



# 1/ Distribution d'eau potable et alimentation des industries raccordées au réseau

## 1.1. Besoins quantitatifs :

45 % de l'eau potable sont distribués pour les besoins domestiques : eaux de boisson, de cuisine, d'ablution, de climatisation, de chauffage, d'évacuation des déchets domestiques à l'égout...

45 % de l'eau potable sont destinés aux besoins des petites industries.

Les 10 % restants correspondent à la lutte contre les incendies, aux besoins municipaux.

Les besoins en eau potable varient énormément avec l'importance de l'agglomération, avec les processus d'urbanisation.

- 5,9 Km<sup>3</sup> d'eau distribués par an en France

47

- 3/4 par des sociétés privées  
(19 700 communes)

- 1/4 directement par les collectivités  
(16 000 communes)

5 900 000 000 m <sup>3</sup>	105 m <sup>3</sup> /personne/an
	= soit
55 000 000 habitants	190 litres/personne/jour

Belgique :	166 litres/personne/jour
Allemagne :	180 litres/personne/jour
Grande-Bretagne :	260 litres/personne/jour
Pays-Bas :	266 litres/personne/jour
Suisse :	413 litres/personne/jour



La demande en eau croît en fonction de l'importance de l'agglomération et de l'urbanisation

Types d'habitats	Norme quantitative (m3/hab.an)
Population rurale	12 à 50
Maison individuelle	110
Immeuble collectif	60
H.L.M	220
Grand luxe	25
Bureau	150
Ville de Paris	140
Ville de Lyon	350
Ville de Marseille	95
Ville de Londres	95
Ville de Moscou	220

Actuellement, <sup>5,9</sup> 5,7 milliards / m3 / an en France.  
(1957 = 1 milliard de m3)

Un européen consomme 70 fois plus d'eau qu'un habitant du Ghana.

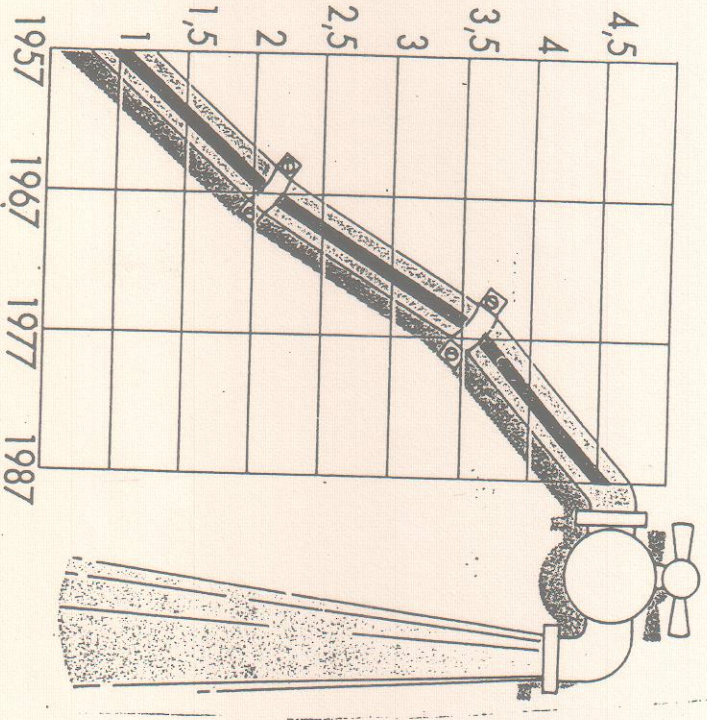
USA :	2 200 m3 / an / habitant
Suisse :	500 m3 / an / habitant
Ghana :	10 m3 / an / habitant

France : 100 à 250 litres//habitant  
avec augmentation d'environ 7 % par an

<b>Alimentation :</b>	Boisson : 1 à 2 litres	4 à 9 litres
	Préparation alimentaire : 3 à 7 litres	
<b>Confort :</b>	Salle de bain :	40 à 100 litres
	WC :	20 à 50 litres
	machine à laver :	20 à 50 litres
<b>Divers :</b>		15 à 50 litres
		100 à 250 litres //hab.

## Évolution de la consommation d'eau potable (France)

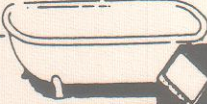
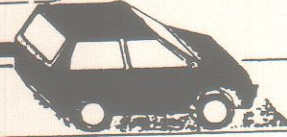

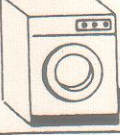
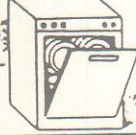

En milliards de mètres cubes





# Les gros buveurs d'eau

En litres

La baignoire		250
La voiture		190
Le jardin		17/m <sup>2</sup>
Le lave-linge		120
Le lave-vaisselle		80
La chasse d'eau		11

Consommation moyenne à chaque utilisation

## 1.2. Besoins qualitatifs en eau potable

L'eau doit répondre à un certain nombre de critères de qualité physique, chimique et bactériologique.

D'après un rapport de l'OMS établi en 1980, 80 % des maladies dans le monde seraient liées à l'eau. La moitié de la population du globe n'a pas un accès facile à une alimentation en eau potable.

- 400 millions d'individus souffrent de gastroentérites
- 200 millions d'individus souffrent de bilharziose
- 160 millions d'individus souffrent de paludisme

Les maladies diarrhéiques constituent une cause majeure de mortalité chez les nourrissons en bas âge dans le monde. On estime que si l'eau potable était à la portée de tous, le taux de mortalité infantile diminuerait de moitié.

C'est la raison pour laquelle l'OMS avait décidé que la décennie 81-90 serait consacrée à l'eau potable et à l'assainissement des eaux.

Pour obtenir une eau quantitativement et qualitativement satisfaisante, il faut :

- soit capter une eau pure et en quantité suffisante
- soit utiliser une eau quelconque (ex. surface) et la rendre potable par une épuration appropriée.



non raccordées au réseau (l'eau est pompée  
des naturelles)

les industries utilisent l'eau pour la fabrication des  
r le transport des calories par la vapeur, pour éliminer  
les déchets liquides ou solides.

Demandes d'eau Industrielle  
(d'après divers documents)

20 m<sup>3</sup> pour produire 1 tonne d'acier.  
40 m<sup>3</sup> pour produire 1 tonne de papier.  
20 m<sup>3</sup> pour produire 1 tonne de papier.

besoin

ins en eau des centrales thermiques et nucléaires :  
sément surtout

soins sont considérables mais en fait très peu d'eau  
sée et la quasi totalité est restituée au circuit (99 %) l'eau retourne  
MHS correspond à l'eau évaporée.

#### 4 / Problèmes agricoles :

L'irrigation est indispensable : elle entraîne une  
augmentation de la productivité (le rendement croit d'une  
facteur 5 ou 10 après irrigation).

Il existe des variations en fonction des espèces végétales  
à cultiver :

- 1 tonne de riz nécessite 5 tonnes d'eau
- 10 000 tonnes d'eau pour une tonne de graines de coton

Pour assurer les besoins d'irrigation dans un pays, il faut  
environ 1 500 à 10 000 m<sup>3</sup> d'eau/habitant/an.

#### 5 / Consommation de l'eau : (à distinguer de l'eau prélevée)

L'eau prélevée n'est pas entièrement dépensée car une  
partie est restituée au milieu. (mais pour le compteur d'eau,  
c'est l'eau prélevée qui compte !)

Donc la consommation en quantité est inférieure au  
volume prélevé.

Exemples :

Les centrales thermiques ne consomment que 7 % de l'eau  
qu'elles prélèvent.

L'eau restituée peut avoir subi des dégradations  
chimiques, bactériologiques ou thermiques.  
Il faut donc la traiter avant de la rejeter dans la nature.

- Eau potable : consommation : 20 à 25 %
- Industries non raccordées : consommation : 5 à 10 %
- Agriculture consommation la plus importante : 40 à 70 %



**ESTIMATION DES PRELEVEMENTS ET DES  
CONSOUMMATIONS NETTES AU NIVEAU MONDIAL**

*NATIONAL (1991)*

Usages de l'eau	Prélèvements		Consommations nettes		
	milliards de m3	% du total	milliards de m3	% par rapport au prélèvement	% du total
Eau potable	5,9	14,3	0,7	12 %	8,8 %
Industries non raccordées à un réseau	4,9	11,8	0,24	4 %	3 %
Centrales électriques	21,3	51,4	1,5	7 %	19 %
Agriculture	4,5	10,9	2,9	64 %	36,5 %
Divers (navigation, mines, etc...)	4,8	11,6	2,6	55 %	32,7 %
<b>TOTAL</b>	<b>41,4</b>	<b>100</b>	<b>7,9</b>		<b>100</b>

92/B/1347/M

**Besoin en Eau en France en 1993**

<b>Consommation totale</b>	<b><u>1 000</u> m3/an/habitant</b>
<b>Consommation d'eau pour usage domestique</b>	<b>100 m3/an/habitant 200 l/jour/habitant</b>
<b>Ressource totale en eau en France</b>	<b><u>4 000</u> m3/an/habitant</b>

Ces deux chiffres sont importants.



## LES ORIGINES DE L'EAU D'ALIMENTATION

La sécheresse des années 1990 a remis en cause l'image de l'eau jusqu'ici considérée comme une ressource abondante et quasi inépuisable et a suscité des interrogations sur les modes de consommation.

Elle a également relancé le débat sur la qualité de l'eau. Les journaux ces dernières années ont fait état de pollutions importantes. Ainsi, en février 1990, la consommation de l'eau du robinet a été déconseillée aux nourrissons et aux femmes enceintes dans le Maine-et-Loire, du fait de sa forte teneur en nitrates. Dans la région du Havre en Novembre 1990, 170 personnes ont développé une gastro-entérite due aux colibacilles présents dans l'eau de boisson. Et plus récemment à Amiens, (novembre 1991) des analyses ont montré que l'eau de boisson contenait des quantités de plomb très supérieures au taux maximum toléré (50 microgrammes /litre).

Les problèmes de quantité et de qualité de cette ressource naturelle sont désormais intimement liés. La sécheresse a en effet déshydraté les sols qui se sont, en quelque sorte, imperméabilisés. Les pluies nouvelles n'ont pu que ruisseler, entraînant tous les toxiques et polluants qui se sont, au bout du compte, retrouvés dans les nappes phréatiques ou les rivières elles-mêmes appauvries par la sécheresse.

### 1. Ressources mondiales d'eau :

Eau Océans, Mers	97,4 %
Eau douce (37 millions de Km <sup>3</sup> =10 fois le volume de la Méditerranée)	2,6 %

Eau douce des lacs, rivières,....  
C'est à dire accessibles aux êtres vivants

Eaux douces souterraines calottes glacières inaccessibles

0,014 %                      2,586 %

Notre stock d'eau disponible est donc rare

## RESSOURCES EN EAU DOUCE Situation en France

Eau de pluie, neige  
440 milliards de m<sup>3</sup> (440 Km<sup>3</sup>)  
(330 en année sèche)

Evaporation dans l'atmosphère et absorption par les végétaux  
270 Km<sup>3</sup>

Ruissellement Infiltration  
180 Km<sup>3</sup>  
(120 en année sèche)

- dont 100 Km<sup>3</sup> constituent les flux des eaux souterraines

- dont 80 Km<sup>3</sup> constituent le flux d'étéage (partie fixe) des cours d'eau (60 Km<sup>3</sup> en année sèche)



43,4 Km<sup>3</sup> constituent le stock naturel des eaux de surface  
1.000 Km<sup>3</sup> constituent les ressources totales en eau  
souterraine

4 grands fleuves (Garonne, Loire, Rhône, Seine) collectent les eaux de surface de 63 % du territoire.

La partie française du lac Léman correspond à 80 % du stock d'eau de surface de la France.

L'analyse des utilisations montre que même si les consommations restent modestes par rapport aux écoulements naturels, il peut y avoir des pénuries locales en période de sécheresse ou d'étiage.

\*  
\*  
\* \*

Les origines possibles traditionnelles de l'eau d'alimentation sont au nombre de trois :

- Eaux météoriques
- Eaux souterraines
- Eaux de surface

En France, 60 % des eaux sont prélevés en surface et 40 % en eau souterraine.

## 2. Ressources françaises d'eau douce

Avec une moyenne de 4 000 m<sup>3</sup> annuels par habitant, les ressources en eaux douces de la France excèdent largement les besoins nationaux. (1 000 m<sup>3</sup> / an / habitant).

La France reçoit, en moyenne, 750 à 800 mm d'eau de pluie par an, soit un volume annuel de 440 milliards de m<sup>3</sup> (440 Km<sup>3</sup>), qui descend à 330 milliards en année sèche.

L'évaporation au sol et l'absorption des végétaux prélèvent environ les deux tiers de ces précipitations. Le solde alimente les rivières, les nappes souterraines, les lacs et les fleuves.

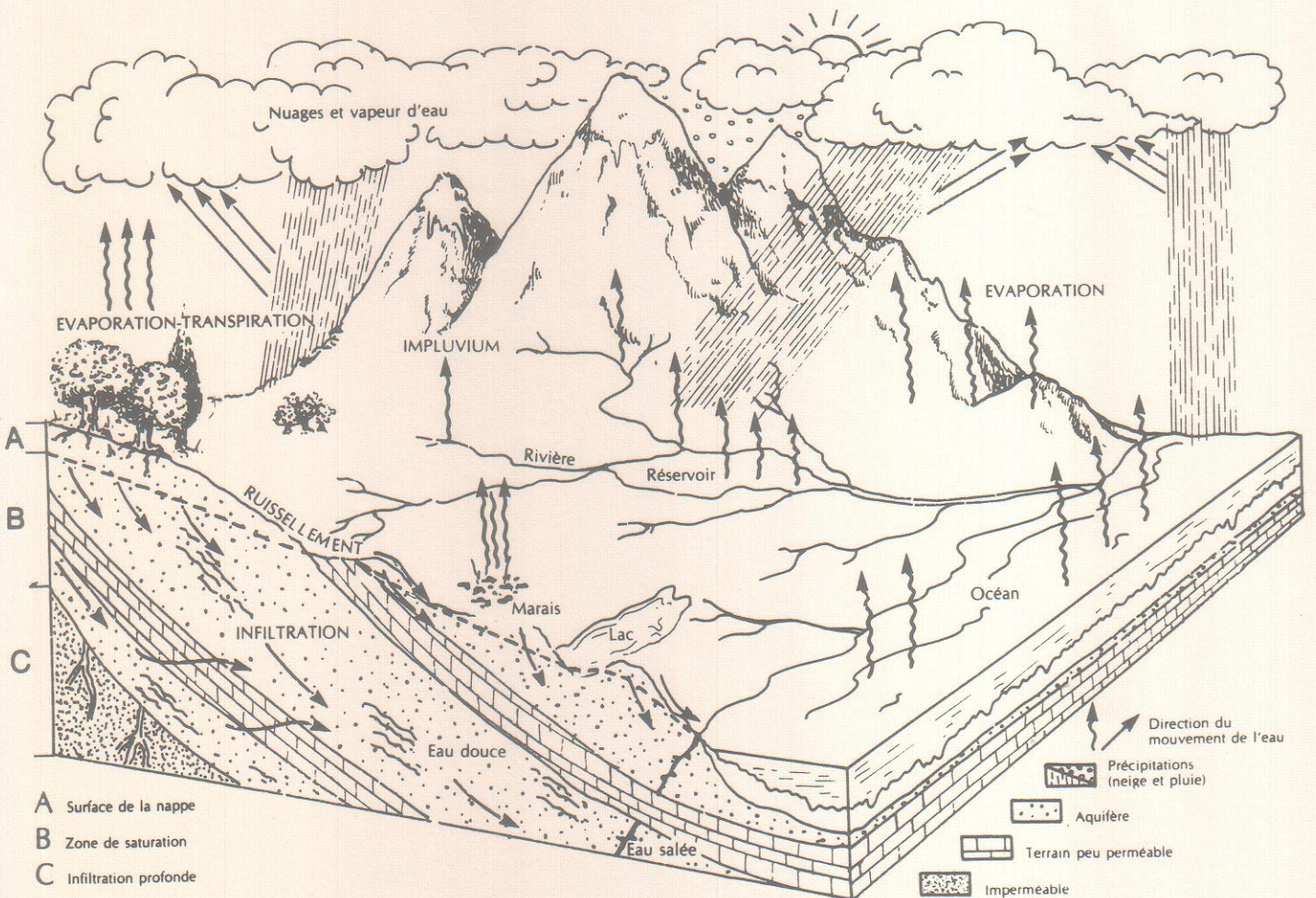
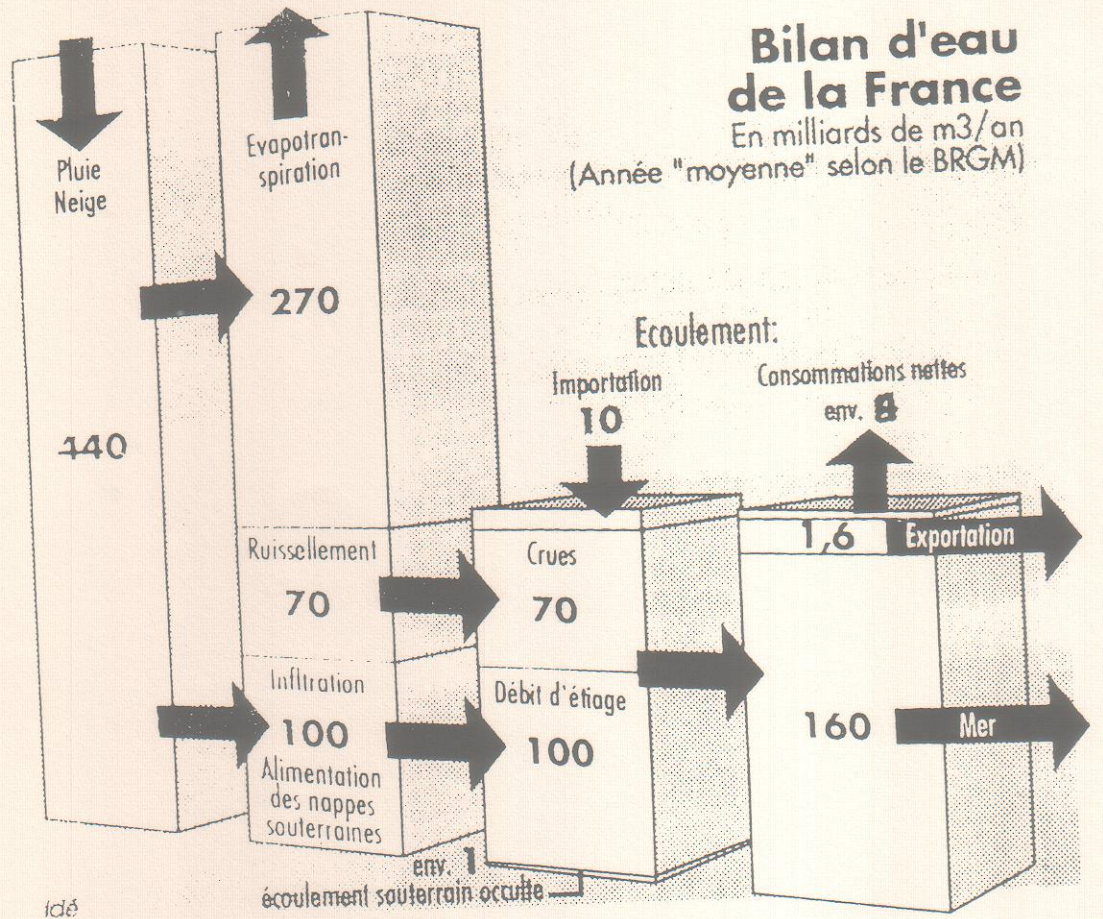
La répartition des ressources est cependant inégale entre les régions (0,5 à 2 m de hauteur de pluie annuelle selon les régions). Les débits des différents cours d'eau sont variables. De même, la répartition géographique des eaux souterraines favorise certaines régions. Ainsi, les bassins sédimentaires comme ceux d'Île-de-France ou d'Aquitaine ainsi que les massifs karstiques (Jura, Causses, Provence par exemple) jouissent de nappes étendues, alors que la Bretagne, les Vosges, les Ardennes, le Massif Central sont peu pourvus en eaux souterraines.

Des installations particulières sont parfois nécessaires, dans certaines zones, pour faire face aux migrations saisonnières et notamment estivales.



# Bilan d'eau de la France

En milliards de m<sup>3</sup>/an  
(Année "moyenne" selon le BRGM)

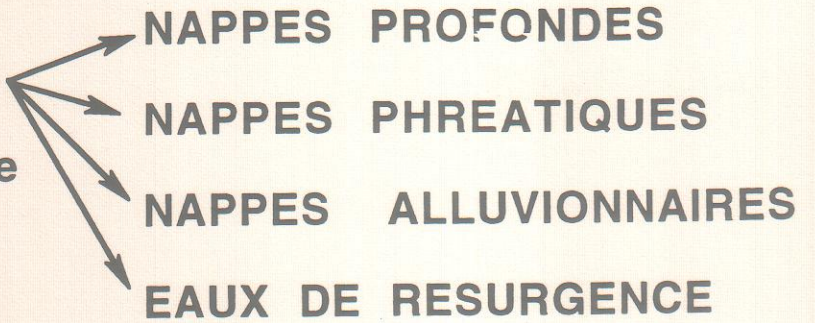




- EAUX METEORITES

- EAUX SOUTERRAINES

40 % des besoins en France



- EAUX DE SURFACE

60 % des besoins en France

### 2.1. les eaux météorites : eau de pluie.

Elles représentent un apport réduit mais très utile pour les populations isolées : installation de citernes. cette eau très pure est une excellente eau de boisson à condition de respecter certaines conditions :

- Collecter les eaux dans les citernes étanches, bien ventilées, isolées thermiquement (enterrées sous une couche suffisante de terre) afin que cette eau garde une fraîcheur compatible avec l'utilisation comme eau de boisson. (T° comprise entre 10 et 15 ° C).
- Eliminer les premières eaux ayant entraîné des particules étrangères en arrivant sur le sol ou dans la citerne.

**2.2. Eaux souterraines :** Les seules capables de fournir une eau naturellement pure, mais ceci dépend de la situation de la nappe.

2.2.1. Nappes profondes : les eaux sont enfermées entre deux couches de terrain imperméable, la couche supérieure protégeant de la contamination de surface. Ces eaux sont d'excellente qualité (pure) quand elles traversent une couche assez importante de terrain perméable servant de filtre (sable, gravier, moraine). Elles sont consommées directement à condition que les puits (forages) et les sources (émergence naturelle) soient protégés contre des infiltrations superficielles.

Inconvénient : Ces nappes ne fournissent que de faibles quantités d'eau, trop peu abondantes pour des grandes villes.

Une nappe profonde peut alimenter des agglomérations de 2 000 à 10 000 personnes dans un rayon de 20 km.



Ces eaux souterraines peuvent être polluées par l'infiltration de substances comme des hydrocarbures et surtout des nitrates. Ces pollutions profondes sont très graves car de très longue durée : il est impossible de les éliminer.

## 2.2.2. Nappes phréatiques : (eau qui alimentait les puits des Grecs)

Les eaux inbibent le sol à faible profondeur. Elles sont utilisées en milieu rural. Les eaux traversent une faible épaisseur de terrain, donc elles sont souvent contaminées. Elles doivent être traitées.

Mais ici la pollution n'est que temporaire, le renouvellement de la nappe étant beaucoup plus facile du fait de la faible profondeur.

## 2.2.3. Nappes alluvionnaires :

Eaux souterraines qui circulent parallèlement aux rivières. Ces eaux constituent des sources importantes d'approvisionnement. Du fait de leur faible profondeur, elles sont souvent polluées de façon temporaire et il faut les traiter.

## 2.2.4. Eaux de résurgence : (Eaux vauclusiennes)

Eaux de surface qui pénètrent par des fissures, des failles et qui réemergent sans filtration par résurgence. Ce sont de fausses sources très abondantes mais très contaminées.

Ces eaux sont à l'origine de nombreuses maladies hydriques car elles sont confondues avec des sources issues de nappes profondes.

2.2.5. Tout captage d'une eau souterraine nécessite une enquête hydrogéologique menée par un géologue officiel. Cette enquête a pour but :

- de déterminer les réserves de la nappe et le débit de la source
- de déterminer les consommations éventuelles
- de déterminer un périmètre de protection autour de la nappe : zone où il est interdit de faire des travaux, de déposer des ordures (étales, fumier)
- de déterminer les traitements épurateurs que devront subir les eaux captées en fonction de leurs situations

## 2.3. Les eaux de surface : (60 % des besoins en France) (Lacs, barrages, réservoirs, rivières)

- ces eaux sont seules capables de fournir une quantité d'eau considérable, mais elles sont sujettes à de nombreuses pollutions et contaminations du fait du ruissellement et des eaux résiduaires
- les eaux de rivière peuvent propager à grandes distances les microorganismes qu'elles contiennent ; on aura ainsi une pollution extensive
- cette pollution dite biologique est atténuée par un processus d'auto-épuración : en effet, les germes pathogènes sont sensibles :
  - \* à l'O<sub>2</sub> dissous présent dans l'eau
  - \* à l'action bactéricide des UV solaires
  - \* à la concurrence des microorganismes saprophytes.
  - \* aux bactériophages
- cette auto-épuración est efficace car importante et rapide dans les rivières à grand débit qui assurent une aération des eaux et une dilution suffisante des eaux polluées.



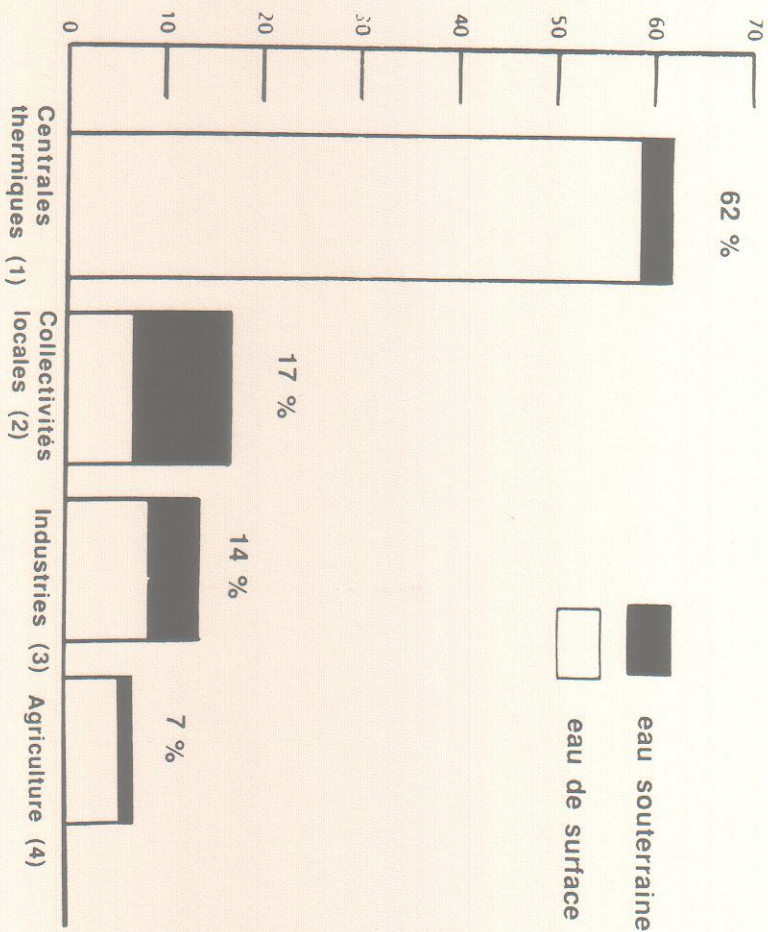
- dans les eaux stagnantes (lacs, barrages), l'épuration est moins efficace car elle est entravée par l'abondance de polluants minéraux et organiques qui vont rompre l'équilibre biologique et empêchent la réoxygénation de l'eau.

Pour que ces eaux stagnantes soient potables, elles doivent passer par les stations d'épuration.

## PRELEVEMENTS D'EAU EN FRANCE EN 1986

(Eau souterraine et eau de surface)

Répartition des prélèvements



1) Prélèvements brut total pour refroidissement. Stabilisation depuis 1981.

2) Progression de 1,8 p. 100 par an depuis 1981

3) Diminution de 14,7 p. 100 entre 1981 et 1986

4) En été, 50 p. 100 des prélèvements nets totaux

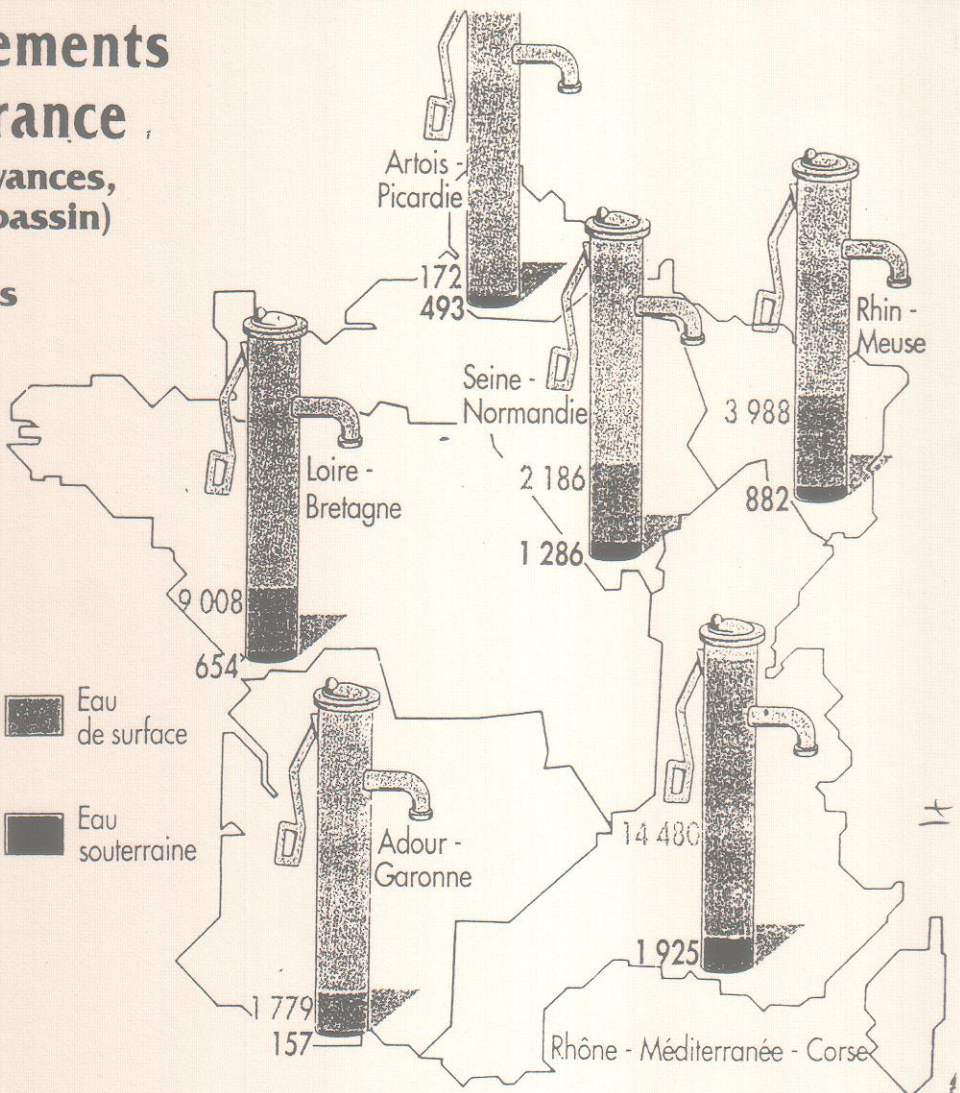


# Les prélèvements d'eau en France

(soumis à redevances, par agence de bassin)

En millions de mètres cubes

Les volumes indiqués sont sous-estimés par rapport aux prélèvements réels. Ne sont pas comptabilisées les irrigations gratuites, ni celles prélevées sur des ressources autres que celles des agences de bassin (année 1986).



## 2.4. Une pénurie conjoncturelle

Au regard de l'importance de nos ressources, les besoins en eau estimés à 40 milliards de m<sup>3</sup> par an (dont 8 milliards de m<sup>3</sup> de consommation nette non rejetés en Milieu naturel) paraissent faibles et peu susceptibles d'engendrer une pénurie. Il ne faut toutefois pas se laisser tromper par l'importance de cet excédent, car l'équilibre besoins-ressources demeure extrêmement fragile. La sécheresse qui a sévi entre 1988 et 1993 le démontre amplement.

Entre septembre 1989 et septembre 1991/1992, aucune partie du territoire n'a reçu de précipitations supérieures à la moyenne. Les régions situées au sud d'une ligne Rouen-Paris-Lyon-Nice sont les plus affectées par le déficit pluviométrique. La situation fut même alarmante dans tout le Midi de la France puisque le Sud-Est et le Sud-Ouest n'ont reçu respectivement en moyenne que 62 % et 73 % des quantités d'eau pluviales habituelles.

Les hivers secs qui viennent de se succéder sont à l'origine de ces déficits. Or, sous nos climats, c'est de novembre à mars que se reconstitue la ressource en eau par la réalimentation des nappes. Le niveau des aquifères a donc considérablement baissé depuis 1988 et n'a pu dans bien des régions alimenter normalement le débit de base des rivières, expliquant ainsi le tarissement de nombreuses sources et l'assèchement de certains cours d'eau lors des basses eaux d'été. On a pu chiffrer en septembre 1990 à 11.000 km la longueur de rivières totalement asséchées. Toutefois, les grandes nappes ont été peu affectées par la vague de sécheresse et les aquifères du Bassin Parisien et de l'Est de la France ont pu continuer à être exploités sans dommage.



Ces conditions climatiques exceptionnelles ont malheureusement eu des conséquences immédiates graves, que la richesse de nos ressources ne pouvait pallier. Les industries consommatrices d'eau, la production d'électricité, la navigation fluviale et l'agriculture (36 départements ont été déclarés sinistrés par le Ministère de l'Agriculture) sont autant de secteurs économiques qui ont été directement frappés par la sécheresse.

A ces effets économiques s'ajoute un impact écologique grave. La faiblesse des cours d'eau a favorisé une concentration de la pollution et a aggravé l'eutrophisation, rompant ainsi l'équilibre naturel du milieu aquatique. La mortalité piscicole a dans ces conditions, atteint un seuil grave dans certaines régions (Bretagne, Midi). La qualité de l'eau potable a également été affectée par le phénomène lorsque les techniques d'épuration étaient anciennes et peu appropriées.

Par ailleurs, les orages d'été, en "lessivant" les sols ont brutalement apporté dans le milieu naturel une quantité de produits toxiques déposés pendant les périodes sèches et ont ainsi provoqué de fortes concentrations de nitrates responsables du dépeuplement des rivières en aval de certaines agglomérations urbaines (Paris, Nancy, Clermont-Ferrand)

Par chance, les pollutions accidentelles ont été très limitées, car les débits n'auraient pas permis l'évacuation rapide des produits nocifs.

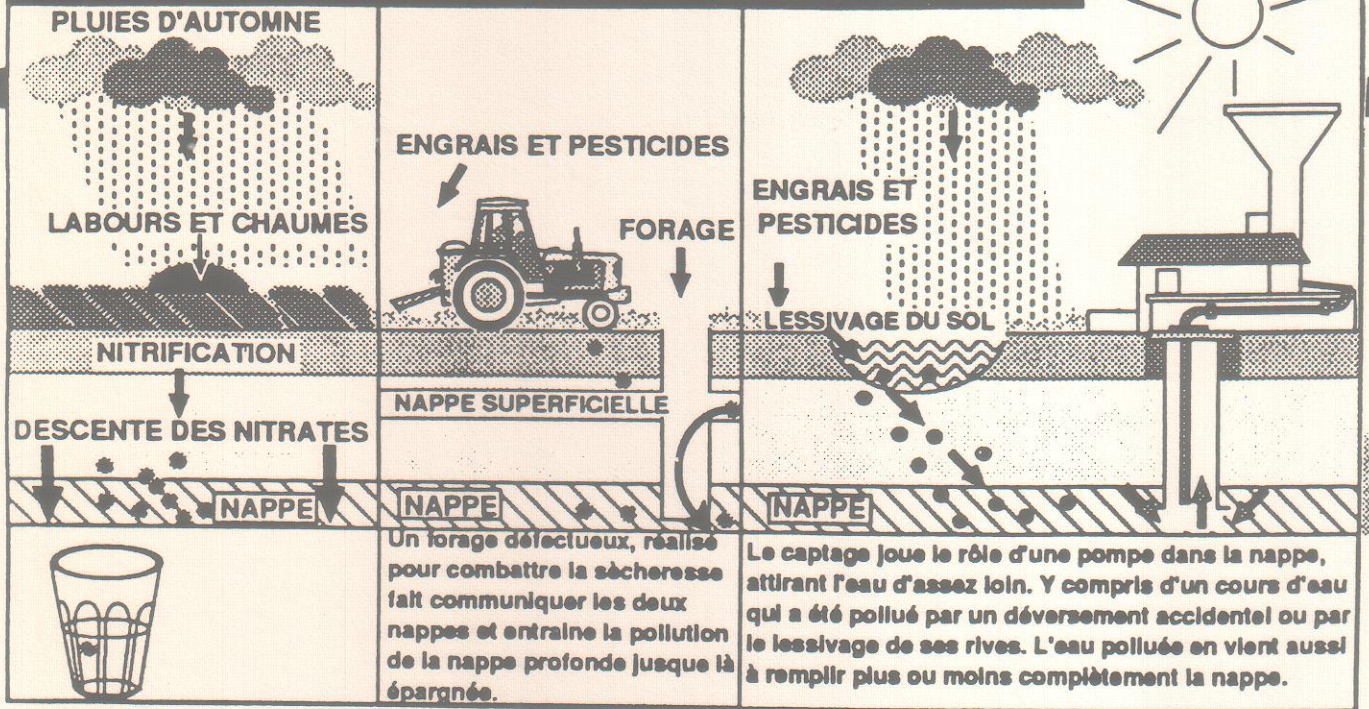
D'une manière générale, les deux années de sécheresse (1990/1991) ont permis de montrer l'insuffisance des équipements hydrauliques favorisant une meilleure répartition de l'eau dans le temps et dans l'espace : canaux permettant le transfert de ressources excédentaires vers des régions déficitaires et barrages-réservoirs soutenant l'étiage des cours d'eau ; elles conduisent également à s'interroger sur les moyens d'utiliser rationnellement les importantes réserves que recèle notre sous-sol.

# Pollution de l'eau à Amiens





# LA POLLUTION DES NAPPES PHRÉATIQUES



## RESSOURCES NON CONVENTIONNELLES

### 1. DESSALEMENT DE L'EAU DE MER

- DISTILLATION
- OSMOSE INVERSE
- ELECTRODIALYSE
- CONGELATION

### 2. PLUIES ARTIFICIELLES

### 3. RECYCLAGE DES EAUX USEES PAR ULTRAFILTRATION



### 3. Les ressources non conventionnelles :

Techniques mises en oeuvre quand il est difficile d'exploiter des eaux douces naturelles.

Le coût actuel de ces ressources non conventionnelles est élevé, mais des recherches sont faites pour que ces techniques se développent dans l'avenir.

Il s'agit :

- du désalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres
- de la production de pluies artificielles (modification des conditions météorologiques)
- du recyclage des eaux usées.

#### 3.1. Le désalement de l'eau de mer :

C'est une technologie : très avancée  
peu développée car très onéreuse

mais la seule technique adaptée aux problèmes de pénurie d'eau dans les îles et certaines régions désertiques

Quatre procédés :

- distillation
- osmose inverse
- électrolyse
- congélation

#### 3.1.1 Distillation :

La production de vapeur est obtenue soit à basse pression (plus économique), soit par ébullition. Coût : 4 francs/m<sup>3</sup>.

#### 3.1.2. L'osmose inverse :

- l'osmose permet entre deux solutions séparées par une membrane hémiperméable, de faire passer l'eau pure vers le milieu le plus concentré (solution d'eau salée)

- l'osmose inverse consiste à exercer sur l'eau salée une pression supérieure à la pression osmotique : ainsi l'eau pure passe de la solution salée vers le compartiment contenant l'eau pure

Les sels sont eux arrêtés par la membrane hémiperméable.

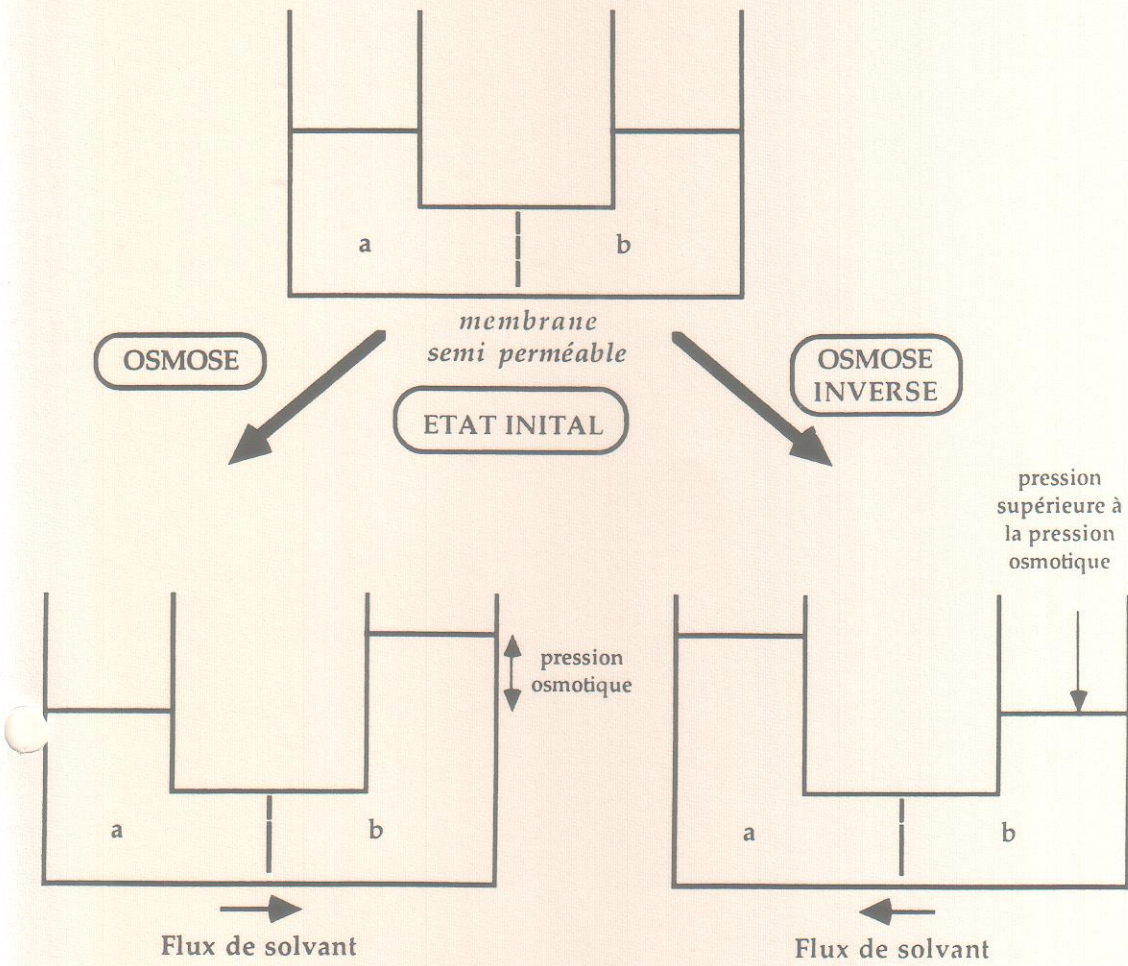
Ce procédé, est en théorie peu onéreux et la consommation en énergie est proportionnelle à la concentration en sels dans l'eau.

Inconvénients :

Les membranes ne résistent pas à des pressions suffisantes pour être utilisées en continu.  
(garanti 2 à 3 ans → coût d'entretien élevé).  
Cette technique est très utilisée dans les pays arabes riches ( Exemple Arabie Saoudite : 220 000 m<sup>3</sup>/jour)  
(Coût : 2 francs / m<sup>3</sup>)



a = solution peu concentrée  
 b = solution concentrée



### 3.1.4. Le dessalement par électrodialyse (électrolyse + dialyse sélective)

Entre les électrodes sont intercalées, alternativement, des membranes filtrantes sélectives, laissant passer soit des anions, soit des cations.

Les progrès de cette technique sont liés à celui de l'évolution des membranes, d'un coût très élevé actuellement.

### 3.1.5 Congélation

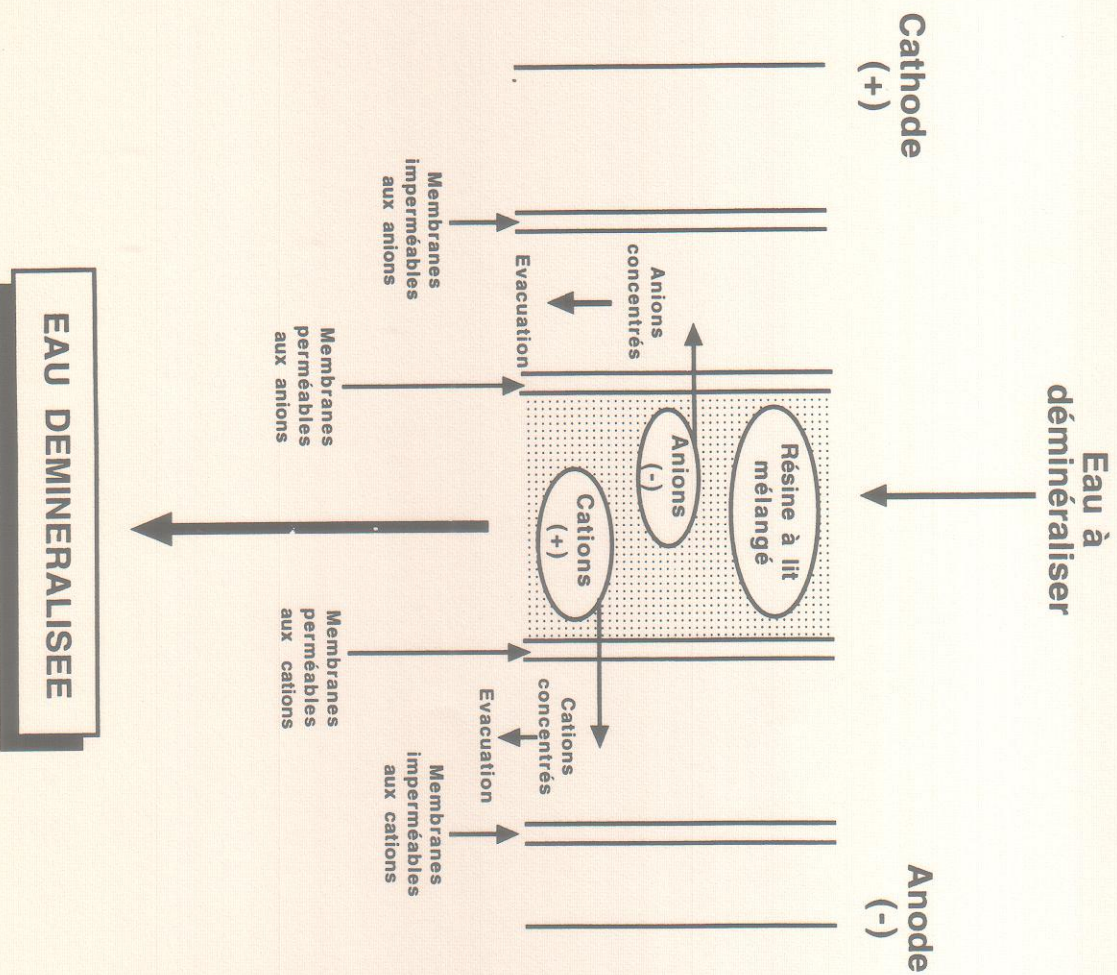
Technique utilisée en Israël.  
 Les cristaux de glace obtenus correspondent à de l'eau pure.

### 3.1.6. Avenir du dessalement :

Ce sont des techniques pour lesquelles il faut encore faire des recherches, mais elles constituent un espoir important pour les pays ayant des problèmes d'approvisionnement en eau douce.



## ELECTROLYSE EN CONTINU



### 3.2. Production de pluies artificielles

On effectue la condensation de gouttelettes d'eau obtenue en injectant dans le nuage de l'iodure d'argent (Ag I) ou de la neige carbonique.

C'est une technique d'avenir, mais qui est encore au stade de la recherche. Elle pose des problèmes juridiques et politiques (modification de climat, ...).

### 3.3. Le recyclage des eaux usées par ultrafiltration (ou nanofiltration) et microfiltration

Ces techniques utilisent une membrane de conception assez proche des membranes d'osmose. Elle constitue une barrière sélective permettant de séparer les constituants de l'eau en fonction de leur taille et du diamètre des pores de la membrane.

0,001 à 0,1 micron : ultrafiltration ou nanofiltration
0,1 à 10 microns : microfiltration

Le transfert entre les deux milieux séparés par la membrane est induit par une variation de pression conditionnant le débit de la filtration.

Leur efficacité est améliorée si une partie de l'eau à traiter est utilisée pour rincer de façon tangentielle la membrane afin d'éviter l'accumulation des contaminants et le développement des bactéries.



Sur la base de ce concept, l'ultrafiltration et la microfiltration sont des technologies idéales pour assurer la production en continu d'une eau pure

- \* au niveau particulaire (ultrafiltration)
- \* au niveau bactérien (microfiltration)

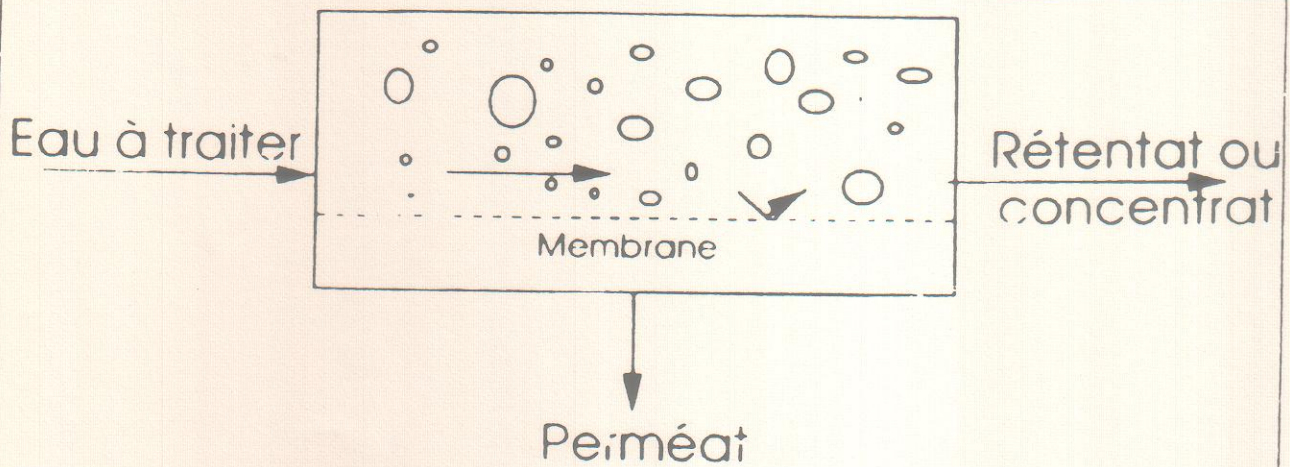
Ces techniques onéreuses sont utilisées en cas de crise (Ex : Rwanda) ou en cas de dépassement temporaire des capacités habituelles de production d'eau potable (Ex : Ile de Porquerolles, dont le déficit quotidien, en été, est estimé à 700 m<sup>3</sup>/jour/habitant).

Possibilité de créer de véritables usines "portables" installées avec un débit de 5m<sup>3</sup>/heure d'eau potable, pour subvenir aux besoins d'une population de 7.000 à 8.000 personnes.

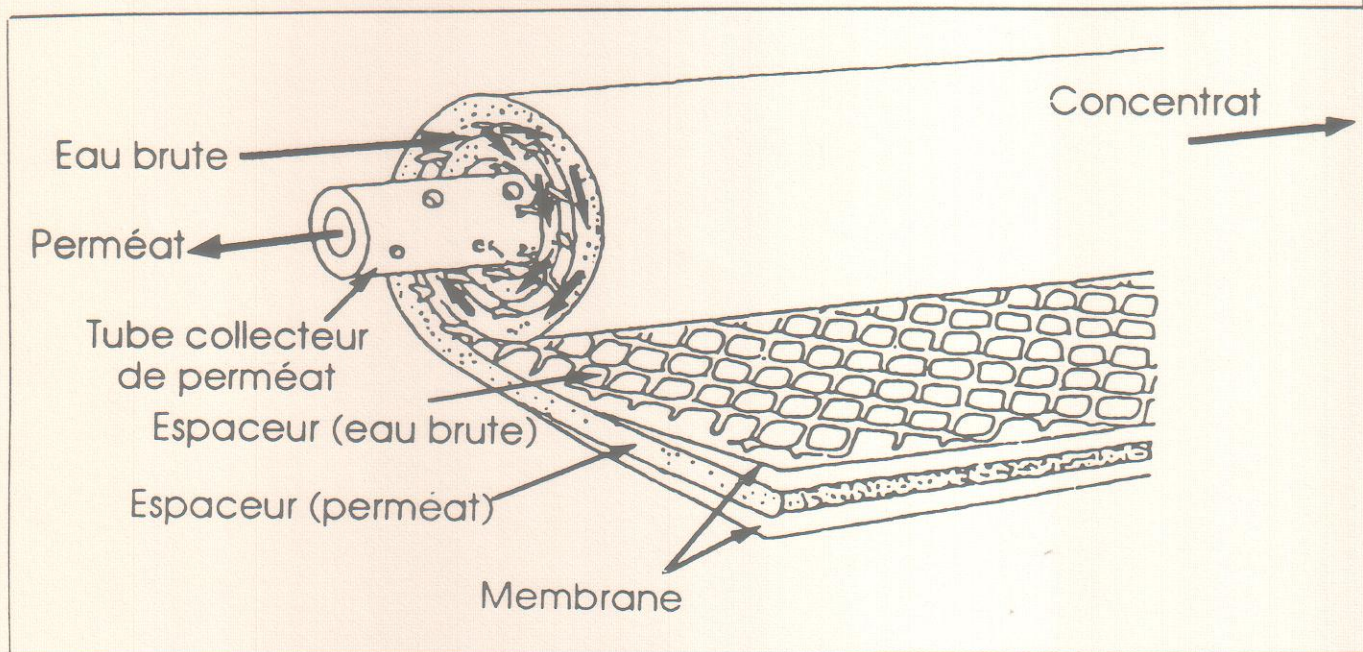
	Diamètre des pores de la membrane	Secteurs d'application
Ultrafiltration ou nanofiltration	1 nanomètre à 10 nanomètre	Macromolécules (PM supérieur à 10.000 dalton) Ex : protéines, virus acides nucléiques
Microfiltration	0,1 micromètre à 10 micromètre	Levures, bactéries



# Principe de la filtration tangentielle sur membrane

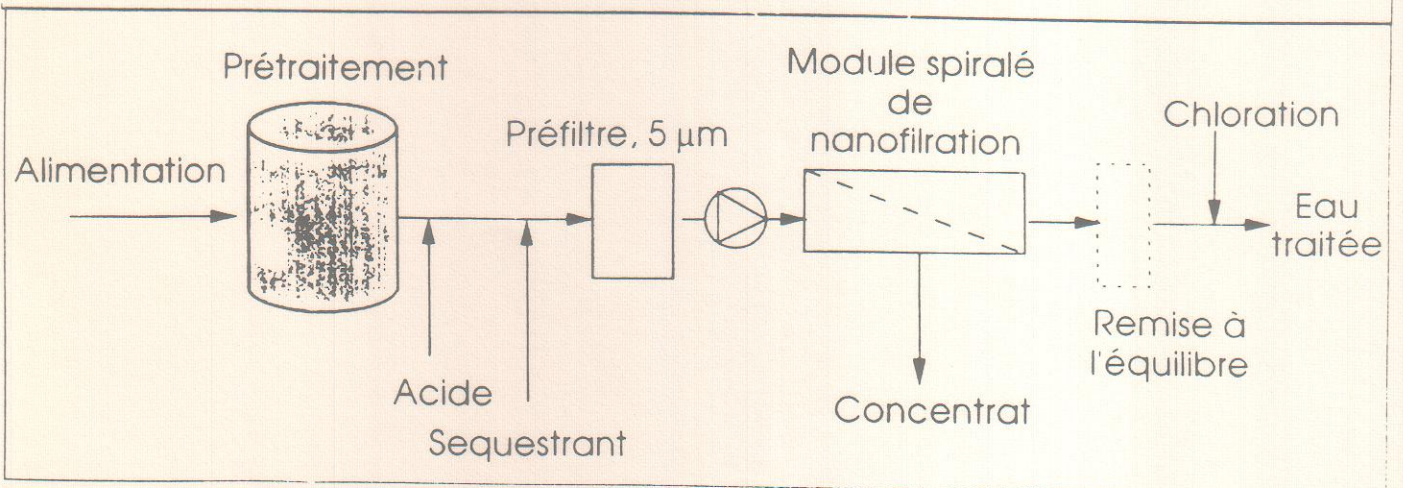


## - MODULE SPIRALÉ DE NANOFILTRATION





## ÉLÉMENTS D'UNE CHAÎNE DE TRAITEMENT PAR NANOFILTRATION



## DES UNITÉS MOBILES DE TRAITEMENT DE L'EAU

L'ultrafiltration par membranes perméables à la Lyonnaise de lancer les premières mini-usines d'eau potable.

Avant 2010, l'ultrafiltration par membranes de l'eau potable entier, le remplacé, dans le monde entier, les procédés de traitement traditionnels. C'est du moins ce qu'affirmait récemment le directeur de la fondation de recherche de la Lyonnaise des distributions d'eau américains. Même si cet optimisme doit être tempéré, les réalisations se multiplient.

A la fin de l'été, le groupe Lyonnaise des eaux-Degrémont a installé deux usines mobiles de traitement des eaux chargées dans l'Aude et en Bretagne. Plus récemment, il vient de présenter un prototype d'alimentation de secours en eau potable destiné aux populations en détresse : Aquachoc. Deux retombées d'un programme Euréka lancé en 1985.

Les membranes d'ultrafiltration se prêtent particulièrement bien à la réalisation d'unités très compactes et autonomes. En effet, ce procédé de filtration physique des matières en suspension et des grosses molécules

organiques (y compris les virus et les bactéries) n'exige pas d'adjonction de coagulants ou de réactifs. Résultat, la qualité de l'eau est constante.

Aquachoc qui a demandé deux ans et 2,5 millions de francs de développement, se compose de deux modules de 120 kg ( $2 \times 1 \times 1,5$  m). Cette véritable usine « portable » qui peut être installée en une heure, délivre 5 m<sup>3</sup> h d'eau consommable. De quoi subvenir aux besoins d'une population de 7 000 à 8 000 personnes. La partie supérieure renferme le module d'ultrafiltration, dont les membranes minérales de 1/100 de micron de diamètre doivent être lavées au chlore pendant quelques secondes toutes les deux heures environ. L'élément inférieur réunit les vannes et les pompes qui nécessitent un petit groupe électrogène de 10 kW.

Aujourd'hui, les membranes ont atteint le stade industriel : la capacité de production de la Lyonnaise-Degrémont s'élèvera à 20 000 m<sup>2</sup> dès 1991. Demain, elles seront couplées à des bioréacteurs, permettant ainsi d'épurer des eaux contenant des quantités de biomasse considérables. Notamment les eaux résiduaires industrielles. Un thème de recherche auquel le groupe a consacré cette année 7,9 millions de francs.

Marc Chabreuil

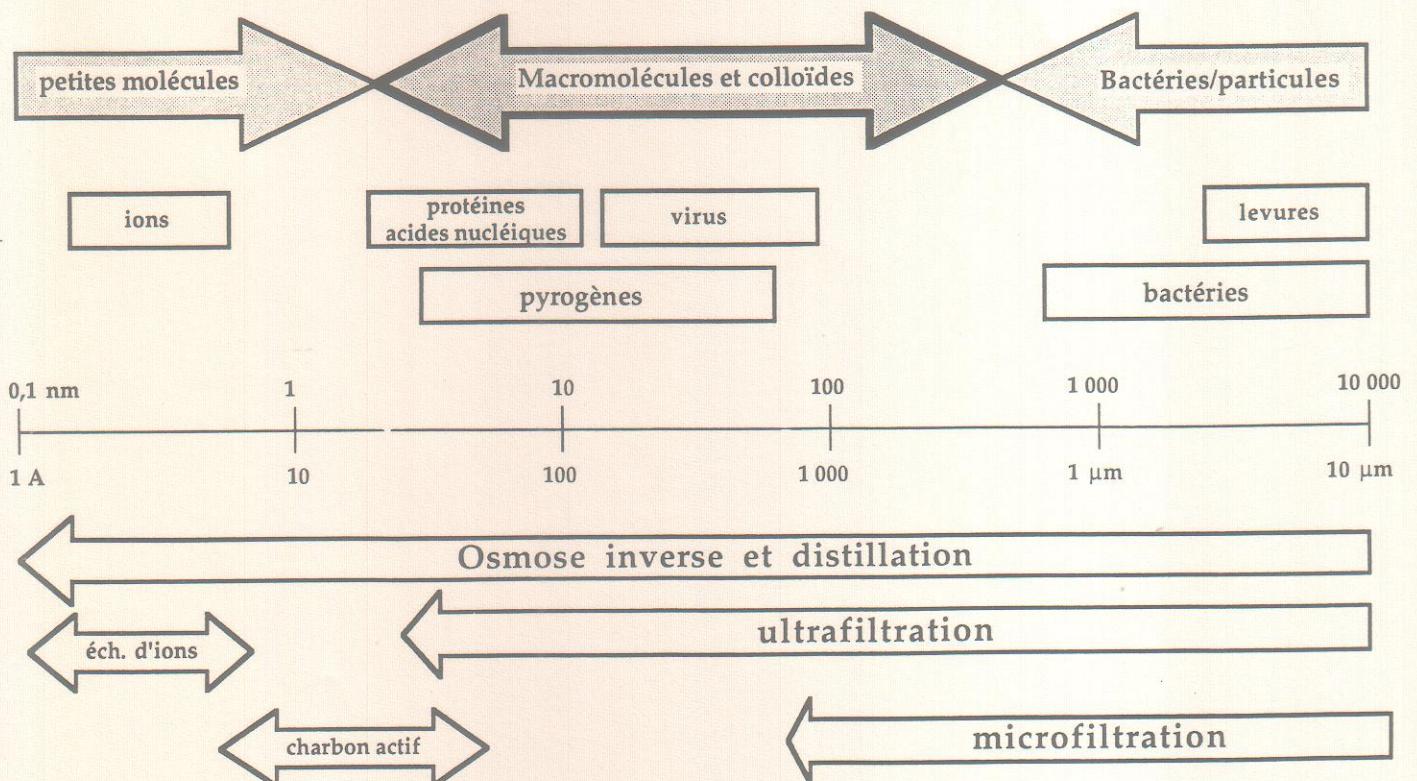


# EAU POTABLE

## CARACTÉRISTIQUES DE L'EAU D'ALIMENTATION DU PROTOTYPE DE NANOFILTRATION ET DU PERMÉAT PRODUIT

Paramètres	Unités	À traiter	Perméat	% d'élimination
<b>Matières organiques</b>				
Carbone organique total (COT)	mg C/l	4,0		
Carbone organique dissous (COD)	mg C/l	3,6	0,4	89
COD biodégradable (CODB)	mg C/l	1,1	< 0,1	> 91
Absorbance à 270 nm	/m	7,2	0,3	96
<b>Pesticides</b>				
Afrazine	µg/l	0,7	0,07	90
Simazine	µg/l	0,4	< 0,05	> 85
<b>Sous-produits de désinfection</b>				
Potentiel de formation du chloroforme	µg/l	73	3,0	96
Potentiel de formation d'organohalogénés	µg Cl/l	320	40,0	87
<b>Sels dissous</b>				
Dureté	°F	30,0	8,0	73
Sodium	mg/l	19,0	10,0	47

## SECTEURS D'APPLICATION COMPARES DES DIVERSES TECHNIQUES DE PURIFICATION DE L'EAU





## RECAPITULATIF DES CARACTERISTIQUES DES PROCÉDES

	Ultrafiltration	Microfiltration
	<b>Élimination des contaminants (en pourcentage de rétention)</b> * sels minéraux * matières organiques dissoutes * colloïdes * particules inertes * microorganismes * pyrogènes	0 99 (si PM > 10.000) 99 100 (si taille > pores) 99 100 (1)
<b>Avantages</b>	- retient efficacement la plupart des contaminants - produit une eau de très haute qualité à moindre coût - régénérable	- entretien minimal
<b>Inconvénients</b>	- ne retient pas les sels minéraux	- n'élimine pas les minéraux dissous, ni les colloïdes - relativement onéreux - non régénérable

## RECAPITULATIF DES CARACTERISTIQUES DES PROCÉDES

	Distillation	Echange d'ions Electrodialyse	Osmose inverse
<b>Élimination des contaminants (en pourcentage de rétention)</b> * sels minéraux * matières organiques dissoutes * colloïdes * particules inertes * microorganismes * pyrogènes	100 100 (sauf volatils) 100 100 99 100	99 0 - 20 0 0 0 0	90 - 98 99 (si PM > 200) 99 (si taille > pores) 99 (si taille > pores) 99 99
<b>Avantages</b>	- élimine tous les contaminants - coût d'entretien faible - réutilisable	- retient efficacement les sels minéraux - économique pour les faibles salinités - régénérable	- retient efficacement la plupart des contaminants - degré de pureté physico chimique proche de la distillation - faible consommation d'énergie - maintenance réduite
<b>Inconvénients</b>	- investissement lourd - consommation d'énergie très importante - quelques impuretés peuvent être entraînées - n'élimine pas les matières volatiles - stockage nécessaire	- mauvaise qualité biologique : croissance bactérienne favorisée - relargage possible de monomères de résine - régénération : coût en temps, manipulation de produits dangereux - n'élimine pas les particules, ni les matières organiques	- fragilité des membranes



# MAINTENANCE ET DECONTAMINATION DES INSTALLATIONS

	Problèmes rencontrés	Solutions proposées
* Ultrafiltration * Microfiltration	- colmatage des membranes aux colloïdes - prolifération bactérienne	- lavage à contre-courant avec une eau ultrafiltrée supplémentée en H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ou NaHClO (fibres creuses) ou nettoyage au chlore
* Echange d'ions * Electrodialyse	- prolifération bactérienne	- protection en amont et régénération - résines anioniques : ammonium quaternaire - résines cationiques : dérivés chlorés ou H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
* Osmose inverse	- stagnation et prolifération bactérienne	- rinçage automatique de la cartouche - introduction de HCHO ou acide peracétique en amont de l'osmoteur

94/B/M/584

## La nanofiltration

M Faivre, S Dard, N Tanghe, V Kopp & K Agbe-kodo (1992) *Elimination de la matière organique des eaux à potabiliser par nanofiltration*. X<sup>e</sup> Journées d'information sur l'eau, Poitiers, 23-25 septembre 1992. Comptes rendus, École supérieure des ingénieurs de Poitiers (Esip).

M M Bourbigot & P Cote (1993) *Nanofiltration : an advanced process for the production of high quality drinking water*. AWWA-IWSA Conference : membrane technology for the water industry, Baltimore, 1-4 août 1993. Comptes rendus, AWWA, Colorado, USA.

## La microfiltration

C Moulin, A Tazi-Pain, V Barraud & M Faivre (1993) *Use of organic microfiltration membranes for groundwater treatment*. AWWA-IWSA Conference : membrane technology for the water industry, Baltimore, 1-4 août 1993.

A Tazi-Pain *et al* (1991) L'installation de microfiltration tangentielle de Saint-Maurice-lès-Châteauneuf : premier bilan après un an d'exploitation. *L'Eau, l'Industrie, les Nuisances* 146, 48-51.

A Tazi-Pain C Moulin, M Faivre & M Rumeau (1990) Iron removal in groundwater by crossflow micro- and ultrafiltration. 5th World Filtration Congress, Nice, 5-8 juin 1990.



### 3.4. Expériences envisagées :

- Remorquage des icebergs :

La plus grande partie de l'eau douce est gelée dans les calottes glaciaires. Le transport d'icebergs en vue de la production d'eau potable paraît être une solution pour l'avenir. (Le plus grand iceberg rencontré constitue une réserve de 8 000 milliards de m<sup>3</sup> d'eau...)

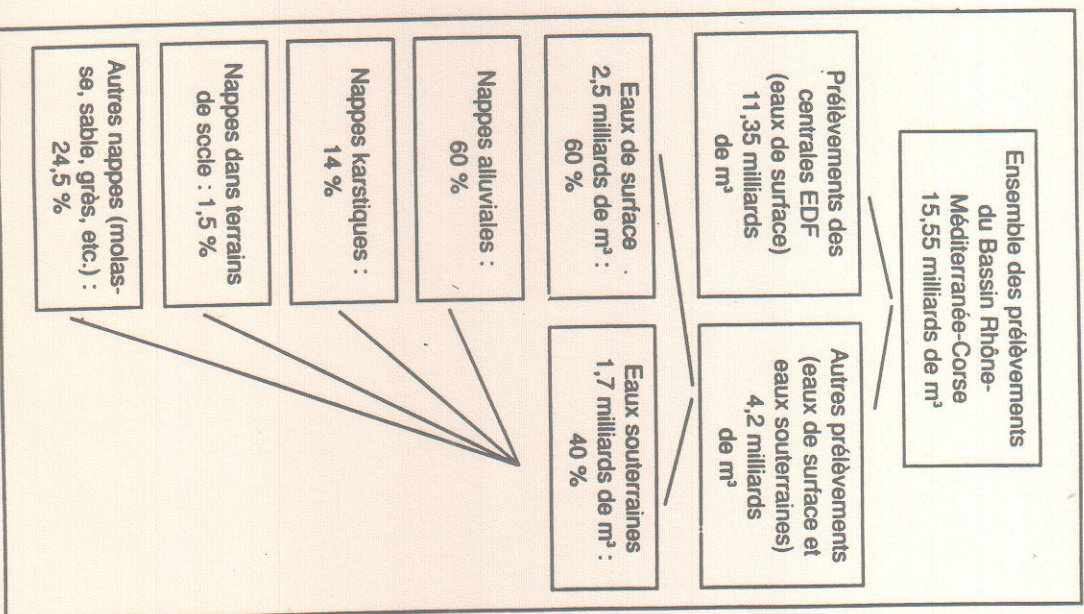
Lors d'une conférence internationale en 1977 aux USA, on a estimé que la fourniture d'eau par iceberg serait de 30 à 50 % plus économique que la fourniture par dessalement. Des études sont poursuivies relatives à leur transport et leur protection contre certains risques (fonte, évaporation, érosion mécanique vis à vis des vagues et des frottements lors du déplacement). Les icebergs antarctiques, comme tenu de leurs forme et volume importants, seraient les plus intéressants à transporter.

Envisagé en Australie, au Chili, à Los Angeles, mais implications politiques et internationales très complexes.

- Diminution des pertes par évaporation : en plaçant des pellicules monocellulaires sur les lacs et les rivières.

### 4. La situation dans la région Rhône-Alpes :

#### Répartition des prélèvements (1987)





## L'ADDUCTION DE L'EAU D'ALIMENTATION

Il ne suffit pas d'avoir choisi l'eau la meilleure, d'avoir construit les ouvrages d'adduction et de distribution dans les règles de l'art pour considérer comme définitivement résolu le problème de l'approvisionnement de l'eau. Il faut encore que la qualité de l'eau soit garantie contre toute altération pouvant menacer sa potabilité.

La protection de l'eau fournie revêt donc une importance considérable.

Elle doit s'exercer simultanément sous deux aspects complémentaires :

1. Protection de la ressource en eau (Captage)
2. Protection de l'eau au cours de son transport depuis le captage jusqu'aux robinets des usagers.

### 1. Le captage :

Les captages destinés à l'alimentation en eau, qu'ils soient souterrains ou de surface sont des points sensibles. Certaines activités (dépôts, construction,...) aux abords des zones de prises d'eau sont susceptibles selon les circonstances, la nature du terrain et les accidents topographiques d'affecter gravement la qualité de l'eau prélevée.

Le meilleur moyen de parer à ces contaminations est d'établir des périmètres de protection. En interdisant ou en réglementant certaines activités dans cette zone, la qualité de la ressource peut être préservée.

### 1.1. Les périmètres de protection :

La législation prévoit autour de chaque ouvrage de captage d'eau potable la mise en place de 2, voire 3, périmètres de protection :

- un périmètre de protection immédiate
- un périmètre de protection rapprochée pour les eaux souterraines et superficielles
- un périmètre de protection éloignée

Ces périmètres sont définis par un hydrogéologue agréé en matière d'hygiène publique.

#### *Périmètre de protection immédiate :*

Ce périmètre est délimité aux abords immédiats de la zone où sont implantés les drains du captage. Sa surface est faible (généralement de 500 à 1000 m<sup>2</sup>).

Ce périmètre doit être acquis en pleine propriété par l'exploitant du point d'eau.

A l'intérieur de ce périmètre entièrement clos, toute activité autre que celle du service est strictement interdite.

#### *Périmètre de protection rapprochée :*

Les terrains compris dans ce périmètre ne sont pas obligatoirement acquis par l'exploitant. A l'intérieur de ce périmètre, certaines activités ou installations susceptibles de porter atteinte à la qualité des eaux sont interdites ou réglementées (dépôts d'ordures, épandage d'engrais ou de fumier, construction,...). Sa taille et les contraintes imposées sont fonction de la vulnérabilité de la ressource en eau.



■ Journal officiel du 13 septembre 1990

**Circulaire du 24 juillet 1990 relative à la mise en place des périmètres de protection des points de prélèvement d'eau destinée à la consommation humaine (art. L. 20 du code de la santé publique)**

NOR : SPS9001537C

Paris, le 24 juillet 1990.

*Le ministre de l'intérieur, le ministre de l'équipement, du logement, des transports et de la mer, le ministre de l'agriculture et de la forêt, le ministre de la solidarité, de la santé et de la protection sociale et le secrétaire d'Etat auprès du Premier ministre, chargé de l'environnement et de la prévention des risques technologiques et naturels majeurs, à Madame et Messieurs les préfets des régions et des départements*

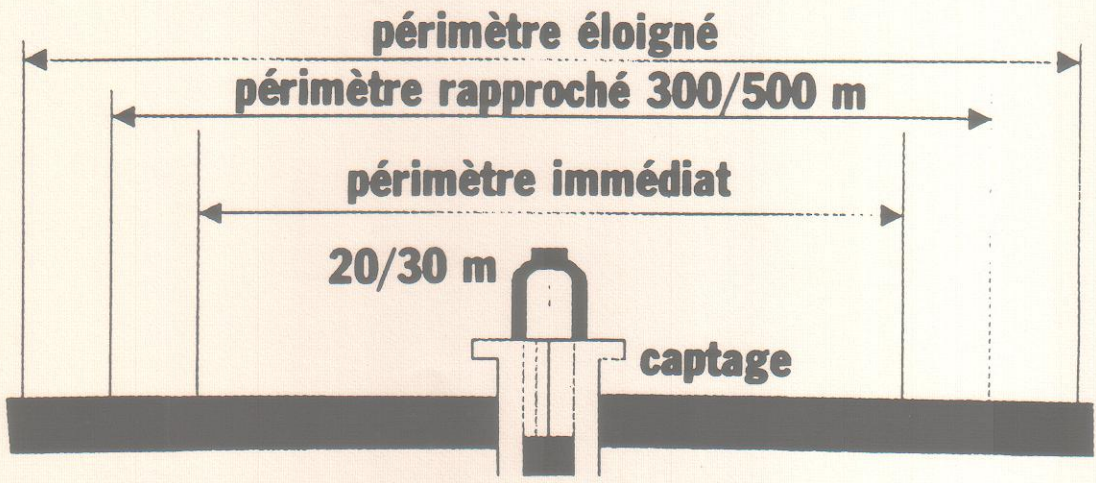
Les collectivités territoriales sont responsables de la qualité des eaux destinées à la consommation humaine : elles sont en effet tenues, en application de l'article L. 19 du code de la santé publique, de s'assurer que ces eaux sont propres à la consommation. Le décret n° 89-3 du 3 janvier 1989 modifié (*Journal officiel* du 4 janvier 1989 et du 12 avril 1990) a apporté des précisions sur l'exercice de cette responsabilité, tant au plan de la qualité des eaux distribuées que sur les programmes de vérification nécessaires pour suivre cette qualité.

A cet égard, l'instauration de périmètres de protection autour des points de prélèvement, dans les conditions définies par l'article L. 20 du même code, constitue un moyen efficace pour faire obstacle à des pollutions par des substances susceptibles d'altérer de façon notable la qualité des eaux prélevées.

Vous voudrez bien trouver, jointe à la présente circulaire, une instruction technique qui, pour l'essentiel, rappelle les principes fondamentaux à retenir pour l'établissement des périmètres de protection, précise la procédure applicable en la matière, la nature des prescriptions pouvant être mises en œuvre et les modalités de leur intégration dans les documents d'urbanisme.

Souvent, le manque de précision qui entoure les mesures de protection proposées, l'incertitude qui règne autour des aspects socio-économiques du projet, la complexité ou plutôt la longueur de la procédure de demande d'utilité publique ont conduit les collectivités à refuser de s'engager sur ce terrain.

Si la motivation des collectivités constitue un facteur déterminant pour lancer et mener à son terme cette démarche particulière de protection de la santé publique, il nous semble cependant nécessaire d'insister sur plusieurs aspects qui engagent directement la responsabilité de l'Etat.





### **Périmètre de protection éloignée :**

Dans ce périmètre, les dépôts, installations ou activités susceptibles de polluer la nappe peuvent être réglementés. Ce périmètre n'est pas indispensable lorsque la protection naturelle est suffisante.

### **1.2. Mise en place des périmètres de protection :**

La mise en place des périmètres de protection conformément à la législation en vigueur peut se décomposer selon la procédure suivante :

1. Phase géologique : inventaire des points d'eau Expertise de l'hydrogéologue agréé par le Ministère de la Santé Publique.
2. Phase cadastrale et administrative  
Etablissement des plans et état parcellaires, recherche des propriétaires et des titulaires de droit.  
Constitution des dossiers d'enquêtes préalable de déclaration d'utilité publique (DUP).  
Examen du dossier par le Conseil Départemental d'Hygiène.

### **1.3. S'il s'agit d'utiliser un cours d'eau :**

Il faut effectuer des contrôles jusqu'à 10 km en amont du prélèvement, en appréciant le volume et le degré de pollution des eaux usées reçues par le cours d'eau.

### **1.4. Des analyses complètes de l'eau captée permettront de mesurer :**

- l'agressivité de l'eau, c'est à dire sa teneur en CO<sub>2</sub>
- sa dureté : c'est à dire la concentration en alcalino-terreux (surtout calcium)
- et de s'assurer de l'absence de pollutions biologiques

### **2. L'amené de l'eau au robinet de l'utilisateur :**

En fonction de sa qualité, l'eau est :

- soit amenée directement à l'utilisateur
- soit traitée dans les stations pour apporter les corrections nécessaires.  
Puis l'eau arrive à l'utilisateur par des canalisations qui sont très vulnérables car elles sont exposées aux souillures les plus diverses. (danger des fissures invisibles).
- en Europe, on utilise un seul type de canalisation à la fois pour les usages domestiques et à la fois pour l'alimentation).

Beaucoup de pays utilisent un double réseau :

- l'un pour l'eau d'alimentation
- l'autre pour les usages externes privés (usages domestiques) ou publics (nettoyage des rues,...)



Avantages : Seul 2% des eaux sont utilisés pour l'alimentation et doivent être traités dans ce but

Les 98 % restants utilisés pour les autres activités n'ont pas besoin d'être traités.

On a ainsi une réduction considérable des frais de traitement.

Inconvénients :

- coût très important d'une double canalisation
- débit faible dans le réseau d'eau potable d'où risque de stagnation
- risque d'erreurs à peu près inévitable (les usagers confondant les deux robinets)

La surveillance des canalisations est faite par le service des eaux de la commune avec l'aide de la DDASS. Les incidents et accidents sont soumis au bureau d'hygiène.

En France, la distribution de l'eau est effectué soit, par la collectivité (commune ou syndicat de communes), soit par une société privée qui passe une convention avec la municipalité (concession, fermage,...) sous le contrôle de la DDASS.

Actuellement, l'activité de production et de distribution d'eau est assurée pour 46 % des communes par les collectivités (régies) et pour 54 % des communes (représentant 75 % de la population) par des sociétés privées.

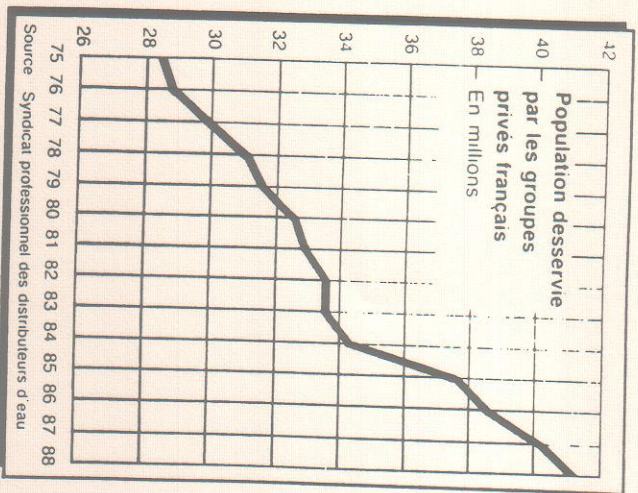
Il y a très peu de personnes qui ne bénéficient pas du raccordement à un réseau général. (fermes isolées,... : moins de 1%).

Il faut signaler la vétusté d'une partie du réseau : 25 % des équipements auront en l'an 2000 plus de soixante ans ( ce qui est considéré comme la durée normale d'une exploitation). Cette usure des installations explique l'importance des fuites estimées à 40 % de l'eau destinée aux usages domestiques.

558 000 km de canalisations  
1 22 000 km de branchements

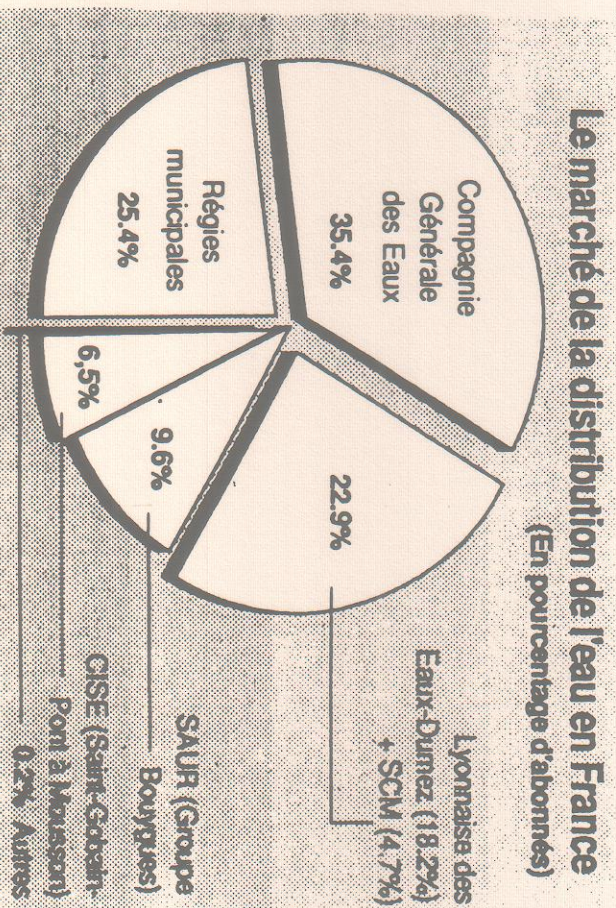


POPULATION DESSERVIE PAR LES GROUPES  
PRIVES FRANCAIS



	m3 vendus	Abonnés	Communes	Population (en %)
C.G.E.	54,16	47,61	36,74	52,00
Lyonnaise des Eaux	27,01	23,51	13,45	23,56
S.A.U.R.	8,51	13,12	26,92	12,49
SOGEA	4,81	8,99	14,12	7,12
S.D.E.I.	5,18	6,31	8,68	4,51

Source : Syndicat professionnel des distributeurs d'eau (1989)





### 3. Surveillance de ces réseaux d'adduction :

Le réseau est désinfecté avant la mise en utilisation par un désinfectant (eau de Javel), suivi d'un rinçage abondant et d'un contrôle physicochimique et bactériologique. Une surveillance permanente du réseau en service permet de contrôler :

- les caractères physico-chimiques de l'eau (surtout la résistivité)
- la numération des bactéries aérobies à 37 ° C

En cas d'anomalies, les examens effectués sont plus complets.



**Structures administratives  
concernant l'eau**

- En France, la coordination des nombreuses structures a été réalisée par la Loi du 16 Décembre 1964 relative "au régime et à la répartition des eaux et à la lutte contre leur pollution".
- Une directive de la CEE du 15 juillet 1980 sur la qualité de l'eau destinée à l'alimentation humaine
- Une chartre européenne de l'eau a été signée le 6 mai 1968 par le Conseil de l'Europe
- Des accords internationaux pour protéger les lacs, fleuves, pour lutter contre la pollution des mers, des rivages,....

**STRUCTURES ADMINISTRATIVES  
CONCERNANT L'EAU**

**1. STRUCTURES DEPENDANT DES COLLECTIVITES LOCALES :**

- Communes
- Département
- Région
- Nation

**2. STRUCTURES DEPENDANT DE L'HYDROGEOGRAPHIE :**

- agences de bassin

**3. STRUCTURES EUROPEENNES ET INTERNATIONALES**



## 1. Echelon municipal

Le maire est tenu de faire respecter les prescriptions du Règlement Sanitaire Départemental, dont plusieurs concernent l'alimentation en eau potable et l'élimination des eaux usées. Il dispose à cet égard de certains pouvoirs de police.

Dans les villes où existe un bureau municipal d'hygiène, celui-ci exerce, sous l'autorité du maire, la surveillance des eaux d'alimentation et des établissements de natation. Il examine les projets de captage et de traitement des eaux destinées à l'alimentation, les projets d'évacuation et d'épuration des eaux usées.

C'est également à l'échelon communal que se trouve, sous l'autorité du maire, le service chargé d'assurer la distribution de l'eau d'alimentation et son traitement. Dans les villes de quelque importance, un laboratoire municipal contrôle régulièrement les paramètres physico-chimiques et biologiques de l'eau.

Les petites communes peuvent se grouper en syndicat inter-communal pour réaliser les équipements nécessaires.

## 3. Echelon Régional

Le Préfet de région exerce son autorité sur le Service Régional de l'Aménagement des Eaux (Agriculture), le Service Régional de l'Équipement, le Service Régional des Affaires Sanitaires et Sociales. Il préside le Comité Technique de l'Eau.

Dans chaque région existe un laboratoire régional de l'eau, seul habilité à effectuer les analyses de contrôle lors d'un projet de création d'adduction nouvelle, pour tous les départements de la région.

Le Ministère de la Santé fixe chaque année après avis du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique, la liste des laboratoires agréés pour les contrôles des eaux.

## 4. Echelon National

*Les points de l'eau relevant  
de ce chapitre de 7 ministères.*

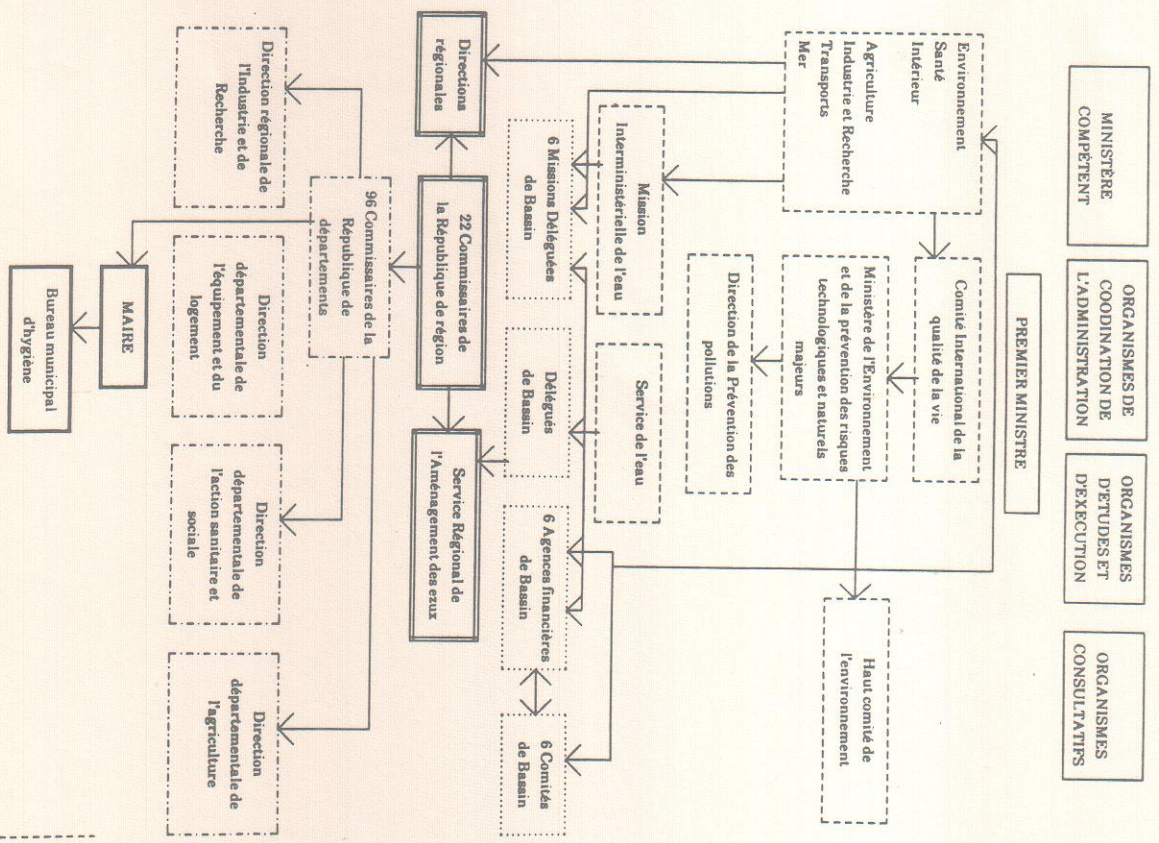
Auprès du Ministre chargé de l'environnement, la mission interministérielle de l'eau procède aux études concernant l'eau et exerce la tutelle des Agences Financières de Bassin.



Le Ministère de l'Agriculture, intervient surtout par la Direction de l'Aménagement rural et des structures. Le Ministre de l'Equipement est compétent en matière de navigation, d'aménagement foncier et urbanisme (desserte en eau) et de ports maritimes et voies navigables.

Le Ministre des transports, par le secrétariat général de la Marine marchande, intervient surtout en ce qui concerne les eaux côtières, le domaine public maritime.

Le Ministre de la Santé, a d'importantes attributions, dans le domaine de l'eau : réglementation des eaux potables, des piscines et lieux de baignade, assainissement, évacuation des eaux usées, surveillance des sources,... Le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France est obligatoirement consulté sur les projets d'alimentation en eau et les projets d'assainissement des villes tenues d'avoir un plan d'urbanisme (10 000 habitants ou plus).





## 5. Agences de bassin

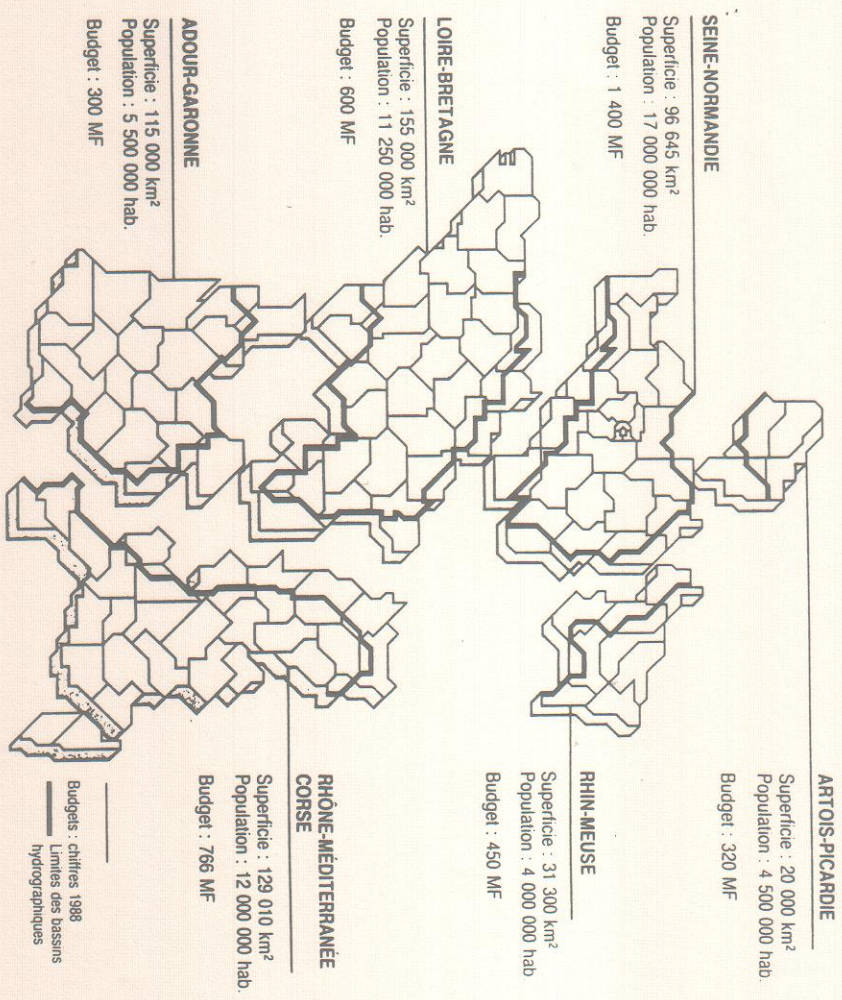
La loi du 16 Décembre 1964 et les décrets consécutifs ont harmonisé l'ensemble de ces structures administratives en divisant le territoire français en six bassins fluviaux : Seine-Normandie, Rhône-Méditerranée-Corse, Loire-Bretagne, Artois-Picardie, Rhin-Meuse, Adour-Garonne.

Dans chacun de ces bassins, plusieurs organismes regroupent les différents services et usagers concernés par les problèmes de l'eau

La vocation des agences de bassin est de faciliter les actions d'intérêt commun au bassin, voire au groupe de bassins :

- gestion des eaux dans le cadre du bassin hydrographique ;
- programmation de l'aménagement des ressources en eau ;
- concertation de tous les usagers sur la politique de l'eau et coordination interministérielle ;
- contributions financières basées sur les prélèvements et la pollution permettant de réaliser des travaux de dépollution.

## LA FRANCE DES AGENCES DE L'EAU





Ces principes reflètent une conception basée sur deux données essentielles :

- la primauté de l'intérêt collectif sur l'usage individuel de l'eau ;
- l'instauration d'établissements publics administratifs dont l'action est fondée sur le principe du pollueur - payeur.

Pour ce faire, l'agence de bassin est un Etablissement Public apte à prélever des redevances sur toute personne ou collectivité qui utilise ou pollue l'eau.

Le budget des agences de bassin pour 1990 est le suivant :

(en millions de Francs)

Régions	Budget global	Budget de Fonctionnement
Artois-Picardie	342	275
Loire-Bretagne	668	513
Rhin-Meuse	747	696
Rhône-Méditerranée Corse	945	701
Seine-Normandie	1 555	1 261
Adour-Garonne	387	303



## L'agence de Bassin Rhône-Méditerranée-Corse

- a une superficie de 130 000 km<sup>2</sup>,
- concerne 11 millions d'habitants
- couvre 30 départements
- 20 % de la capacité industrielle et agricole de la France
- 75 % de la production viticole
- 40 % de la capacité touristique
- emploi 170 personnes dont 140 à Pierre-Bénite,
- dispose d'un budget global de 945 millions de Francs (1990).

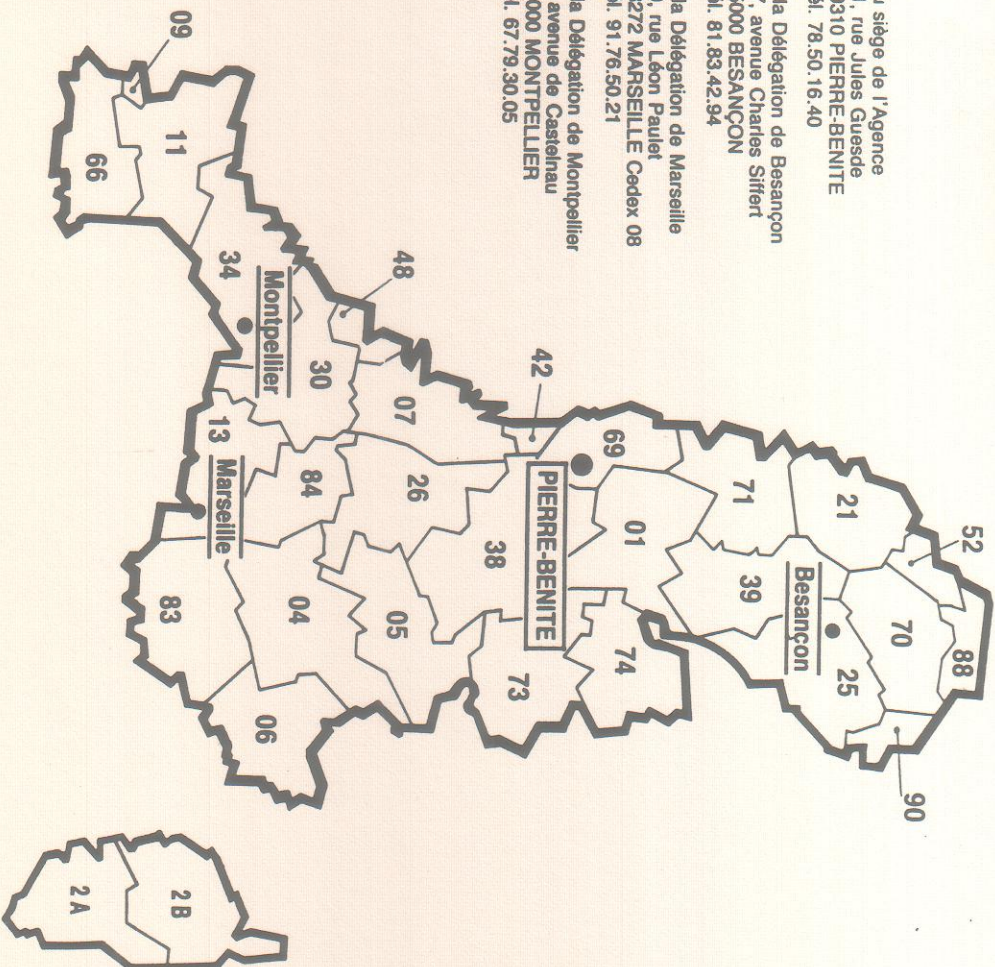
Cette agence de bassin va s'installer à Gerland dans la structure dénommée : "Maison de l'Eau".

**COMMUNES, SYNDICATS INTERCOMMUNAUX, SYNDICATS MIXTES, ASSOCIATIONS SYNDICALES DE RIVERAINS...**

Vous avez en charge des travaux de restauration ou d'aménagement de rivière, prenez contact avec l'Agence de Bassin :

### où vous adresser ?

- au siège de l'Agence  
31, rue Jules Guesde  
69310 PIERRE-BÉNITE  
Tél. 78.50.16.40
- à la Délégation de Besançon  
17, avenue Charles Siffert  
25000 BESANÇON  
Tél. 81.83.42.94
- à la Délégation de Marseille  
10, rue Léon Pauliet  
13272 MARSEILLE Cedex 08  
Tél. 91.76.50.21
- à la Délégation de Montpellier  
3, avenue de Castelnau  
34000 MONTPELLIER  
Tél. 67.79.30.05



### comment procéder ?

Les demandes d'aide financière doivent comporter notamment les pièces suivantes :

- Pour les études : *Programme d'activités de l'Agence*



## 6. Echelon International

### QUALITE DES EAUX DESTINEES A LA CONSOMMATION HUMAINE

- OMS : décennie de l'eau (1980 - 1990)
- CONSEIL DE L'EUROPE :  
chartre européenne de l'eau (6 mai 1968)
- CEE : harmonisation des normes requises concernant le traitement et la qualité des eaux, à partir de la directive du 15 juillet 1980 sur la qualité de l'eau destinée à l'alimentation humaine
- conventions internationales pour lutter contre la pollution de certains bassins : bassin du Rhin, Lac Léman, Méditerranée,...

" Toute eau livrée à la consommation humaine ne doit pas être susceptible de porter atteinte à la santé de ceux qui la consomment".

En outre, elle doit être aussi "agréable" à boire que les circonstances le permettent.

On dit alors qu'elle est potable (du latin *Potare* : boire)

Cette définition introduit un caractère de référence sanitaire qui est essentiel, mais aussi un critère d'agrément à la consommation.

Cet objectif global défini par le Code de la Santé Publique se traduit, pour les intervenants en matière de distribution d'eau, par des contraintes qui ont évolué au cours du temps.



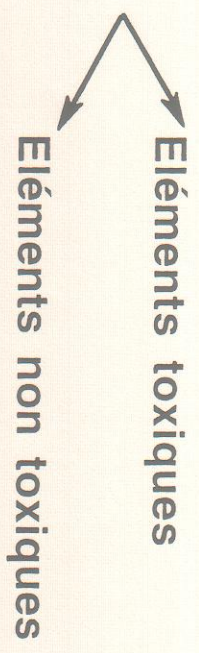
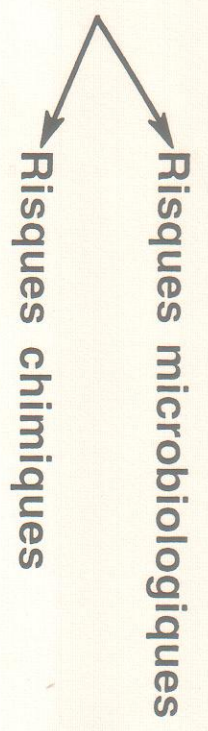
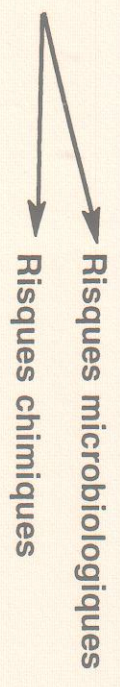
Aux aspects épidémiques d'origine microbiologique, se sont ajoutés les problèmes sanitaires dus à la présence d'éléments chimiques que leurs effets sur la santé soient à court, moyen ou long terme. (Exemple de la pollution des eaux par les nitrates en Bretagne et en Vendée, automne et hiver 1990 - 1991. Exemple de la pollution des eaux par le plomb dans la région d'Amiens - Novembre 1991).

Des normes de qualité ont été établies en fonction des connaissances scientifiques et toxicologiques en particulier pour plusieurs substances toxiques d'une part pour des fortes doses et des effets à court terme et d'autre part, pour des faibles doses et des effets à long terme.

Ainsi depuis plusieurs années, certains éléments ingérés de matière plus au moins chronique à faible dose sont suspectés de présenter des risques pour la santé. L'amélioration des moyens d'analyse a permis des progrès dans les connaissances disponibles. Toutefois les effets décalés dans le temps rendent difficile la mesure des conséquences de l'ingestion de ces éléments.

Si les risques sanitaires liés à l'eau ne sont pas encore parfaitement connus, des mesures ont néanmoins été prises à titre préventif ou sont en cours d'élaboration pour assurer la protection de la Santé Publique.

L'appréciation du risque sanitaire réel pour la population repose en partie, sur une connaissance satisfaisante de la situation. Depuis 1981, le Ministère de la Santé a engagé plusieurs actions pour mieux appréhender l'état sanitaire de différents milieux, notamment la qualité des eaux destinées à la consommation humaine.





## LE RISQUE MICROBIOLOGIQUE

Les eaux naturelles superficielles et, dans une moindre mesure, souterraines véhiculent une multitude de micro-organismes dont certains sont pathogènes pour l'homme. L'origine essentielle de ces contaminations microbiologiques des eaux est due aux eaux résiduaires, aux déchets et aux excréments humains et animaux insuffisamment traités et/ou rejetés dans de mauvaises conditions dans le milieu naturel.

Un très grand nombre d'organismes peuvent ainsi être retrouvés dans les ressources utilisées pour la production d'eau destinée à la consommation humaine (bactéries, virus, parasites...).

Les bactéries, souvent de provenance intestinale, furent et restent, dans de nombreux pays, à l'origine de grandes épidémies telles que le choléra ou la typhoïde.

Elles sont également responsables de pathologies plus bénignes comme des gastro-entérites. Cependant, bien que la cause hydrique de certaines affections demeure indiscutable de nos jours, la transmission inter-humaine et la contamination des aliments constituent également des vecteurs importants de propagation des pathologies bactériennes.

La responsabilité de certains virus (poliovirus, norwalk, hépatite A...) dans la survenue de maladies d'origine hydrique a aussi été démontrée, mais les arguments épidémiologiques sont dans ce cas, moins bien établis, notamment en raison de la difficulté d'isoler certains de ces germes contenus dans les eaux. En pratique, la recherche en routine des virus dans les eaux d'alimentation n'est pas réalisée. A ce jour, seuls les indicateurs bactériens (notamment les germes-test de contamination fécale) permettent de façon indirecte de supporter la présence de certains virus et parasites.

D'autres micro-organismes contenus dans l'eau (helminthes, protozoaires dont amibes...) peuvent également présenter des risques pour l'homme. Cependant, ils ne font pas l'objet de recherches systématiques dans le cadre des contrôles réglementaires des eaux en FRANCE.



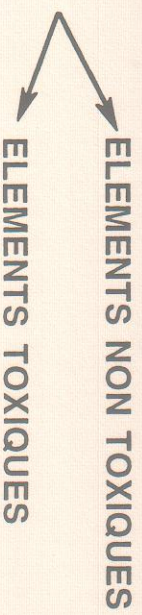
Sur un plan général, les pathologies d'origine microbiologique sont fréquemment d'apparition brutale et massive et peuvent de ce fait, toucher une importante population avec des effets à court ou moyen terme. Les personnes sensibles (enfants en bas âge, immunodéprimés...) sont particulièrement exposées à la consommation d'une eau contaminée par des micro-organismes. Il n'en reste pas moins que divers travaux épidémiologiques ont montré l'existence "d'un bruit de fond" significatif des pathologies gastro-intestinales pour les populations (y compris résidentes) régulièrement alimentées par des eaux de mauvaise qualité.



## LE RISQUE CHIMIQUE

La plupart des eaux naturelles ou de consommation contiennent diverses substances dont un grand nombre est nécessaire à l'organisme humain. C'est en général, la présence d'un excès de certains éléments qui peut induire soit directement, soit indirectement des effets néfastes sur la santé . Par exemple, le fluor présent dans l'eau à des teneurs inférieures à 1 mg/l est utile à la prévention de la carie dentaire. Par contre, à partir de 4 mg/l, des pathologies (fluorose dentaire, etc..) peuvent apparaître. Des exceptions existent cependant selon la nature de l'élément considéré.

Les effets sur la santé varient considérablement selon les substances.



### Les éléments non toxiques

Il s'agit de substances pour lesquelles aucun argument toxicologique ou épidémiologique ne permet de les suspecter d'avoir une quelconque incidence pathologique aux concentrations rencontrées dans l'eau. Leur présence peut, par contre, dans certaines conditions, être révélatrice par exemple de perturbations de la ressource ou du réseau de distribution, induire des désagréments d'ordre organoleptique, de gêne ou des difficultés de traitement.



## Les éléments toxiques

Sont considérés comme toxiques les substances pour lesquelles des effets néfastes sur la santé sont susceptibles d'apparaître. De nombreux facteurs conditionnent cette toxicité : les doses et leur répartition dans le temps, les conditions d'absorption en tenant compte des autres sources (alimentation, air, médicaments...), la sensibilité du sujet, etc...

Les effets ne se manifestent généralement qu'à moyen ou long terme et peuvent prendre des formes très diverses telles que : cancérogénicité, mutagénicité, troubles métaboliques. De ce fait, les études épidémiologiques et/ou toxicologiques expérimentales sur les substances pouvant être contenues dans l'eau d'alimentation sont difficiles à mener et, pour un certain nombre de polluants, les connaissances ne sont encore que partielles et donc insuffisantes (par exemple : produits phytosanitaires).

Par ailleurs, certaines maladies sont étroitement liées à la structure naturelle des eaux, indépendamment de toute pollution, par excès, voire carence, de certains éléments (ex : teneur excessive en certains sels minéraux).



## DEBIT DU RHONE → NAPPES

En moyenne : 600 m<sup>3</sup>/seconde  
si sécheresse : 150 m<sup>3</sup>/seconde  
donc grande marge !!

### Besoins de l'agglomération Lyonnaise

- au maximum : 6 m<sup>3</sup>/seconde
- 250.000 abonnés : 320.000 m<sup>3</sup>/jour
- en cas d'incident : usine de la Pape peut produire 150.000 m<sup>3</sup>/jour
- de plus 32 réservoirs : 260.000 m<sup>3</sup>
- 4.400 Km de canalisations de distribution

## 2. Echelon Départemental Décret du 27 février 1987

La Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales est chargée de la surveillance des eaux potables, des stations d'épuration et des fosses septiques. Elle dispose d'un laboratoire départemental de l'eau, habilité pour les analyses de surveillance régulière de l'eau, ainsi que pour le contrôle sanitaire des effluents.

La Direction Départementale de l'Équipement et du Logement intervient dans la mise en oeuvre et l'application de la politique d'équipement et d'urbanisation. La Direction Départementale de l'Agriculture pour les problèmes d'irrigation.

L'Inspection des installations classées, chargée de l'application, de la législation et de la réglementation de ces installations, et en particulier des conditions d'évacuation des eaux résiduaires.

Le Conseil Départemental d'Hygiène, présidé par le Préfet, est chargé d'étudier les problèmes d'hygiène publique à l'échelle du département, et en particulier de prévenir la pollution des eaux par les rejets industriels.

Il faut indiquer également le rôle actif joué par certains organismes comme les Chambres Départementales de pêche et de pisciculture.



RONEO IV  
Hydrologie  
M<sup>r</sup> Collombel.

Anne Peyre de Fabrègues

RONEO IV n° 13

Le dernier cours d'hydrologie a eu lieu le vendredi 06 Janvier de 8h à 10h. Le cours du lundi 09 Janvier a été annulé. M<sup>r</sup> Collombel m'a quand même fait part des fiches du dernier cours qui figurent donc ici, dans cette RONEO.

IMPORTANT : Vous ne serez pas interrogé sur son dernier cours (celui qu'il n'a pas fait ... Vous saluez!!...).

Donc vous pouvez omettre de lire ou d'apprendre tout ce qui suit le sous chapitre de L'ETIQUETAGE dans la réalisation des prélèvements. Ne vous réjouissez pas trop vite car c'est quand même vers la fin!...

Bon courage.

les preneurs,



## QUALITÉ DES EAUX DESTINÉES A LA CONSOMMATION HUMAINE

1. Définition et classement des eaux destinées à la consommation humaine.
2. Principaux constituants des eaux naturelles.
3. Qualité des eaux destinées à la consommation humaine.
4. Le contexte réglementaire. Analyse du décret du 3 janvier 1989 modifié en 1990 et 1991 (code de la Santé Publique - livre 1 - titre 1er chapitre L19 à L25).
5. Principes de la réglementation.
6. Fixation des normes : signification des valeurs associées à un paramètre.
7. Réalisation des prélèvements (articles 11 du décret du 3 janvier 1989).
8. Réalisation des analyses.

## LES PROBLEMES DE L'EAU RELEVANT DE LA COMPETENCE DE 7 MINISTERES

Environnement  
Santé  
Intérieur  
Agriculture / Mer  
Industrie  
Recherche  
Transports



# EAUX DESTINEES A LA CONSOMMATION HUMAINE

## 1. Les eaux minérales

## 2. Les eaux non minérales

par des des réseaux publics ou privés

distribuées

sous forme conditionnée, en  
bouteille

- eau de source
- eau de table

## 3. Les eaux des entreprises alimentaires

## 4. Les eaux destinées à la fabrication de glace alimentaire

## 5. Les eaux réservées à des usages particuliers :

- eau stérile
- eau adoucie
- eau purifiée
- eau bi permutée
- eau distillée
- eau pour hémodialyse
- etc ...

## 1. Définition des "Eaux destinées à la consommation humaine"

Sont considérées eaux destinées à la consommation humaine :

1.1. Les eaux minérales qui relèvent d'un législation et d'une réglementation particulière. Ces eaux sont utilisées dans les établissements thermaux et diffusés embouteillés.

1.2. Les eaux de caractère non minéral. Ces eaux sont distribuées :

- soit par des réseaux publics ou privés
- soit sous forme conditionné (bouteille) ; elles portent alors les dénominations "eau de source" lorsque l'eau est conditionnée telle qu'elle est extraite du sol, ou "eau de table" lorsque l'eau subit un traitement avant embouteillage.

1.3. Les eaux utilisées dans les entreprises alimentaires à des fins de fabrication, de traitement, de conservation ou de mise sur le marché de produits ou substances destinés à être consommés par l'homme. Ces eaux affectent la salubrité de la denrée alimentaire finale.

1.4. Les eaux réservées à des usages particuliers par exemple pour l'hémodialyse. dans ce cas, même si l'eau utilisée au départ est celle d'une distribution publique, elle doit répondre, lors de son emploi, à des prescriptions plus contraignantes que celles relatives à la consommation. (Ex : concentration en aluminium qui doit être inférieure à la norme fixée dans l'eau de boisson à 0,2 mg/l).

Dans le présent cours est examiné uniquement la qualité des eaux de distribution publique.



## DÉFINITIONS DES DIVERSES EAUX

Les définitions suivantes correspondent à celles données par la pharmacopée française. Les entreprises peuvent néanmoins utiliser des termes différents selon les techniques qu'elles auront employé pour le traitement de l'eau.

\* L'eau sans autre qualificatif désigne l'eau potable. La X<sup>e</sup> édition (janvier 1990) de la pharmacopée française la définit comme destinée à la consommation humaine, agréable à consommer et non susceptible de porter atteinte à la santé.

\* L'eau stérile est obtenue après destruction totale des germes et spores à une température supérieure à 120°C.

\* L'eau adoucie est une eau où les ions alcalino-terreux  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{Mg}^{2+}$ , responsables des dépôts de tartre et de calcaire, ont été remplacés par les ions alcalins  $\text{Na}^+$  apportés par une résine.

\* L'eau bipermutée ne contient plus de sels dissous après son passage sur deux résines, l'une cationique, l'autre anionique. Cette eau est également dite déminéralisée ou désionisée: Elle est utilisée pour la confection de certains tampons et pour le lavage de la verrerie employée en culture cellulaire.

\* L'eau purifiée, obtenue à partir d'eau potable après distillation ou échange d'ions, devra être à la fois limpide, incolore, inodore, insipide, conformément aux normes de la pharmacopée.

\* L'eau distillée est obtenue par ébullition d'une eau potable puis condensation de la vapeur.





# PRINCIPAUX CONSTITUANTS DES EAUX NATURELLES



- fondamentaux
- caractéristiques

Electrolytes minéraux

Composés humiques

Composés non humiques

2. COMPOSES ORGANIQUES  
taux compris entre 5 et 60 mg/litre

1.

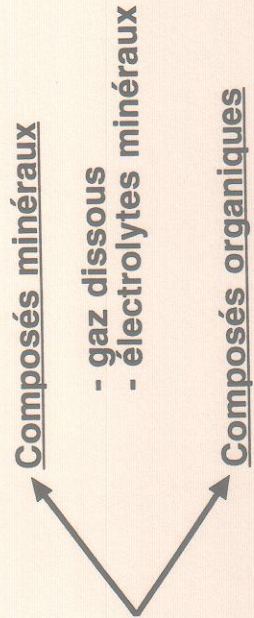
2.

93/B/M/09

95/B/M/015

# 2. PRINCIPAUX CONSTITUANTS DES EAUX NATURELLES

En plus de la molécule d'eau, on trouve :



## 2.1. Composés minéraux :

Les composés minéraux présents dans les eaux naturelles, trouvent essentiellement leur origine dans les échanges qui se produisent entre l'eau et le sol, entre l'eau et l'atmosphère. Ils résultent aussi du métabolisme des éléments de la biomasse aquatique.

### 2.1.1. Gaz dissous :

L'eau naturelle, lorsqu'elle est en contact avec l'air, peut dissoudre les gaz de l'atmosphère. La proportion de chacun d'entre eux dans l'air, leur solubilité respective, la température ainsi que la turbulence de l'eau ou de la vitesse du vent, influent sur ce transfert à travers l'interface eau-air. Mais c'est souvent l'activité biologique qui conditionne les concentrations des gaz dissous.



2.1.1.1. Le taux d'oxygène dissous dans une eau détermine directement la nature de l'écosystème aquatique. Aérobie ou anaérobie seront fonctions de cette concentration.

Le taux d'oxygène dissous est un des paramètres les plus sensibles à l'apport de pollution organique dans un cours d'eau.

Le tableau ci-joint donne les valeurs des concentrations de saturation en fonction de la température. Elles correspondent à l'équilibre parfait avec l'atmosphère en admettant que celle-ci contient 20 % d'oxygène. On peut noter que, comme il en est généralement pour tous les gaz, la solubilité de l'oxygène dans l'eau diminue lorsque la température augmente.

Dans la pratique courante ces taux sont fréquemment perturbés.

La respiration de la biomasse, notamment bactérienne, consommera d'autant plus d'oxygène qu'il y a de matière organique susceptible d'être dégradée.

Mais par ailleurs la photosynthèse, importante en présence d'algues, produira de l'oxygène dès que l'éclairage est suffisant.

Des fluctuations du taux de l'oxygène dissous sont donc à observer en fonction de la vie du milieu et la cinétique des échanges avec l'atmosphère. Il sera ainsi très possible de noter au cours de la journée une sursaturation en oxygène alors que durant la nuit l'oxygène dissous se situera nettement au-dessous du niveau d'équilibre avec l'atmosphère.

Température / Gaz	0°	10°	15°	20°	25°	30°
O <sub>2</sub>	13,9	10,8	9,7	8,8	8,1	7,4
N <sub>2</sub>	23,5	18,6	16,8	15,4	14,3	13,4
CO <sub>2</sub>	1,06	0,70	0,59	0,53		

Tableau établi à partir des données citées par Bénézech.  
Concentrations en O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> et CO<sub>2</sub> dans l'eau à l'équilibre avec l'atmosphère pour différentes températures sous 760 mm de Hg. en mg/l.

Composition supposée de l'air :

O<sub>2</sub> = 20 % en volume,

N<sub>2</sub> = 80 % en volume,

CO<sub>2</sub> = 0,03 % en volume.

Les valeurs du tableau peuvent être légèrement modifiées si l'on tient compte de la présence de la vapeur d'eau dans l'air.



2.1.1.3. L'Azote constituant majoritaire de l'air se retrouve également à l'état dissous dans les eaux naturelles. Chimiquement plus réactif, il est cependant fixé par certains éléments bactériens ou par certaines algues qui le transforment en azote organique.

L'azote peut aussi être dégagé au sein même de l'eau, notamment au niveau des sédiments où se situe souvent une activité bactérienne anaérobie. La dénitrification qui transforme les nitrates en azote gazeux est un processus important dans le cycle de l'azote.

Le tableau donne les taux de saturation en N<sub>2</sub> de l'eau dans les conditions de pression normale et en admettant que l'atmosphère est constituée à 80 % par l'azote. La solubilité de l'azote est plus faible que celle de l'oxygène, mais sa proportion dans l'atmosphère étant plus élevée, les valeurs de saturation le sont aussi.

Peu de données sont disponibles dans la littérature sur les teneurs réelles en N<sub>2</sub> des eaux naturelles.

#### 2.1.2. Electrolytes minéraux :

La nature chimique des terrains conditionne la composition électrolytique des eaux naturelles. Il en résulte des qualités d'eaux extrêmement variées.

2.1.2.1. Les éléments fondamentaux sont ceux que l'on retrouve dans toutes les eaux naturelles ; ils représentent le système calcocarbonique associé aux ions issus de la dissociation de l'eau ; ils sont au nombre de six :



2.1.1.2. Le gaz carbonique ou dioxyde de carbone est naturellement présent dans l'atmosphère.

Une eau en équilibre avec l'air à 20 °C contient 0,52 mg/l de CO<sub>2</sub> libre.

Il faut noter que le CO<sub>2</sub> est très soluble dans l'eau, beaucoup plus que l'oxygène. Les concentrations à l'équilibre sont peu élevées uniquement parce que la proportion de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère est elle-même relativement faible.

Si l'atmosphère contenait 20 % de CO<sub>2</sub> à 20 °C et 760 mm de Hg, la concentration en CO<sub>2</sub> à l'équilibre atteindrait 354 mg/l, alors qu'elle n'est dans ces conditions que de 8,84 mg/l pour l'oxygène.

On conçoit que les eaux naturelles renferment des taux de CO<sub>2</sub> très variables et parfois très élevés ; il se situent généralement entre 0 et 60 mg/l. Certaines eaux très riches (eaux minérales gazeuses ou bien à activité biologique intense) en contiennent même exceptionnellement jusqu'à 120, voire 150 mg/l.

Les eaux naturelles ne sont que bien rarement en équilibre avec l'atmosphère pour le CO<sub>2</sub>.

L'origine du gaz carbonique réside en fait le plus souvent de l'activité intense des bactéries des sols traversés par les eaux ou des bactéries des eaux elles-mêmes. L'incidence de la biomasse doit être considérée ici avec encore plus d'acuité que pour l'oxygène dissous.

Le CO<sub>2</sub> dissous intervient dans le goût de l'eau mais c'est surtout comme élément majeur du système calcocarbonique qu'il joue un rôle essentiel dans l'équilibre physico-chimique des eaux.



Leur présence découle de la dissolution dans l'eau du gaz carbonique et du passage en solution sous l'effet de l'acidité carbonique du carbonate de calcium.

Les eaux riches en calcium ou eaux dures, se rencontrent dans les régions où le sol organique est épais et les formations calcaires présentes ; dans les zones où le sol organique est mince et les formations calcaires rares ou absentes, le calcium est à plus faible concentration ; les eaux sont douces, mais le calcium n'est pratiquement jamais absent.

Une eau est dite dure lorsque le degré hydrotimétrique dépasse 30° français, elle est "douce" en dessous de 15 ° français. (1 ° français = 0,2 meq d'ion calcium, soit 10 mg de carbonate de calcium par litre, soit 4 mg d'ion calcium par litre).

2.1.2.2 Les éléments caractéristiques regroupent l'ensemble des autres ions minéraux qui résultent aussi souvent de l'action dissolvante de l'acide carbonique.

(Mg<sup>++</sup>, Fe<sup>++</sup>, Mn<sup>++++</sup>, Al<sup>+++</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>--</sup>, SiO<sub>2</sub>, etc)

Leur présence donne sa particularité à l'eau et fera dire que l'eau est magnésienne, ferrugineuse, chlorurée, séléniteuse (riche en SO<sub>4</sub><sup>--</sup>), etc.

Parmi les éléments caractéristiques, se situent enfin tous les éléments à l'état de traces plus ou moins importantes qui peuvent jouer un rôle au niveau d'effets toxiques (ou thérapeutiques) éventuels de l'eau.

La minéralisation totale des eaux naturelles est éminemment variable. On peut simplement noter que les eaux artificielles dont le contact avec le sol est relativement limité et concerne les couches de terrains les plus fréquemment lessivées, ont souvent une concentration saline inférieure aux eaux des nappes et a fortiori aux eaux d'origine profonde.

IONS DU SYSTEME  
CALCOCARBONIQUE  
DE L'EAU NATURELLE

H<sub>2</sub> CO<sub>3</sub>-

H CO<sub>3</sub>-

CO<sub>3</sub>--

CA<sup>++</sup>

OH<sup>-</sup>

H<sup>+</sup>



Les valeurs les plus élevées de cette fourchette ne sont atteintes, et très exceptionnellement dépassées qu'avec certaines eaux stagnantes comme par exemple celles des mares à feuilles.

Les matières organiques naturellement présentes dans les eaux comme ailleurs dans les sols, sont formées par un mélange complexe de produits végétaux ou animaux à des stades de décomposition variés. Elles comprennent également des produits de synthèse, par voies chimiques, ou biochimiques, élaborés à partir de ces éléments. Elles comprennent enfin des microorganismes (bactéries, virus, etc) et leurs produits de décompositions.

On classe actuellement les matières organiques en substances non humiques et en substances humiques.

2.2.1. *Les substances non humiques* sont formées par des produits de base : protéines et acides aminés, polysaccharides et sucres simples, graisses et acides gras, hydrocarbures, pigments, vitamines et toxiques diverses.

Elles sont également peu importantes car elles sont dégradées et utilisées dès leur apparition dans l'eau par les microorganismes présents ; leur renouvellement est très rapide.

2.2.2. *Les substances humiques* : constituent l'essentiel des matières organiques des eaux naturelles.

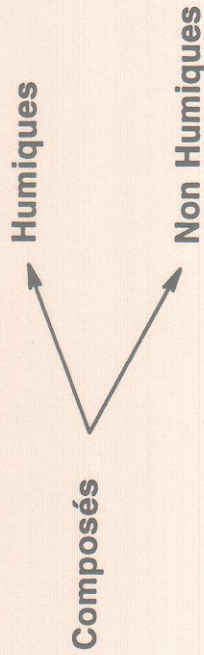
Elaborées par des microorganismes (bactéries, champignons) à partir de produits végétaux et animaux elles résistent bien à la décomposition bactérienne et demeurent stables pendant de longues périodes dans les systèmes aquatiques.

Ce sont des complexes amorphes souvent colorés en brun ou en noir, hydrophiles, acides et ayant des masses moléculaires comprises entre quelques centaines et plusieurs milliers ou dizaines de milliers.

Arbitrairement, on peut limiter le domaine des eaux potables aux concentrations inférieures à 2 ou 3 g/l (force ionique inférieure à 60.10<sup>-3</sup>). Au delà, se situe le domaine des eaux saumâtres, puis celui des eaux salées.

Notons enfin qu'une évaluation approximative de la minéralisation d'une eau peut-être très facilement effectuée par mesure de la conductibilité électrique.

## 2.2. Composés organiques :



Les études concernant la nature et la concentration des matières organiques dans les eaux naturelles sont beaucoup moins nombreuses et généralement moins approfondies que celles portant sur les composés minéraux dissous dans ces eaux. Ce fait s'explique par les difficultés analytiques rencontrées dues aux faibles concentrations et à la multiplicité des espèces moléculaires susceptibles d'être présentes.

En effet, pour les eaux n'ayant pas reçu d'apports polluants caractérisés les taux de matières organiques se situent généralement entre 6 et 60 mg/litre, les valeurs les plus fréquentes pour les eaux naturelles se situent au-dessous de 5mg/litre.

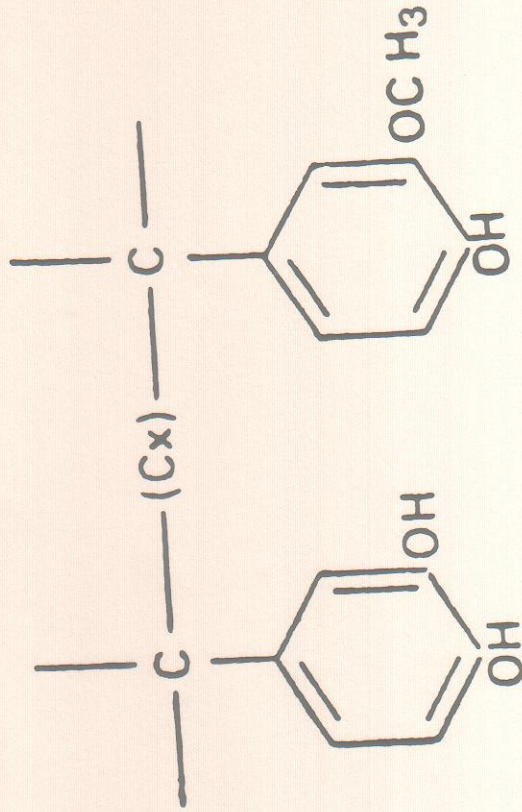


On les fractionne par voie chimique en trois groupes.

Les matières humiques existent souvent sous forme colloïdales, elles interviennent alors dans les mécanismes d'absorption qui ont toujours une place importante dans l'évolution des eaux.

Le pH a une incidence à la fois sur la condensation du matériel humique sous forme colloïdale et sur les capacités de réaction.

Les techniques analytiques usuelles permettent rarement une définition rigoureuse des matières humiques ; on se contente très souvent pour ce faire du simple dosage du carbone ou de l'azote organique.





#### 4. LE CONTEXTE REGLEMENTAIRE APPLICABLE AUX EAUX DESTINEES A LA CONSOMMATION HUMAINE

La maîtrise des risques sanitaires qui viennent d'être évoqués impose l'édiction de règles d'hygiène dont les bases ont été jetées au siècle dernier. Celles-ci ont, bien évidemment, évolué et figurent désormais pour l'essentiel dans le **DECRET N° 89-3** du **3 JANVIER 1989 MODIFIE** (code de la Santé Publique livre I - titre 1° - chapitre L19 A L25).

Ce texte, ainsi que tous les arrêtés pris pour son application, repose sur les trois directives européennes 1975 (75-440) - 1979 (79-869) - 1980 (80-778). Pour ce qui concerne les normes fixées pour la qualité des eaux, il s'appuie également sur les recommandations de l'O.M.S publiées en 1986.

#### 3. QUALITE DES EAUX DESTINEES A LA CONSOMMATION HUMAINE

En fonction des indications précédentes, il est évident que l'eau de boisson n'est pas une eau distillée stérile !. Elle doit contenir des éléments minéraux en solution (sels, gaz dissous) qui sont indispensables au bon goût de l'eau et participent à l'équilibre du régime alimentaire. Elle peut contenir des microorganismes dans la mesure où ils ne provoquent aucun effet pathogène et ne créent aucune gêne au consommateur.

Une autre conséquence de ces constatations, fait que l'étude de la qualité de l'eau destinée à la consommation humaine n'est pas d'une très grande rigueur scientifique : elle résulte de textes réglementaires imposant l'utilisation de méthodes de référence, où l'arbitraire, et c'est inévitable, garde toujours une certaine part.

Les résultats obtenus doivent en effet pouvoir être comparés à des valeurs de référence obtenues avec des techniques codifiées dites normalisées.

L'eau constitue un milieu pouvant être à l'origine de contaminations donnant naissance à des maladies touchant quelques personnes ou à des épidémies.

La qualité de l'eau dépend de nombreux facteurs (origine, traitement, conditions de stockage et de distribution, ...). Pour éviter les risques sanitaires et assurer une prévention, des prescriptions ont été définies par voies législatives et réglementaires.

Elles sont contenues principalement dans le Code de la Santé Publique (Livre 1 - Titre 1 - Chapitre 3 "Des eaux potables", article L. 19 à L. 25.1).



A - CONTENU DES ANALYSES

Tableau 1 : ANALYSES BACTERIOLOGIQUES

ANALYSES BACTERIOLOGIQUES		
Réduite (B 1)	Sommaire (B 2)	Complète (B 3)
Coliformes thermotolérants  Streptocoques fécaux	Coliformes thermotolérants  Streptocoques fécaux  Dénombrement des bactéries aéro- bies revivifiables à 22°C et 37°C	Coliformes thermotolérants  Streptocoques fécaux - Coliformes  Dénombrement des bactéries aéro- bies revivifiables à 22°C et 37°C  Spores de bactéries anaérobies sulfitoréductrices

Annexe II

Tableau 2 : ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES

ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES							
	Analyse physico- chimique réduite (C1)	Analyse physico- chimique sommaire (C2)	Analyse physico- chimique complète (C3)	Analyses physico-chimiques particulières C4			
				C4a	C4b	C4c	C4d
PARAMETRES ORGANO- LEPTIQUES	- Aspect (qualitatif) : odeur, saveur, couleur - Turbidité	- Aspect (qualitatif) : odeur, saveur, couleur - Turbidité	- Aspect (quantitatif) : odeur, saveur, couleur - Turbidité				
PARAMETRES PHYSICO- CHIMIQUES  STRUCTURE NATURELLE DES EAUX	- pH - conductivité	- température - pH - conductivité	- température - pH - conductivité - chlorures - sulfates - silice - calcium - magnésium - sodium - potassium - aluminium - résidus secs - oxygène dissous - anhydride car- bonique libre (essai au marbre) ou calcul de l'équilibre calcocarbonique - carbonates - hydrogencarbo- nates				- matières totales en sus- pension (MES) - demande chimique en oxy- gène (DCO) - demande biochi- mique en oxygène dissous (DBO <sub>5</sub> )



**Tableau 3 : ANALYSES TYPES**

EMPLACEMENT	RESSOURCE		PRODUCTION				DISTRIBUTION
	Au point de puisage, avant traitement (R)		Après traitement et avant refoulement ou au point de puisage en l'absence de traitement (P)				En réseau
Origine de l'eau	(R.P.) Eaux souterraines	(R.S.) Eaux superficielles	(P 1) Eaux souterraines et eaux superficielles	(P 2) Eaux souterraines (P 2 P) Eaux superficielles (P 2 S)		(P 3) Eaux souterraines et eaux superficielles	(D) Eaux souterraines et eaux superficielles
ANALYSES TYPES	B 1 - - - C 3 - C 4 b - -	B 1 - - - C 3 C 4 a C 4 b C 4 c C 4 d	- - B 3 - C 2 - - -	- - - - C 3 - - -	- - - - C 3 C 4 a - - -	- - - - - C 4 a - C 4 c -	- B 2 - C 1 - - - -

ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES							
PARAMETRES CONCERNANT LES SUBSTANCES INDESIRABLES	- chlorure résiduel ou tout autre paramètre représentatif du traitement de désinfection	- nitrates - nitrites - ammonium - 2 paramètres parmi les paramètres suivants : chlorures, sulfates oxydabilité au $KMnO_4$ ou carbone organique total, titre alcalimétrique complet ou dureté totale	- nitrates - nitrites - ammonium - oxydabilité au $KMnO_4$ , à chaud, en milieu acide - hydrogène sulfuré - fer - cuivre - zinc - manganèse - phosphore - fluor - chlore résiduel ou tout autre paramètre représentatif du traitement de désinfection	- azote Kjeldhal - hydrocarbures dissous - agents de surface - indice phénol			- bore - baryum - substances extractibles au chloroforme
	Analyse physico-chimique réduite (C1)	Analyse physico-chimique sommaire (C2)	Analyse physico-chimique complète (C3)	Analyses physico-chimiques particulières C4			
				C4a	C4b	C4c	C4d
PARAMETRES CONCERNANT LES SUBSTANCES TOXIQUES					- cadmium - plomb - H.P.A.	- arsenic - cyanures - chrome - mercure - sélénium	
AUTRES PARAMETRES						- pesticides - composés organohalogénés volatils	



Tableau 4 : FREQUENCES ANNUELLES D'ANALYSE (ECHANTILLONS PRELEVES A LA RESSOURCE ET EN USINE)

DEBIT JOURNALIER (m <sup>3</sup> /jour)	FREQUENCES ANNUELLES D'ECHANTILLONNAGE					
	R.P.	R.S.	P 1	P 2 P	P 2 S	P 3
Inférieur à 100 .....	-	-	1	-	-	-
De 100 à 399 .....	1/2	2	2,5	1/2	1	1/5
De 400 à 999 .....	1/2	2	2,5	1/2	1	1/5
De 1 000 à 1 999 .....	1/2	2	3,5	1/2	1	1/5
De 2 000 à 5 999 .....	1	3	7	1	1	1/2
De 6 000 à 9 999 .....	2	6	8	1	1	1/2
De 10 000 à 19 999 .....	2	6	14	2	2	1
De 20 000 à 29 999 .....	4	12	22	3	3	1
De 30 000 à 59 999 .....	4	12	42	6	6	1
De 60 000 à 99 999 .....	4	12	70	10	10	1
Supérieur ou égal à 100 000 .	4	12	140	20	20	1

(Décret n° 91-527 du 7 mars 1991) -

"Nota - 1°) En ce qui concerne les eaux superficielles de la ressource (R.S.), outre les analyses bactériologiques (B1), il est procédé :

a) à une recherche annuelle de salmonelles (dans cinq litres d'eau),

b) à une recherche de coliformes dans les conditions suivantes :

ba - une fois par an pour un débit inférieur à 6 000 m<sup>3</sup>/jour,

bb - deux fois par an pour un débit compris entre 6 000 m<sup>3</sup>/jour et 20 000 m<sup>3</sup>/jour,

bc - quatre fois par an pour un débit supérieur à 20 000 m<sup>3</sup>/jour ;

2°) En ce qui concerne les analyses microbiologiques, les chiffres de la colonne P1 sont doublés lorsque les eaux sont désinfectées."

Tableau 5 : FREQUENCES ANNUELLES D'ANALYSES  
(ECHANTILLONS PRELEVES EN DISTRIBUTION)

(Décret n° 91-527 du 7 mars 1991) - "

Population desservie	D	
	Eau non désinfectée (nd)	Eau désinfectée (d)
500 habitants	2	4
2 000 habitants	6	
5 000 habitants	12	24
10 000 habitants	24	
30 000 habitants	60	
50 000 habitants	90	240
100 000 habitants	150	
150 000 habitants	210	
300 000 habitants	390	720

- Pour les populations inférieures à 500 habitants, le nombre d'analyses D est égal à 2 dans le cas d'eaux non désinfectées et à 4 dans le cas d'eaux désinfectées.

- Pour les populations supérieures à 500 habitants, le nombre d'analyses à effectuer est obtenu par interpolation linéaire entre les chiffres fixés dans les colonnes D, le chiffre étant arrondi à la valeur entière la plus proche.

- Pour les populations supérieures à 300 000 habitants, le nombre d'analyses à effectuer est obtenu par extrapolation linéaire, le chiffre étant arrondi à la valeur entière la plus proche."



LIMITES DE QUALITE DES EAUX DESTINEES A LA  
CONSOMMATION HUMAINE

A) PARAMETRES ORGANOLEPTIQUES

L'eau ne doit pas présenter :

1. Une coloration dépassant 15 mg/l de platine en référence à l'échelle Platine/Cobalt.
2. Une turbidité supérieure à une valeur équivalente à 2 unités JACKSON.
3. D'odeur, de saveur, pour un taux de dilution de 2, à 12° C et de 3, à 25° C.

B) PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES EN RELATION  
AVEC LA STRUCTURE NATURELLE DES EAUX

1. A l'exception des eaux ayant subi un traitement thermique pour la production d'eau chaude, la température ne doit pas dépasser 25° C.

2. Le pH doit être supérieur ou égal à 6,5 unités pH et inférieur ou égal à 9 unités pH ; cette obligation ne s'applique pas aux eaux conditionnées non minérales.

3. Pour les substances suivantes, les valeurs des concentrations doivent être inférieures ou égales aux valeurs indiquées ci-après :

- chlorures .....	200 mg/l (Cl)
- sulfates .....	250 mg/l (SO <sub>4</sub> )
- magnésium .....	50 mg/l (Mg)
- sodium .....	150 mg/l (Na)
	avec un percentile de 80
- potassium .....	12 mg/l (K)
- aluminium total .....	0,2 mg/l (Al)

( A l'exception des eaux ayant subi un traitement thermique pour la production d'eau chaude, pour lesquelles la valeur de 0,5 mg/l (Al) ne doit pas être dépassée.)

4. La quantité de résidus secs, après dessiccation à 180° C, doit être inférieure ou égale à 1 500 mg/l.

C) PARAMETRES CONCERNANT DES SUBSTANCES INDESIRABLES.

1. Pour les substances suivantes, les valeurs des concentrations doivent être inférieures ou égales aux valeurs indiquées ci-après :

- nitrates .....	50 mg/l (NO <sub>3</sub> )
- nitrites .....	0,1 mg/l (NO <sub>2</sub> )
- ammonium .....	0,5 mg/l (NH <sub>4</sub> )
- azote Kjeldahl .....	1 mg/l (en N),

N de NO<sub>3</sub> et NO<sub>2</sub> exclus

2. L'oxydabilité au permanganate de potassium (KMnO<sub>4</sub>), mesurée après 10 minutes en milieu acide, à chaud, doit être inférieure ou égale à 5 mg/l en oxygène.

3. La teneur en hydrogène sulfuré doit être telle que ce composé ne soit pas détectable organoleptiquement.

4. La valeur de la concentration en hydrocarbures dissous ou émulsionnés, après extraction au CCl<sub>4</sub>, doit être inférieure à 10 microgrammes par litre.

5. La teneur en phénols doit être telle que les composés ne soient pas détectables organoleptiquement après ajout de chlore. En cas de détection, la concentration en phénols, exprimés en indice phénol C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>OH, doit être inférieure ou égale à 0,5 /ug/l. les phénols naturels ne réagissant pas au chlore étant exclus.

6. Pour les substances suivantes, les valeurs de concentrations doivent être inférieures ou égales aux valeurs indiquées ci-après :

- agents de surface réagissant au bleu de méthylène .....	200 /ug/l (exprimés en lauryl-sulfate)
- fer .....	200 /ug/l (Fe)
- manganèse .....	50 /ug/l (Mn)
- cuivre .....	1 mg/l (Cu)
- zinc .....	5 mg/l (Zn)
- phosphore .....	5 mg/l (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )
- argent .....	10 /ug/l (Ag)

7. La teneur en fluor doit être inférieure à 1 500 microgrammes par litre (F) pour une température moyenne de l'aire géographique considérée comprise entre 8°C et 12°C et à 700 microgrammes par litre (F) pour une température moyenne de l'aire géographique considérée comprise entre 25°C et 30°C. Pour les températures moyennes comprises entre 12°C et 25°C, la teneur limite en fluor est calculée par interpolation linéaire.

D) PARAMETRES CONCERNANT DES SUBSTANCES TOXIQUES

Pour les substances suivantes, les valeurs des concentrations doivent être inférieures ou égales aux valeurs indiquées :

- arsenic .....	50 /ug/l (As)
- cadmium .....	5 /ug/l (Cd)
- cyanures .....	50 /ug/l (CN)
- chrome total .....	50 /ug/l (Cr)
- mercure .....	1 /ug/l (Hg)
- nickel .....	50 /ug/l (Ni)
- plomb .....	50 /ug/l (Pb)
- antimoine .....	10 /ug/l (Sb)
- sélénium .....	10 /ug/l (Se)

- hydrocarbures polycycliques aromatiques (H.P.A.) :

* pour le total des 6 substances suivantes :	0,2 /ug/l
fluoranthène,	
benzo (3,4) fluoranthène,	
benzo (11,12) fluoranthène,	
benzo (3,4) pyrène,	
benzo (1,12) pérylène,	
indéno (1,2,3-cd) pyrène.	
* benzo (3,4) pyrène .....	0,01 /ug/l

E) PARAMETRES MICROBIOLOGIQUES

1. L'eau ne doit pas contenir d'organismes pathogènes, en particulier de salmonelles dans 5 litres d'eau prélevée, de staphylocoques pathogènes dans 100 millilitres d'eau prélevée, de bactériophages fécaux dans 50 millilitres d'eau



prélevée et d'entérovirus dans un volume ramené à 10 litres d'eau prélevée.

2. 95% au moins des échantillons prélevés ne doivent pas contenir de coliformes dans 100 millilitres d'eau.

3. L'eau ne doit pas contenir de coliformes thermotolérants et de streptocoques fécaux, dans 100 millilitres d'eau prélevée.

4. L'eau ne doit pas contenir plus d'une spore de bactéries anaérobies sulfito-réductrices par 20 millilitres d'eau prélevée.

5. Lorsque les eaux sont livrées sous forme conditionnée, le dénombrement des bactéries aérobies revivifiables, à 37° C et après 24 heures, doit être inférieur ou égal à 20 par millilitre d'eau prélevée ; à 22° C et après 72 heures, il doit être inférieur ou égal à 100 par millilitre d'eau prélevée. L'analyse est commencée dans les 12 heures suivant le conditionnement.

(Décret n° 90-330 du 10 avril 1990) -

"F) PESTICIDES ET PRODUITS APPARENTES

Pour les insecticides organochlorés persistants, organophosphorés et carbamates, les herbicides, les fongicides, les P.C.B. et P.C.T., les valeurs des concentrations doivent être inférieures ou égales aux valeurs indiquées ci-après :

a) par substance individualisée ...	0,1 /ug/l
à l'exception des substances suivantes :	
- aldrine et dieldrine .....	0,03 /ug/l
- hexachlorobenzène .....	0,01 /ug/l
b) pour le total des substances mesurées .....	0,5 /ug/l

G) PARAMETRES CONCERNANT LES EAUX ADOUCIES OU DEMINERALISEES LIVREES A LA CONSOMMATION HUMAINE

Les eaux adoucies ou déminéralisées livrées à la consommation humaine doivent satisfaire, en outre, aux exigences suivantes :

1. La dureté totale ne doit pas être inférieure à 15 degrés français.

2. L'alcalinité ne doit pas être inférieure à 2,5 degrés français.

Ces dispositions ne sont pas applicables aux eaux adoucies ou déminéralisées ayant subi un traitement thermique pour la production d'eau chaude.

(Décret n° 90-330 du 10 avril 1990) -

"- A N N E X E I.2 -

AUTRES REFERENCES DE QUALITE DES EAUX DESTINEES A LA CONSOMMATION HUMAINE

Les dispositions du troisième alinéa de l'article 2 s'appliquent lorsqu'est constatée l'une des situations suivantes :

1. La composition de l'eau, notamment sa teneur en anhydride carbonique libre et sa concentration en ions hydrogène, la rend agressive au carbonate de calcium.

2. La conductivité s'écarte de 400 µS par centimètre à 20°C.

3. Lors de traitement de l'eau avec des produits contenant des silicates, l'augmentation de la teneur en silicates dépasse 10 mg/l (SiO<sub>2</sub>).

4. La teneur en calcium est supérieure à 100 mg/l.

5. La valeur de saturation de l'oxygène dissous est inférieure ou égale à 75 %, excepté pour les eaux souterraines.

6. La concentration en carbone organique total augmente par rapport à la concentration habituelle.

7. Le résidu sec des substances extractibles au chloroforme à pH neutre est supérieur à 0,1 mg/l.

8. La teneur en bore est supérieure à 1 000 µg/l.

9. La teneur en composés organochlorés, autres que les pesticides et les produits apparentés, est supérieure à 1 µg/l.

10. La teneur en chlore résiduel est supérieure à 0,1 mg/l.

11. La teneur en baryum est supérieure à 100 µg/l.

12. Le dénombrement des germes totaux pour les eaux autres que conditionnées fait apparaître plus de 10 germes par millilitre à 37°C ou plus de 100 germes par millilitre à 22°C. Ces valeurs sont ramenées respectivement à 2 germes et 20 germes par millilitre pour les eaux désinfectées à la sortie des stations de traitement.

13. L'eau contient des organismes parasites, des algues, d'autres éléments figurés (animalcules) ou des matières en suspension."



## 6. LA FIXATION DES NORMES : LA SIGNIFICATION DES VALEURS ASSOCIEES A UN PARAMETRE

Le premier objectif visé lors de la fixation des limites de qualité des eaux destinées à la consommation humaine est de préserver la santé des consommateurs. Mais les valeurs associées à chacun des 62 paramètres n'ont pas été établies exclusivement sur des arguments sanitaires.

En effet, différentes contraintes, autres que celles liées à la protection de la santé publique, ont également été prises en compte pour des raisons techniques ou économiques.

Les limites de qualité des eaux destinées à la consommation humaine existant en France sont issues des directives européennes n° 75-440, 79-869 et 80-778.

Au cours des temps, ces normes ont évolué, par suite des progrès des connaissances médicales et aussi de ceux qui ont été accomplis dans le domaine de l'analyse chimique.

A la fin du siècle dernier, la lutte contre la typhoïde (maladie redoutable à l'époque) constituait une priorité sanitaire. L'accent était mis alors dans la réglementation sur la salubrité de l'eau, c'est-à-dire sur sa limpidité, sa saveur et sa bonne qualité bactériologique.

De nos jours, pour être distribuée, une eau doit satisfaire également à un certain nombre de critères physico-chimiques.

## 6. LA FIXATION DES NORMES

6.1. Valeurs directement liées au risque sanitaire :

6.1.1. Connaissance des mécanismes

6.1.2. Fixation des valeurs sanitaires

- \* microbiologie
- \* substances chimiques
- \* cas des mélanges de substances chimiques

6.2. Valeurs applicables à des paramètres témoins de contamination

6.3. Valeurs de protection du patrimoine

6.4. Autres critères de fixation des valeurs

6.5. Qualité des eaux superficielles destinées à la production d'eau alimentaire



Une recommandation de Bruxelles sur les canalisations

L'eau potable plombée  
L. O. Hardy  
2/1/95

La nouvelle est passée inaperçue... Mais c'est une véritable bombe à retardement que la Commission européenne vient de soumettre aux Etats membres. Une bombe qui menace prioritairement la France. Mercredi 4 janvier, l'exécutif bruxellois a proposé aux Quinze l'adoption de nouvelles normes pour l'eau potable. Des normes plus strictes, notamment sur le plomb dont la Commission, s'appuyant sur des études de l'Organisation mondiale de la santé (OMS), suggère de réduire la teneur de 50 à 10 microgrammes par litre d'eau. Qui n'y souscritait, tant sont ancrés dans les mémoires - et pas seulement des écologistes - les méfaits du saturnisme ?

Lancées par l'OMS à la fin des années 70, des études montrent, en effet, que des teneurs en plomb, plus faibles que celles admises jusque-là, peuvent avoir des conséquences psychiques néfastes, des retards dans le développement intellectuel des jeunes enfants qui ne boivent, longtemps, que cette eau là. « Nous n'avons pas de certitudes scientifiques absolues », reconnaissait au Salon Hydrotop 94, à Marseille en avril 1994, un spécialiste de l'OMS, mais elles sont suffisantes pour que nous recommandions de ramener à 10 microgrammes par litre en moyenne hebdomadaire, la teneur de l'eau potable en plomb. »

Une mesure d'un coût de 320 milliards de francs

L'OMS a donc adopté une nouvelle « valeur-guide » - en jargon technique -, dont les fonctionnaires de la Communauté européenne recommandent aujourd'hui l'adoption. A Marseille, certains n'hésitaient à souligner, en privé, leur souci de ne pas se voir reprocher, un jour, une quelconque négligence. Tous avaient en mémoire l'affaire du « sang contaminé ». Mais tous savaient aussi qu'en proposant aux Etats membres de réviser l'actuelle directive communautaire sur l'eau potable, ils ouvraient un dossier explosif.

Les problèmes techniques soulevés par l'adoption d'une norme aussi faible poseraient, en effet, d'énormes problèmes techniques et financiers. Elle contraindrait les Etats membres et les particuliers à changer toutes les conduites d'eau en plomb. Le coût de la mesure est chiffrée, par la Commission elle-même, à plus de 50 milliards d'écus, c'est à dire à... 328 milliards de francs ! 328 milliards de francs, certes étalés sur quinze ans, mais très inégalement partagés entre les Etats membres. L'Allemagne ou très peu de canalisations sont en plomb, serait épargnée. Outre-Manche, en revanche, le coût financier s'annonce énorme.

En France, ce sont, d'après de premières estimations, environ 4,5 millions de branchements qui seraient à refaire, dont un grand nombre dans les immeubles haussmanniens parisiens. La facture ? Tous les bruits circulent, tous les chiffres sont avancés, selon que l'interlocuteur souhaite ou, au contraire, combatte l'adoption de la norme. A la direction de l'eau du ministère de l'environnement, on parle de 10 à 50 milliards de francs. Chez certains professionnels, on évoque le chiffre de 80 milliards dont une grande part serait demandé aux particuliers, les petits branchements d'immeubles étant beaucoup plus souvent en plomb que les grandes canalisations.

En pétroles dans les « affaires » politico-financières, attaquées sur leur gestion, les compagnies d'eau s'affichent à l'idée de voir adopter de nouveaux textes, susceptibles d'accélérer encore la hausse du prix de l'eau (le Monde du 30 juin). Les préoccupations des ministères des finances, de l'environnement et de la santé s'annoncent divergentes. La France - et les autres Etats européens - doit-elle vraiment consacrer des sommes aussi importantes pour un danger encore mal mesuré. N'y a-t-il pas, même en santé publique, d'autres priorités ? Répondre à ces questions s'annonce difficile.

PIERRE-ANGEL GAY

1. Paramètres organoleptiques (Ex : Odeur)
2. Paramètres physico-chimiques liés à la structure naturelle des eaux (Ex : minéralisation totale, pH, ...)
3. Paramètres concernant les substances indésirables (Ex : nitrates, Fer, ...)
4. Paramètres concernant les substances toxiques (Ex : Mercure, benzopyrène, ...)
5. Paramètres microbiologiques
6. Pesticides et produits apparentés
7. Paramètres spécifiques aux eaux adoucies (Ex : la dureté ne doit pas être inférieure à 15° français)



De ce fait, les informations proviennent, le plus fréquemment, d'études faites sur des animaux. Ces études sont partielles du fait, d'une part, du nombre nécessairement limité d'animaux concernés et d'autre part, des doses administrées proportionnellement toujours plus importantes que celles auxquelles la population humaine est habituellement soumise. Il convient donc d'extrapoler les résultats obtenus à forte dose chez l'animal aux faibles expositions observées dans l'environnement humain : eau, air, aliments, ...

## 6.1. Valeurs directement liées au risque sanitaire

Les valeurs sont de plus en plus fixées, par référence aux recommandations de l'OMS.

Les conséquences défavorables pour la santé du fait de la consommation d'eau contaminée varient largement selon que la pollution est d'origine microbienne ou chimique, et même selon l'agent ou le composé en cause.

Les effets sur la santé peuvent se manifester à court terme (quelques heures à quelques semaines) pour une origine microbiologique et plutôt, en général, à moyen terme pour les composés chimiques.

### 6.1.1. Connaissances des mécanismes

Pour fixer les normes de qualité assurant une protection contre les risque de survenues de maladies hydriques, il est nécessaire de connaître les mécanismes en cause et plus particulièrement les relations existant entre les doses pouvant être présentes dans l'eau et les effets sur la santé (relation dose-effet).

Cette connaissance résulte d'études épidémiologiques ou cliniques menées sur des populations humaines. Il est, toutefois, souvent difficile d'évaluer correctement l'exposition réelle à laquelle ont été soumis les individus, et l'importance relative des différentes origines possibles du microbe ou du composé chimique étudié.



Cas des composés cancérigènes et génotoxiques :

Pour ces composés, il est considéré qu'il n'existe pas de seuil. L'objectif à atteindre devrait donc être l'absence de telles substances dans l'eau consommée. Or, on constate, dans certains cas, qu'il n'est pas possible d'y parvenir car par exemple :

- la substance est naturellement présente dans l'environnement ;
- la substance résultant d'une synthèse industrielle présente par ailleurs un intérêt important pour l'homme ou la collectivité ;
- la substance provient de dispositifs de traitement de l'eau permettant de lutter contre les dangers immédiats et graves pour la santé (sous-produits de la désinfection utilisés pour détruire les germes pathogènes).

Dans une telle situation, on cherche, pour différentes valeurs, à évaluer le risque pour la santé à partir de modèles mathématiques complexes, en considérant une consommation de deux litres par jour par individu pendant toute une vie (70 ans). En général, on retiendra une concentration permettant d'éviter, du fait de cette substance, une augmentation du nombre de cas de cancer supérieure à 1 pour 100.000 habitants (si l'objectif sanitaire retenu est 1 cas de cancer pour 10.000 habitants ou 1.000.000 d'habitants, la valeur est multipliée ou divisée par 10).

Par ailleurs, pour les substances chimiques, les effets peuvent être de deux natures :

\* effets non stochastiques : les effets sont directement liés aux doses absorbées (et souvent proportionnels). Toute la population exposée est soumise au même risque (à sensibilité identique) ;

\* effets stochastiques : les effets ne sont pas observés sur toute la population exposée, mais seulement sur certains sujets. L'augmentation de l'exposition n'accroît pas la gravité de la maladie, mais multiplie le nombre de cas incidents dans la population exposée (cas du risque cancérigène).

#### 6.1.2. Fixation des valeurs sanitaires :

Deux situations sont à distinguer selon qu'il s'agit de contaminations microbiennes ou résultant de substances chimiques.

##### 6.1.2.1. MICROBIOLOGIE :

L'objectif poursuivi est que l'eau ne contienne pas d'organismes pathogènes. Cette absence est à mesurer dans un volume plus ou moins important d'eau (0 salmonelle dans 5 litres d'eau, 0 staphylocoque pathogène dans 100 ml,...)

##### 6.1.2.2. SUBSTANCES CHIMIQUES :

La démarche retenue diffère selon qu'il existe ou non un seuil en dessous duquel il semble que la substance considérée n'ait pas d'effets défavorables pour la santé.



- la divisant par la quantité consommée par jour : 2 litres pour les adultes, 1 litre pour les enfants et 0,75 litre pour les jeunes enfants.

L'expression de la valeur sanitaire se résume donc à la formule suivante :

$$\text{Valeur sanitaire} = \frac{\text{D.J.T} \times \text{P} \times \text{F}}{\text{C}}$$

D.J.T : Dose Journalière Tolérable  
 P : Poids corporel  
 F : Fraction allouée à l'eau  
 C : Quantité d'eau consommée par jour

### 6.1.2.3. LE PROBLEME DES MELANGES :

Dans de nombreuses situations, plusieurs contaminants chimiques sont présents simultanément dans l'eau. Or, la détermination des valeurs est réalisée pour des substances individuelles sans tenir compte de la présence possible d'autres composés et donc des interactions potentielles.

Cependant, du fait des importants coefficients d'incertitude retenus pour la détermination des seuils et de l'improbable présence simultanée et en permanence à des niveaux proches des valeurs sanitaires de tous les polluants suspectés, on considérera que les calculs restent valables.

### Cas des autres composés :

Pour les autres composés, on détermine, à partir de données toxicologiques disponibles, soit la dose la plus élevée pour laquelle aucun effet défavorable n'a été observé pour la santé (No Observed Adverse Effect Level : N.O.A.E.L.), soit la dose la plus basse pour laquelle a été observé un effet défavorable pour la santé (Lowest Observed Adverse Effect Level : L.O.A.E.L.). Ces données sont exprimées en quantité de substances consommées par jour rapportée au poids.

### CALCUL DE LA VALEUR SANITAIRE :

Au vu de ces informations, une Dose Journalière Tolérable (D.J.T.) est alors établie en divisant cette valeur par un coefficient d'incertitude qui intègre :

- les variations rencontrées entre les individus d'une même espèce (sensibilité individuelle dans une population donnée) ;
- les variations entre les espèces (par exemple de l'animal à l'homme) ;
- du degré de connaissance disponible ;
- de la nature et de la gravité des effets

Ce coefficient peut varier de 1 à 1.000.

La valeur sanitaire applicable à l'eau est calculée, pour le groupe de population à priori le plus sensible, à partir de la D.J.T. en :

- la multipliant par le poids du consommateur (60 Kg pour un adulte, 10 Kg pour un enfant, 5 Kg pour un nourrisson) ;
- la multipliant par la fraction "allouée" à l'eau par rapport aux autres aliments, en général 10 %



Des paramètres chimiques peuvent également constituer des indicateurs de la présence possible d'autres substances plus dangereuses :

nitrates --> témoignage de la présence possible de produits phytosanitaires

substances organiques, bore ou sulfates  
--> infiltrations de jus de décharges, etc.

### 6.3. Valeurs de protection du patrimoine :

Ces valeurs visent deux objectifs :

- éviter la dégradation des installations par corrosion (cas de l'agressivité par exemple), phénomène qui pourra également dans certains cas libérer des substances toxiques (plomb, cadmium, etc)

- protéger la ressource selon l'idée que les éléments qui ne font pas partie de la composition naturelle de l'eau ne devraient pas y être retrouvés. En effet, Leur présence révèle non seulement l'existence d'une pollution d'origine humaine, mais peut également faire suspecter la présence d'autres substances qu'il n'est pas possible de rechercher systématiquement (par exemple, les pesticides et leurs produits de dégradation sur lesquels très peu d'informations sont disponibles).

Dans des situations particulières, lorsque les hypothèses ci-dessus ne sont pas respectées et que les effets toxicologiques de certaines substances simultanément présentes dans l'eau sont similaires, des dispositions particulières devront être prises. On considèrera, souvent, dans ces cas, que les effets toxiques des composés s'ajoutent.

### 6.2. Valeurs applicables à des paramètres témoins de contamination :

Pour certains éléments, notamment les germes pathogènes, la détection est délicate, longue, et les résultats trop tardifs pour permettre une réelle protection de la santé du consommateur. dans un objectif de prévention, il est possible de suivre des paramètres qui indiquent la présence possible des substances ou microbes dangereux. Dans ce cas, on identifie un risque potentiel qui peut, le cas échéant, être précisé ultérieurement en mettant en oeuvre des techniques d'analyses beaucoup plus élaborées.

A titre d'exemples, l'observation et le dénombrement de coliformes fécaux dans une eau traduisent l'existence d'une contamination par des matières fécales pouvant contenir des germes dangereux. Par contre, l'absence de ces germes, choisis pour leurs caractéristiques (résistance, comportement, ...) proches de celles des germes pathogènes, indique l'inexistence probable d'une pollution par des eaux usées et donc l'absence vraisemblable de microorganismes dangereux. Dans le cas présent, ces germes (essentiellement streptocoques et coliformes fécaux), permettent donc d'évaluer indirectement la pollution microbiologique. Ils sont souvent dénommés : Germes-test ou témoins de contamination fécale. Ils constituent donc des indicateurs de pollution.



L'ensemble des valeurs associées aux paramètres définissant la conformité d'une eau destinée à la consommation humaine est présenté dans l'annexe I.1 du décret du 3 janvier 1989. On observe l'existence de valeurs limites, en fait de normes qui ne doivent pas être dépassées, et de valeurs de référence pour lesquelles un dépassement impose la mise en oeuvre d'investigations complémentaires. (renforcement du contrôle, ...).

Ainsi, en fonction de ces indications sont fixés, pour certains de ces paramètres :

**CMA** : Concentration Maximale Admissible :  
annexe III (Valeur limite impérative à ne jamais dépasser)

**NG** : Niveau Guide : Annexe I  
(Seuil idéal qu'il ne faudrait pas dépasser)

#### 6.4. Autres critères de fixation de valeurs :

Beaucoup d'autres facteurs participent à l'élaboration de ces valeurs. Citons par exemple :

- Des valeurs d'acceptabilité : au-delà des exigences mentionnées ci-dessus, notamment le fait que l'eau ne doit pas présenter de risques pour la santé des consommateurs, elle doit également être acceptée. C'est l'objectif des paramètres organoleptiques.

- Des valeurs technologiques : certains paramètres ont pour objectif de vérifier que des moyens techniques mis en oeuvre pour la production d'une eau conforme fonctionnent dans de bonnes conditions (par exemple : turbidité, teneur en désinfectant résiduel, ...)

- Des valeurs correspondant aux seuils de détection analytique : lorsque l'on souhaite, soit pour des raisons sanitaires, soit dans le cadre de la protection générale des ressources en eau, l'absence totale d'un polluant ou la teneur la plus faible possible, les seuils de détection analytique sont parfois utilisés comme valeur associée (norme).



**6.5. Qualité des eaux superficielles destinées à la production d'eau alimentaire (Annexe 1.3. du décret du 3 janvier 1989).**

Un certain nombre de paramètres organoleptiques et physico-chimiques définissent les caractéristiques des eaux brutes utilisées pour la production d'eaux destinées à la consommation humaine (valeurs guidées et impératives). Les valeurs indiquées diffèrent selon le traitement appliqué en vue de la potabilisation.

- niveau A1 : traitement physique simple de désinfection ;
- niveau A2 : traitement normal physique, chimique et désinfection ;
- niveau A3 : traitement physique, chimique poussé, affinage et désinfection.

Par ailleurs, lorsque la qualité de l'eau brute dépasse certaines limites fixées dans l'annexe 1.3. l'eau ne peut être utilisée qu'après consultation du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France par le Préfet et qu'aux conditions suivantes :

- un traitement adapté doit être mis en oeuvre ;
- un plan de gestion des ressources en eau allant dans le sens d'une amélioration doit être engagé.

Par ailleurs, le programme de contrôle sanitaire des eaux doit être renforcé.

Pour chacune de ces situations, qui doivent rester exceptionnelles, un dossier justifiant les décisions prises doit être transmis par l'administration à la C.E.E.

Pour certains de ces paramètres sont fixés des :

**CMA : Concentration Maximale Admissible : annexe III  
(Valeur limite impérative à ne jamais dépasser)**

**NG : Niveau Guide : annexe I  
(Seuil idéal qu'il ne faudrait pas dépasser)**



## 7. REALISATION DES PRELEVEMENTS (article 11 du décret du 3 janvier 1989)

Il s'agit d'une opération délicate à laquelle il faut apporter le plus grand soin. En effet, la qualité du prélèvement conditionne le résultat de l'analyse et son interprétation.

En général, le préleveur n'est pas la personne qui réalise l'analyse ; il faut donc le sensibiliser sur l'importance des conditions du prélèvement, en lui expliquant que les résultats ne seront exploitables que si le prélèvement a été effectué dans des conditions correctes.

L'article 11 du décret du 03/01/89 prévoit que s'il s'agit d'une analyse officielle effectuée dans le cadre de la loi, le prélèvement doit être réalisé uniquement par :

- un agent de la D.D.A.S.S.
- un agent du laboratoire agréé par la D.D.A.S.S. (agrément renouvelé chaque année).
- agent du service communal d'hygiène. (si le service exerçait un contrôle sur la qualité des eaux avant le 1<sup>er</sup> janvier 1984).

**En aucun cas l'exploitant ne peut assurer cette tâche**

## Réalisation des prélèvements d'eau

1. Types de prélèvement
2. Modes de prélèvement
3. Matériel de prélèvement
4. Techniques de prélèvement
5. Transport
6. Etiquetage
7. Tarif



### Prélèvement à la source :

Il convient de dégager le point d'émergence de l'eau et de préparer une rigole la plus profonde possible. Amener du sable pour créer un petit bassin. Laisser le tout au repos 48 heures et ensuite prélever l'eau le plus soigneusement possible, en évitant de remettre les trappes en suspension.

### A la pompe :

Le prélèvement ne doit être effectué qu'au terme d'une séance de pompage ininterrompue de 30 heures au moins.

### Eau de robinet :

Il faut éliminer les intermédiaires qui peuvent perturber la qualité de l'eau (brise-jet) et débarasser le robinet des dépôts calcaires. Faire couler l'eau 10 minutes avant le prélèvement. S'il s'agit d'une analyse bactériologique, flamber le robinet une minute avant de recueillir l'eau.

## 7.1 Types de prélèvements

Il existe deux types de prélèvements :

\* Prélèvement instantané : reflet à un moment donné de la composition de l'eau. Pour mieux apprécier la pollution, on effectue plusieurs prélèvements à des moments différents.

\* Prélèvements en continu : grâce à des dispositifs automatiques. On obtient une représentation moyenne de la qualité de l'eau, qui écreète l'amplitude des variations.

7.2 Les techniques de prélèvement varient en fonction de l'origine de l'eau

### Eau de surface : (lac, rivière,...)

On recueille de l'eau située à une certaine distance du fond (50 cm environ) mais aussi à une certaine distance de la surface et assez loin des rives, en dehors des obstacles et remous naturels, en évitant la remise en suspension des dépôts qui peuvent exister. On effectue des prélèvements à différents endroits et à différentes profondeurs de façon à analyser tout le plan d'eau.

### Eau souterraine :

Au préalable, il faut confectionner un accès puis respecter un laps de temps entre cette manoeuvre et le prélèvement de l'eau (environ 10 jours). Pendant ce laps de temps, il faut protéger le puits d'accès contre d'éventuelles contaminations. Si possible, effectuer des prélèvements à différentes profondeurs.



## 7.4 Modes de prélèvement

- rincer trois fois de suite le flacon avec l'eau à analyser
- remplir le flacon à ras bord, en plaçant le bouchon de façon à ne pas coincer de bulles d'air ; vérifier que le flacon est bien fermé
- pour l'analyse bactériologique, utiliser un flacon stérile (1 heure d'autoclavage à 120 °C)
- prélever au minimum trois flacons de 500 ml d'eau, dont l'un sera réservé à l'analyse bactériologique, l'autre à l'analyse physicochimique et le troisième à une éventuelle contre-expertise.
- l'échantillon destiné à l'analyse bactériologique correspond au premier flacon collecté pour éviter tout risque de contamination du point de collecte.
- en cas d'analyse "complète" (C3) ou "particulière" (C4), effectuer un prélèvement plus important (5 litres si possible répartis en flacon de 500 ml)
- si l'eau à analyser est traitée par le chlore (eau des réseaux de distribution publique), le chlore doit être neutralisé en effectuant le prélèvement dans un flacon contenant une solution stérile de thiosulfate de sodium à 10 % (introduire cette solution dans le flacon avant sa stérilisation).
- si l'analyse concerne essentiellement les cations métalliques, le prélèvement doit être effectué en milieu acide pour éviter l'adsorption d'éléments métalliques sur les parois du flacon (1 ml d'acide chlorhydrique par litre d'eau à analyser).

## 7.3 Matériel de prélèvement

Il doit faire l'objet d'une attention particulière :

Flacon en verre borosilicaté de 500 ml, avec fermeture à l'émeri de préférence. Sinon, flacon de téflon lavé à l'eau distillée.

Les flacons en plastique ordinaire du type polyéthylène sont déconseillés car ils peuvent relarguer des substances ou au contraire fixer les polluants.

Le récipient doit être propre : lavage avec de l'acide nitrique au 1/10 pendant 24 heures. (2 lavages à 24 heures d'intervalle), puis rinçage à l'eau distillée.

Bannir tout détergent susceptible d'introduire des phosphates.

Eviter le nettoyage au mélange sulfo-chronique car le chrome est facilement absorbé par le verre.



- débit approximatif
- géologie des terrains traversés avec si possible indication sur l'origine de l'eau
- aspects particuliers :
  - \* couleur
  - \* turbidité
  - \* température de l'eau à l'émergence
- éventuellement renseignements complémentaires

## 7.5 Transport

Il faut se placer dans les meilleures conditions de transport et de conservation possible : pour ce faire, placer les prélèvements entre 4 et 6 ° C (réfrigérateur) et raccourcir les délais de transport au maximum : l'analyse doit être effectuée dans les huit heures qui suivent le prélèvement.

Eviter le soleil et la lumière.

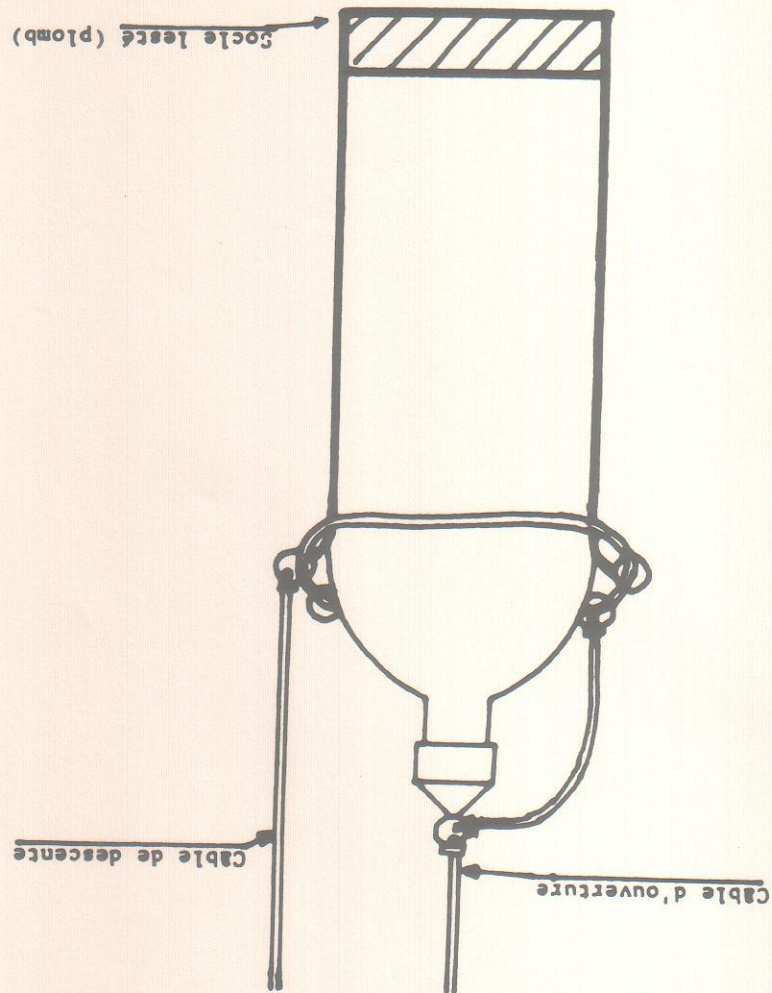
## 7.6 Etiquetage

Rédiger une fiche de prélèvement.

Les textes officiels prévoient de noter :

- identité du préleveur
- date du prélèvement
- autorité qui a demandé l'analyse (DRASS, bureau d'hygiène ou particulier,...)
- motif de la demande (analyse initiale, périodique, recherche de polluants particuliers,...)
- usage de l'eau (boisson, lavage, industrie,...)
- type de traitement qu'a subi l'eau (ozone, chlore, antiseptique,...)
- nom de la localité et du lieu du prélèvement (indication la plus précise possible)





Realiser une fiche de prélèvement.

Les textes officiels prévoient de noter :

- identité du préleveur
- date du prélèvement
- autorité qui a demandé l'analyse (DRASS, bureau d'hygiène ou particulier,...)
- motif de la demande (analyse initiale, périodique, recherche de polluants particuliers,...)
- usage de l'eau (boisson, lavage, industrie,...)
- type de traitement qu'a subi l'eau (ozone, chlore, antiseptique,...)
- nom de la localité et du lieu du prélèvement (indication la plus précise possible)
- débit approximatif
- géologie des terrains traversés avec si possible indication sur l'origine de l'eau



**Analyse d'une eau destinée à la  
Consommation Humaine**

**1. Paramètres organoleptiques**

- couleur
- turbidité
- odeur
- saveur

**2. Paramètres physicochimiques liés à la structure naturelle des eaux**

- température
- pH
- résidu sec
- conductimétrie
- radioactivité

**3. Concentrations en éléments minéraux liés à la structure naturelle des eaux**

**3.1. Gaz dissous :**

- oxygène
- gaz carbonique et équilibre calco-carbonique

**3.2. Dureté de l'eau**

**3.3. Eléments minéraux "naturels" dissous**

PARAMÈTRES	LIMITE DE DÉTECTION (1)	PRÉCISION ± (2)	EXACTITUDE ± (3)
Coliformes fécaux/100 ml.	2 200 selon les catégories d'eau	-	-
Streptocoques fécaux/100 ml.	2 200 selon les catégories d'eau	-	-
Salmonelles.	1/5000 ml 1/1000 ml selon les catégories d'eau	-	-

(1) Limite de détection : valeur minimale du paramètre examiné qui peut être détectée.  
 (2) Précision : intervalle dans lequel 95 p. 100 des résultats des mesures effectuées sur un même échantillon et en employant la même méthode sont trouvés.  
 (3) Exactitude : différence entre la valeur réelle du paramètre examiné et la valeur moyenne expérimentale obtenue.



## 8.1. Paramètres organoleptiques :

La détermination

de la couleur  
de la turbidité  
de l'odeur  
de la saveur

ne fait pas appel à des techniques très rigoureuses. Elle n'est cependant pas à négliger car non seulement elle permet de prévoir l'agrément qu'aura le consommateur, utilisateur de l'eau, mais encore elle sert d'indicateur de certaines pollutions.

### 8.1.1. Couleur :

La coloration d'une eau est due soit à des causes naturelles (composés ferreux, argiles, acides humiques,...), soit à des causes accidentelles.

On distingue la coloration vraie ou réelle de l'eau, de la coloration apparente.

**Coloration apparente** : due aux substances en suspension dans l'eau. Elles donnent une certaine turbidité à l'eau en ajoutant leur propre coloration initiale.

**Coloration vraie** : due aux substances en solution dans l'eau à l'exclusion de toutes les particules en suspension.

Il faut centrifuger l'eau pour faire la différence.

On peut comparer la couleur de l'eau avec des gammes étalons d'intensité croissante de platinate de potassium qui reproduit au mieux la couleur naturelle de l'eau (normes AFNOR). L'eau potable ne doit pas dépasser 15 mg/litre de chloroplatinate de potassium.

## 4. Concentration en éléments minéraux toxiques

### 5. Substances azotées :

- azote total
- ammonium
- nitrates
- nitrites

### 6. Substances organiques :

- demande chimique en oxygène
- demande biochimique en oxygène
- test de putrescibilité au bleu de méthylène
- dosages spécifiques des composés organiques

### 7. Paramètres microbiologiques :

- recherche et dénombrement de germes totaux
- recherche et dénombrement des coliformes totaux
- recherche et dénombrement des coliformes fécaux
- recherche et dénombrement des streptocoques fécaux
- recherche et dénombrement des clostridium sulfite réducteurs
- recherche germes pathogènes : salmonelle, staphylocoque, bactériophage, enterovirus

### 8. Caractéristiques hydrobiologiques des eaux :



### 8.1.3. Odeur et saveur :

Une eau destinée à l'alimentation humaine doit être inodore et avoir "bon goût".

En effet, toute odeur et tout mauvais goût sont un signe de pollution ou de la présence de matières organiques en décomposition. Ces substances sont en général en quantités si minimes qu'elles ne peuvent être mises en évidence par des méthodes analytiques classiques, seul le sens olfactif et gustatif peut dans une certaine mesure les déceler.

Pour ce faire, on fait appel à des goutteurs d'eau dont les palais, qui ont été sélectionnés au moyens d'épreuves rigoureuses, concurrencent aisément les sensibilités des méthodes analytiques les plus modernes.

Un gouteur d'eau effectue dix dégustations en moyenne par jour.

Par ailleurs, le gouteur d'eau donne un avis très rapidement

Il existe deux méthodes pour déguster l'eau :

- l'une est basée sur les seuils de goût (normes AFNOR) : on mesure la disparition de la sensation d'odeur et de saveur de l'eau à tester qui est diluée progressivement avec de l'eau faiblement minéralisée (en général eau d'Evian) à 12° C et à 25 ° C

Si l'odeur et la saveur n'ont pas disparu à la deuxième dilution à 12 °C ou à la troisième dilution à 25 °C, l'eau n'est pas conforme

### 8.1.2. Turbidité :

La turbidité de l'eau est due à la présence de matières en suspension finement divisées (particules de 1 à 2 mm de diamètre) : argiles, limon, matières organiques, etc,...

L'appréciation de l'abondance de ces matières mesure son degré de turbidité, qui sera d'autant plus faible que le traitement de l'eau aura été plus efficace.

Par ailleurs, ces particules diminuent l'efficacité des désinfectants chimiques (chlore, ozone,...) d'une part en consommant une forte proportion des doses ajoutées, et d'autre part en protégeant les microorganismes de leur activité.

La turbidité peut être évaluée par de nombreuses méthodes qui sont pratiquées suivant les nécessités, sur le terrain ou au laboratoire. On utilise alors un turbidimètre optique, en comparant la turbidité de l'eau avec la turbidité d'une solution "étalon", soit de gomme mastic, soit de silice, soit de formazine.

Le Ministère de la Santé a retenu la méthode Jackson à la formazine : la turbidité doit être inférieure à 2 unités Jackson.

Remarque : une eau très claire ne garantit pas l'absence de germes pathogènes et inversement, une eau trouble peut contenir très peu de germes.

Le pouvoir colmatant : la seule mesure de la turbidité ne permet pas d'apprécier la charge planctonique contenue dans l'eau de surface. Les planctons peuvent en effet colmater les filtres, d'où l'intérêt de connaître le pouvoir colmatant des eaux.

On filtre l'eau sur une toile spéciale, on mesure le volume d'eau nécessaire pour colmater la toile en un temps donné. (eau de boisson, eau filtrée : 100 litres, eau préfiltrée : 2 à 10 litres, eau de rivière : inférieur à 2 litres).



- la seconde méthode est celle des profils de flaveur où un panel de 5 à 6 goûteurs vont quantifier et qualifier les caractéristiques de l'eau, au moyen de 40 "descripteurs" assortis de 8 niveaux d'intensité chacun :

Les caractéristiques qui reviennent le plus souvent sont le goût de terre et le goût chloré ; mais on trouve aussi le goût de moisi, produit pharmaceutique, vase, hydrocarbure, de poissons, de soufre,...

Un descripteur n'est retenu que s'il est donné par au moins la moitié du panel des goûteurs

## 8.2. Paramètres physicochimiques globaux liés à la structure naturelle des eaux :

### 8.2.1. Température :

Mesure faite sur le terrain.

Si l'eau est souterraine : utiliser des thermomètres à minima ou maxima ; la température idéale doit se trouver entre 12 °C et 15 °C pour une eau potable.

Cette température doit être stable et constante : toute variation brutale de la température d'une nappe souterraine est un signe de pollution par des nappes superficielles.

Si l'eau est superficielle : la température dépend beaucoup des conditions environnantes, donc elle est plus difficile à déterminer.

Une eau considérée comme potable à une température inférieure à 25°C

Nature de la saveur ou du goût	Remarques
Saveur acide Saveur amère Saveur salée Saveur sucrée Saveur salée et amère Goût bicarbonaté, alcalin Goût métallique Goût chloré Goût d'hydrocarbures Goût de mandarine Goût pharmaceutique Goût de chlorophénol Goût de terre Goût de vase Goût de marée  Goût de moisi Goût de bouchon moisi	sulfates-chlorures  eau magnésienne type eau de Vichy fer, manganèse, cuivre...  traces d'hydrocarbures oxydation de traces d'hydrocarbures produits organiques chlorophénol eaux de zones calcaires eaux des étangs, eaux stagnantes poissons, métabolites de certains organismes du plancton moisissures, champignons inférieurs, levures herbicides, pesticides



Des variations importantes, supérieures à 10 %, sont le signe de pollution de la nappe contrôlée.

La technique des cendres sulfuriques basée sur l'incinération du résidu sec à 500°C en présence d'acide sulfurique, détruisant uniquement les substances organiques, permet de connaître la part minérale du résidu sec (sulfates, et nitrates ne sont pas détruits par cette technique).

#### 8.2.4. Conductimétrie :

Permet également d'évaluer la minéralisation globale de l'eau et de suivre son évolution.

Des formules sont proposées pour donner, à partir de la conductimétrie, une appréciation de la minéralisation totale.

Conductivité souhaitable d'une eau de boisson	400 microSiemens/cm à 20°C
Valeur limite à ne pas dépasser pour une eau de boisson	2000 microSiemens
Eau fraîchement distillée	0,5 à 2 microSiemens
Eau faiblement minéralisée (eau d'Evian)	100 à 200 microSiemens

La conductivité d'une eau est stable et une variation importante est témoin d'une contamination.

Cette technique permet de déterminer le lieu d'une fuite éventuelle sur une canalisation, en mesurant de place en place la conductivité de l'eau.

#### 8.2.2. pH :

Mesure à effectuer sur le terrain soit par potentiométrie, soit par calorimétrie.

Le pH doit être compris entre 6,5 et 9

Le pH de l'eau peut devenir acide par dissolution de gaz carbonique de l'air ou devenir alcalin au contact de la chaux présente dans le sol.

La mesure du pH complète les indications fournies par le dosage du gaz carbonique, du carbonate de calcium, du silicate de sodium, etc... Toute variation brutale de pH d'une eau souterraine est un indice certain de pollution par des nappes superficielles.

Une eau trop acide est agressive vis-à-vis des canalisations (dissolution des métaux) et une eau trop alcaline peut favoriser le dépôt de tartre.

#### 8.2.3. Résidu sec :

Il s'agit du dosage global des éléments dissous minéraux et organiques.

La méthode officielle se contente de la détermination du résidu sec après dessiccation à 180 °C pendant 4 heures, qui donne une indication sur la concentration de l'ensemble de matières minérales et substances organiques dissoutes (sauf carbonates et bicarbonates qui sont volatilisés).

Le résidu sec doit être inférieur ou égal à 1500 mg/litre



TABLEAU DE CALCUL DE LA MINÉRALISATION A PARTIR DE LA CONDUCTIVITÉ

Conductivité ( $\mu\text{S/cm}$ )	Minéralisation (mg/l)
Conductivité inférieure à 50 $\mu\text{S/cm}$ . . . . .	$1,365\,079 \times \text{conductivité}$ ( $\mu\text{S/cm}$ ) à 20 °C
Conductivité comprise entre 50 et 166 $\mu\text{S/cm}$	$0,947\,658 \times \text{conductivité}$ ( $\mu\text{S/cm}$ ) à 20 °C
Conductivité comprise entre 166 et 333 $\mu\text{S/cm}$	$0,769\,574 \times \text{conductivité}$ ( $\mu\text{S/cm}$ ) à 20 °C
Conductivité comprise entre 333 et 833 $\mu\text{S/cm}$	$0,715\,920 \times \text{conductivité}$ ( $\mu\text{S/cm}$ ) à 20 °C
Conductivité comprise entre 833 et 10 000 $\mu\text{S/cm}$ . . . . .	$0,758\,544 \times \text{conductivité}$ ( $\mu\text{S/cm}$ ) à 20 °C
Conductivité supérieure à 10 000 $\mu\text{S/cm}$ . . . . .	$0,850\,432 \times \text{conductivité}$ ( $\mu\text{S/cm}$ ) à 20 °C

<b>Conductivité souhaitable d'une eau de boisson</b>	<b>400 microSiemens/cm à 20 °C</b>
<b>Valeur limite à ne pas dépasser pour une eau de boisson</b>	<b>2000 microSiemens</b>
<b>Eau fraîchement distillée</b>	<b>0,5 à 2 microSiemens</b>
<b>Eau faiblement minéralisée (eau d'Evian)</b>	<b>100 à 200 microSiemens</b>



#### 8.2.5.2. Radioactivité permanente :

Elle est essentiellement imputable au Radium qui est un émetteur Beta et Alpha.

Lorsqu'on observe une radioactivité supérieure aux limites fixées par l'OMS, lors de mesures répétées à des moments différents, l'eau ne doit pas être utilisée (eau non potable et non utilisable pour l'arrosage des végétaux,...) ; il faut alors rechercher le radioisotope à l'origine de cette radioactivité par détermination de sa période (analyse spécifique).

#### 8.2.5.4. Origine de la radioactivité :

**Naturelle** : toutes les roches étant plus ou moins radioactives, les eaux sont donc faiblement radioactives par dissolution des ions constitutifs des sols.

Les composés à l'origine de cette radioactivité naturelle sont principalement : le potassium 40 (émetteur Beta), le Radium, le Radon.

**Accidentelle** : on peut avoir une contamination des eaux par des retombées radioactives (dues à des explosions nucléaires de surface) ou par rejet dans les eaux de déchets radioactifs. (Ex : centrale nucléaire, centre de recherche,...)

Le strontium 90 est très dangereux car il a une période très longue (30 ans) et se fixe au niveau des os comme le calcium. Son absorption digestive est aisée.

Le strontium est un émetteur Beta qui irradie la moelle osseuse et va provoquer des hémopathies graves.

#### 8.2.5. Radioactivité :

Avant de mesurer la radioactivité, il faut filtrer les eaux : les études porteront à la fois sur le filtrat et sur l'eau filtrée ; l'eau filtrée est ensuite acidifiée pour éviter la formation de dépôts calcaires lors de la concentration par évaporation pour obtenir un résidu sec.

Le résidu sec est soumis au comptage Alpha et Beta.

Les valeurs indicatives de l'OMS sont pour un sujet adulte buvant 2 litres d'eau par jour :  
0,1 Becquerel pour l'activité Alpha  
1 Becquerel pour l'activité Beta

#### 8.2.5.1. Radioactivité temporaire :

Elle est imputable au Radon, sous forme d'émanation gazeuse qui se dégage dès que l'eau arrive au contact de l'air.

Le Radon émet des rayonnements Alpha et Gamma. Pour effectuer le comptage des rayonnements ALPHA, il faut faire une extraction.

Le comptage des Gamma s'effectue directement par une sonde à scintillation plongée dans l'eau et reliée à un spectromètre Gamma.

Cette recherche doit se faire directement à la source car le Radon se dégage très rapidement (période très courte : 3,5 jours).



### 8.3.1.1. Seul le dosage de l'oxygène dissous présente un intérêt certain :

- Méthode volumétrique : dans l'appareil d'ORSAT où chaque gaz est absorbé sélectivement. (gaz carbonique par la potasse et oxygène par le pyrogallate de potassium).

- Méthode titrimétrique : la technique la plus connue est celle de Winkler, consistant à oxyder l'hydrate manganéux, en hydroxyde manganique qui à son tour en milieu acide libère le chlore de l'acide chlorhydrique. Le chlore libéré est dosé par iodométrie ou par calorimétrie.

- Méthode électrochimique

- Méthode spectroscopique

Plus une eau est oxygénée, meilleure elle est  
Teneur normale en oxygène à 20 °C : 8,8 mg/litre  
Teneur minimum en oxygène d'une eau potable : 5mg/litre

Les eaux souterraines sont plus pauvres en oxygène (5 à 6 mg/litre) que les eaux de surface (8 à 9 mg/litre).

Intérêt industriel : si l'eau contient moins de 4 mg d'oxygène par litre, la couche de protection des canalisations due à la formation d'un dépôt de carbonate de calcium sera difficile à obtenir. Les canalisations subissent alors une corrosion due au CO<sub>2</sub> dissous.

### 8.3. Concentration en éléments minéraux liés à la structure naturelle des eaux :

La plupart des éléments minéraux sont présents à des concentrations relativement stables dans les eaux, en fonction de la structure géologique du bassin : aussi la valeur de leur présence et de leur concentration ne sont pas très significatives. Par contre, des variations brutales de taux peuvent signifier la présence d'apports polluants, car ceux-ci ne se font jamais régulièrement.

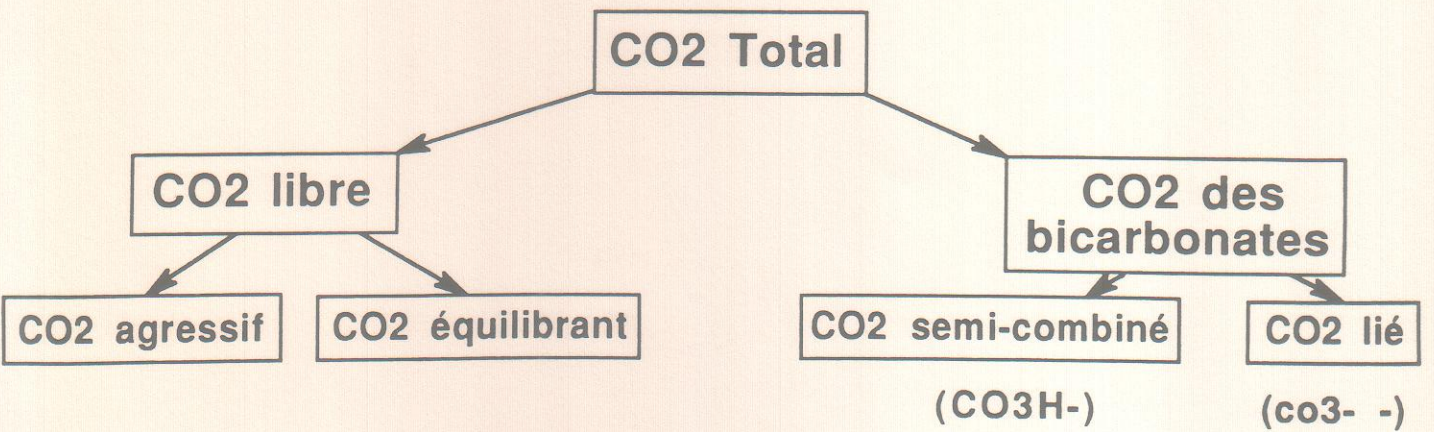
Les dosages spécifiques des éléments minéraux font appel aux méthodes analytiques classiques, si possible normalisées.

#### 8.3.1. Dosage des gaz dissous :

On peu faire :

- un dosage global
- un dosage spécifique de chaque gaz





Intérêt écologique : dans les eaux de surface, la concentration en oxygène est liée à l'activité biologique de l'eau.

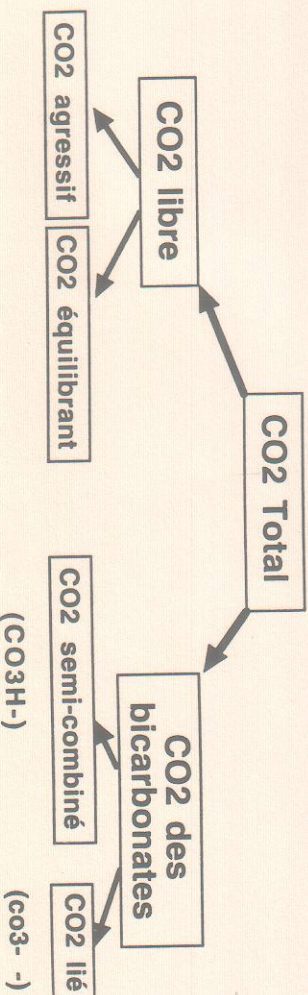
Une eau trop riche en phosphates, sulfates et nitrates, verra se développer une prolifération de la flore aquatique et de microorganismes, qui consommeront tout l'oxygène dissous ; on constate une disparition de la faune aquatique, pour des teneurs en oxygène inférieures à 3 mg/litre : c'est le phénomène d'eutrophisation des cours d'eau (d'où l'intérêt d'injecter de l'oxygène dans ces eaux "mortes" ; exemple du lac de Nantua, et des stations d'oxygénation installées le long de la Seine).

### 8.3.1.2 Gaz carbonique et équilibre calco-carbonique (agressivité, entartage)

Certaines eaux naturelles sont susceptibles part des phénomènes assez complexes de développer des réactions conduisant à la dissolution du carbonate de calcium ou à sa précipitation.

Ces phénomènes d'agressivité ou d'entartage dépendent principalement de trois facteurs : anhydride carbonique libre, alcalinité et pH. D'autres éléments comme les acides humiques, l'oxygène, l'hydrogène sulfuré, les sels, les microorganismes,...etc, peuvent intervenir pour la corrosion.

La répartition de l'anhydride carbonique dans les eaux est la suivante :





En considérant une eau contenant du CO<sub>2</sub> mise en contact avec du carbonate de calcium solide en excès, ce CaCO<sub>3</sub> est attaqué par le CO<sub>2</sub>. Au bout d'un certain temps, un équilibre physico-chimique se produit alors qu'il reste encore du CaCO<sub>3</sub> solide et du CO<sub>2</sub> dissous.



Il existe donc un équilibre de saturation du CaCO<sub>3</sub> et un pH de saturation du CaCO<sub>3</sub> puisque le pH dépend du rapport :

CO<sub>2</sub> libre / CO<sub>2</sub> des hydrogénocarbonates

Si la totalité d'anhydride carbonique contenue dans une eau est supérieure à la dose d'anhydride carbonique équilibrant, son excès constitue l'anhydride carbonique agressif. Ce dernier, en détruisant les carbonates, empêche le dépôt carbonaté protecteur sur les parois métalliques, en contact avec de telles eaux.

En considérant une eau contenant du CO<sub>2</sub> mise en contact avec du carbonate de calcium solide en excès, ce CaCO<sub>3</sub> est attaqué par le CO<sub>2</sub>. Au bout d'un certain temps, un équilibre physico-chimique se produit alors qu'il reste encore du CaCO<sub>3</sub> solide et du CO<sub>2</sub> dissous.



Il existe donc un équilibre de saturation du CaCO<sub>3</sub> et un pH de saturation du CaCO<sub>3</sub> puisque le pH dépend du rapport :

CO<sub>2</sub> libre / CO<sub>2</sub> des hydrogénocarbonates

Si la totalité d'anhydride carbonique contenue dans une eau est supérieure à la dose d'anhydride carbonique équilibrant, son excès constitue l'anhydride carbonique agressif. Ce dernier, en détruisant les carbonates, empêche le dépôt carbonaté protecteur sur les parois métalliques, en contact avec de telles eaux.

Schématiquement, on situe le problème de la façon suivante :

CO<sub>2</sub> libre > CO<sub>2</sub> équilibrant = présence de CO<sub>2</sub> agressif.  
Eau aggressive.

CO<sub>2</sub> libre = CO<sub>2</sub> équilibrant = absence de CO<sub>2</sub> agressif.  
Eau en équilibre.

CO<sub>2</sub> libre < CO<sub>2</sub> équilibrant = déficit en CO<sub>2</sub> équilibrant.  
Eau incrustante.

En général, une eau de surface contient moins de 10 mg de CO<sub>2</sub> par litre, mais des eaux souterraines ou des eaux ayant une activité biologique intense peuvent avoir des teneurs de plusieurs dizaines de mg/litre.



### 8.3.2. Dureté de l'eau :

Dans la plupart des cas, la dureté d'une eau est surtout due aux ions calcium et magnésium auxquels s'ajoutent quelquefois les ions fer, aluminium, manganèse et strontium.

*Tableau de correspondance  
entre les diverses unités étrangères et françaises*

	Degré français	Degré anglais	Degré allemand	Degré américain	milliéqui- valent ion calcium
Degré français	1	0,70	0,56	0,58	0,2
Degré anglais	1,43	1	0,80	0,83	0,286
Degré allemand	1,79	1,25	1	1,04	0,358
Degré américain	1,72	1,2	0,96	1	0,34
1 milliéquivalent	5	3,5	2,8	2,9	1

$\text{CO}_2 \text{ libre} > \text{CO}_2 \text{ équilibrant} = \text{présence de } \text{CO}_2 \text{ agressif.}$   
Eau agressive.

$\text{CO}_2 \text{ libre} = \text{CO}_2 \text{ équilibrant} = \text{absence de } \text{CO}_2 \text{ agressif.}$   
Eau en équilibre.

$\text{CO}_2 \text{ libre} < \text{CO}_2 \text{ équilibrant} = \text{déficit en } \text{CO}_2 \text{ équilibrant.}$   
Eau incrustante.



- Pendant longtemps la dureté d'une eau a été mesurée de manière empirique par la méthode au savon, basée sur le fait qu'une eau riche en calcium empêche le moussage des savons (les savons alcalinoterreux sont peu solubles dans l'eau, à la différence des savons alcalins solubles dans l'eau).

L'unité arbitraire utilisée s'appelle degré hydrométrique et correspond pour le degré français à une consommation de 100 mg de savon par litre d'eau.

- Actuellement, cette méthode empirique a été remplacée par le dosage direct du calcium par complexométrie ou par absorption atomique.

Au-dessus de 50 degrés hydrotimétrique, il faut adoucir l'eau, car elle devient impropre aussi bien pour les usages domestiques que pour les usages industriels (entartrage des canalisations, avec risque d'explosion des chaudières).

Valeur limite supérieure par eau de boisson non adoucie	50 degrés français
Valeur limite inférieure par eau de boisson adoucie	15 degrés français

**Rappel** : 1 degré français = 10 mg de carbonate de calcium/litre

	Degré français	Degré anglais	Degré allemand	Degré américain	milliéqui-valent ion calcium
Degré français	1	0,70	0,56	0,58	0,2
Degré anglais	1,43	1	0,80	0,83	0,286
Degré allemand	1,79	1,25	1	1,04	0,358
Degré américain	1,72	1,2	0,96	1	0,34
1 milliéquivalent	5	3,5	2,8	2,9	1



Eléments	Concentration	Origine	Inconvénient
Fluore		1,5 mg/litre	sol
Bore	1 mg/litre		
Chlore	100 microgrammes par litre	Chloration de l'eau	goût désagréable
Manganèse	50 microgrammes par litre	sol	tâche le linge
Fer	200 microgrammes par litre	sol agent de floculation	goût désagréable tâche le linge
Argent	10 microgrammes par litre	sol	
Baryum	100 microgrammes par litre	sol	
Aluminium	200 microgrammes par litre	floculation de l'eau	Goût métallique

### 8.3.3. *Eléments minéraux naturels :*

Eléments	Concentration	Origine	Inconvénient
Chlorures	200 mg/litre	sol	corrosion du béton et des canalisations
Calcium	250mg/litre	gypse du sol	laxatif corrosion du béton
Magnésium	50 mg/litre	sol	goût amer à l'eau entartrage, signe de pollution
Sodium	150, mg/litre	sol	
Potassium	12 mg/litre	engrais potassiques	signe de pollution
Phosphates	5 mg/litre	engrais lessives	eutrophisation
Zinc	5 mg/litre	sol pollution industrielle canalisation	goût désagréable
Cuivre	1 mg/litre	sol canalisation	goût désagréable



La recherche et le dosage des éléments azotés, nitrate, nitrite, ammoniacal, ont beaucoup d'intérêt. En effet, les eaux usées contiennent de l'urée, et de l'azote protéique qui donnent très vite naissance après rejet, à l'ion ammonium puis à des nitrites par oxydation et enfin à des nitrates.

Matières organiques → ammoniacal → nitrites → nitrates

Nitrates	50 mg/litre
Nitrites	0,1 mg/litre
Ammonium	0,5 mg/litre
Azote total (sauf NO <sub>2</sub> et NO <sub>3</sub> )	1 mg/litre

#### 8.4. Éléments minéraux toxiques :

- Arsenic	
- Cadmium	
- Cyanure	
- Chrome total	Méthodes analytiques classiques
- Mercure	
- Nickel	
- Antimoine	
- Sélénium	
- Plomb	

#### 8.5. Substances azotées :

La recherche et le dosage des éléments azotés, nitrate, nitrite, ammoniacal, ont beaucoup d'intérêt. En effet, les eaux usées (contiennent de l'urée, et de l'azote protéique qui donnent très vite naissance après rejet, à l'ion ammonium puis à des nitrites par oxydation et enfin à des nitrates.

Matières organiques → ammoniacal → nitrites → nitrates

Nitrates	50 mg/litre
Nitrites	0,1 mg/litre
Ammonium	0,5 mg/litre
Azote total (sauf NO <sub>2</sub> et NO <sub>3</sub> )	1 mg/litre



## 8.6. Dosage des substances organiques :

### - Origine des substances organiques :

- \* témoins des activités humaines
- \* témoins des réactions de décomposition des produits d'origine végétale ou animale.

En dehors de toute contamination humaine, la majeure partie des matières organiques sont constituées par des acides humiques. La concentration de ces acides varie en fonction du site et des saisons.

### - Conséquences :

- \* Ces substances favorisent l'apparition du mauvais goût de l'eau qui peut être exacerbé par les méthodes de chloration des eaux.
- \* Ces substances servent de support au développement d'algues et de champignons qui peuvent contribuer au phénomène d'eutrophisation des eaux.

Généralement on ne dose pas spécifiquement chaque matière organique, mais simplement leur teneur globale. On peut rapprocher la signification de ces tests de la mesure de la conductivité pour la détermination de la minéralisation totale.

- dosage de l'azote
- évaluation du résidu sec après minéralisation sulfurique
- demande chimique en oxygène
- demande biochimique en O<sub>2</sub>

En principe, les nitrites sont en quantité faible, car ils sont très rapidement oxydés en nitrates.

Par ailleurs, bien que les nitrites n'aient pas d'effet toxiques directs, sauf à de très forte concentration de plusieurs dizaines de grammes, le fait qu'ils puissent donner naissance à des nitrites par réduction d'origine bactérienne conduit à une toxicité indirecte liée à la production de méthémoglobine chez le nourrisson.

Dans l'estomac du nourrisson, le liquide gastrique insuffisamment acide (pH 4 ou 5 au lieu de 2 chez l'adulte), surtout chez le sujet diarréique, permet la prolifération de bactéries réductrices des nitrates en nitrites. Ceux-ci diffusent de la circulation générale et sont responsables de la formation de méthémoglobine qui résulte de l'oxydation réversible du fer ferreux de l'hémoglobine en fer ferrique. Lorsque la quantité formée dépasse la réduction physiologique normale produite par la diaphorase, la fixation de l'oxygène et son transport par l'hémoglobine est diminuée et se traduit par une anoxie dont l'importance est fonction de la quantité de méthémoglobine formée.

Chez le nourrisson, une dose journalière de 10 à 15 mg de nitrites par Kg de poids corporel est susceptible de développer un taux de 10 % de méthémoglobine impliquant des risques de cyanose.

Pour éviter ces intoxications, il ne faut pas utiliser d'eaux contenant plus de 50 mg de nitrates par litre

Il faut savoir également que les nitrites peuvent donner naissance à des Nitrosamines dont certaines peuvent être cancérogènes.

En France, un million d'habitants consommeraient encore une eau dont la teneur en nitrates est comprise entre 50 et 100 mg/litre, et pour 30.000, elle dépasserait 100 mg/litre (zones maraîchères du Nord et de l'Ouest).



## 8.6.1. Demande chimique en O<sub>2</sub> : DCO.

Mesure de la quantité d'oxygène consommée par les matières organiques biodégradables ou non dans des conditions fixées arbitrairement, l'oxygène étant apporté par des réactifs chimiques.

Etant donné qu'il est difficile d'écrire les équations d'oxydation des matières organiques de manière quantitative, le test DCO est un test qualitatif que l'on rend quantitatif. L'interprétation des résultats est difficile et ne peut pas être dissociée du dosage d'autres éléments tels que les nitrates, nitrites,...

La réglementation française préconise d'utiliser l'oxydation par le permanganate de potassium en milieu acide à chaud pendant 10 minutes (l'excès de permanganate non utilisé est titré par du sulfate ferreux). Le résultat est exprimé en mg d'oxygène consommé par un litre d'eau contenant les matières organiques.

Une eau est potable si la DCO est inférieure à 5 mg d'oxygène/litre

Les eaux de surface peuvent avoir des DCO très importantes : jusqu'à 130 mg/litre. Le traitement de l'eau a alors pour but de ramener la teneur à moins de 5 mg/litre.

- dosage de l'azote
- évaluation du résidu sec après minéralisation sulfurique
- demande chimique en oxygène
- demande biochimique en O<sub>2</sub>



### 8.6.2. Demande biochimique en oxygène: "DBO"

Il s'agit d'un moyen très empirique d'étude du phénomène d'auto-épuration des eaux : destruction des matières organiques biodégradables.

La DBO est la quantité d'oxygène utilisée dans un volume donné d'eau pour l'oxydation des matières organiques par les microorganismes présents dans l'eau.

La DBO dépend de la concentration de microorganismes qui oxydent les matières organiques. La DBO doit être réalisée pendant un temps fixe car cette consommation d'oxygène dépend de la croissance bactérienne. Elle est faible au départ et augmente ensuite pour atteindre un plateau (courbe exponentielle).

D'où la notion de DBO 5 (mesure de la DBO réalisée pendant 5 jours) et la nécessité de standardiser le protocole de mise en oeuvre.

La DBO 5 est la quantité d'oxygène exprimée en mg/litre nécessaire pour assurer les dégradations biochimiques des matières organiques contenues dans un litre d'eau conservé dans un flacon bouché à l'émeri, en absence de bulles d'air pendant 5 jours à la température de 20 °C et à l'obscurité (pour éviter les phénomènes de photosynthèse)

On réalise un dosage du contenu initial de l'eau en oxygène, puis on effectue un second dosage de l'oxygène 5 jours plus tard dans l'eau conservée dans les conditions normalisées définies ci-dessus.

La différence entre les deux dosages permet de connaître la quantité d'oxygène consommée.

La DBO 5 est la quantité d'oxygène exprimée en mg/litre nécessaire pour assurer les dégradations biochimiques des matières organiques contenues dans un litre d'eau conservé dans un flacon bouché à l'émeri, en absence de bulles d'air pendant 5 jours à la température de 20 °C et à l'obscurité (pour éviter les phénomènes de photosynthèse)



Certaines conditions doivent être remplies pour que ce test d'évaluation donne satisfaction :

- la quantité d'oxygène dissous dans l'échantillon, doit être suffisante
- l'ensemencement bactérien doit être satisfaisant
- présence d'éléments nutritifs essentiels (nitrates et phosphates ,...)
- le pH doit se situer entre 6 et 8
- toxiques et inhibiteurs bactériens doivent être absents.

Certaines conditions doivent être remplies pour que ce test d'évaluation donne satisfaction :

- la quantité d'oxygène dissous dans l'échantillon, doit être suffisante
- l'ensemencement bactérien doit être satisfaisant
- présence d'éléments nutritifs essentiels (nitrates et phosphates ,...)
- le pH doit se situer entre 6 et 8
- toxiques et inhibiteurs bactériens doivent être absents.

Bien qu'il n'y ait pas de norme pour les eaux potables, il est bien évident que celles-ci ne doivent pas avoir une DBO significative.

A titre indicatif : les directives de la CEE prévoient que les eaux superficielles destinées à la production d'eau potable, après un simple traitement physique (décantation) et une légère chloration, la DBO doit être inférieure à 3 mg d'oxygène/litre.

	Valeurs DBO/5 (5 jours à 20 °C)
Eau de rivière très pure	0,001 g
Eau de rivière polluée	0,010 g
Effluents domestiques	0,300 g
Effluents d'usines de pénicilline	72,000 g



**Remarques :**

1. Dans la pratique, il y a plusieurs problèmes à résoudre : l'oxygène dissous disponible est limité par la solubilité de l'oxygène, il atteint au maximum 9 mg/l à 20 °c ; or pour que les mesures s'effectuent dans les meilleures conditions, il est nécessaire qu'après 5 jours on se situe encore vers la mi-saturation ; 4 à 5 mg/l sont donc seulement disponibles pour la dégradation de la matière organique.

C'est souvent suffisant pour que l'on étudie les eaux naturelles peu polluées ; la mesure directe de la DBO5 est alors une des meilleures méthodes d'appréciation de la matière organique. C'est très nettement insuffisant pour les eaux usées qui couramment ont une DBO5 de plusieurs centaines de mg /litre.

La solution est apportée par une dilution de l'échantillon avec une eau saturée en oxygène et contenant les éléments minéraux indispensables.

2. Les défauts d'ensemencement que l'on constate parfois avec certaines eaux industrielles peuvent être compensés par un léger apport d'eaux usées urbaines ; les flacons témoins permettent de tenir compte éventuellement de l'apport organique effectué (il est presque toujours négligeable).

3. La présence d'inhibiteurs ou de toxiques peut être détectée par la réalisation de mesures sur des échantillons ayant subi des dilutions différentes. La proportionnalité des résultats se trouve alors perturbée.

4. Les méthodes respirométriques empruntées à la microbiologie (WARBURG) sont des réponses à ces défauts. Elles ont l'avantage de permettre de suivre de façon continue la consommation d'oxygène ; l'analyse des courbes alors obtenues peut donner des informations intéressantes sur la cinétique de biodégradation.

**Valeurs DBO/5  
(5 jours à 20 °C)**

Eau de rivière très pure	0,001	g
Eau de rivière polluée	0,010	g g
Effluents domestique	0,300	g g g
Effluents d'usine de pénicilline	72,000	g



#### 8.6.4. Dosage spécifique de tous les composés organiques qui sont témoins des pollutions industrielles ou agricoles :

L'évolution globale des matières organiques peut être complétée par des analyses spécifiques qui permettent dans des cas particuliers d'identifier et de doser telle ou telle molécule.

C'est ce que l'on réalise par exemple pour la recherche des résidus de pesticides ou toxiques divers.

Dans ce cas, toutes les ressources les plus fines de la chimie analytique peuvent être mises en oeuvre : chromatographies en phase gazeuse, spectrométries de masse,...etc.

Ces analyses ne sont effectuées couramment que dans les laboratoires spécialisés dans l'analyse des traces.

Il faut indiquer enfin qu'il existe des techniques qui se situent entre le test global et l'analyse spécifique : c'est le cas par exemple du dosage par absorption infrarouge des hydrocarbures totaux.

- Phénol : moins de 0,5 microgramme/litre (formation de chlorophénol qui donne mauvais goût à l'eau)
- Hydrocarbures totaux
- Hydrocarbures polycycliques
- Pesticides et produit apparentés

5. La mesure de la DBO5 n'est pas une mesure extrêmement précise. Des écarts de l'ordre de 5 à 10 % ne sont pas exceptionnels même pour les laboratoires spécialisés faisant appel aux méthodes normalisées.

6. La conservation des échantillons influe beaucoup sur les résultats.

7. La DBO5 a enfin l'inconvénient de demander 5 jours pour conduire à un résultat. Encore faut-il remarquer qu'en 5 jours l'oxydation biologique n'est pratiquement jamais terminée ; on estime par exemple à 21 jours le temps nécessaire pour atteindre l'oxydation biologique optimale dans le cas des eaux usées domestiques.

On constate actuellement une tendance à voir remplacer, à cause de ses inconvénients, la DBO5 par les autres tests d'évaluation de la matière organique ; mais la DBO5 reste la seule technique simple d'appréciation, bien que grossière, des transformations des apports organiques dans le milieu récepteur. C'est pourquoi elle sert fréquemment de base au calcul des taxes imposées aux pollueurs.

#### 8.6.3. Test de putrescibilité au bleu de Méthylène

Une eau contenant des matières organiques conservée dans les conditions standardisées (température, obscurité) perd son oxygène par formation de sels oxygénés, puis ces sels oxygénés se réduisent avec formation d'hydrogène sulfuré.

L'hydrogène sulfuré est mis en évidence par :

- son odeur putride caractéristique
- le test au bleu de méthylène : si l'eau est putresciée, le bleu de méthylène se décolore en moins de 5 jours



## 8.7. Paramètres microbiologiques :

Une eau potable ne doit pas contenir de germes pathogènes, tout au moins en quantité susceptible de provoquer une contamination même chez les personnes les plus sensibles. Il pourrait sembler souhaitable que soit effectuée systématiquement la recherche de tous les germes responsables des maladies transmises par voie hydrique (typhoïde, choléra, poliomyélite,...).

Cette attitude en fait pas réaliste compte-tenu des difficultés techniques qu'elle rencontrerait ; elle ne donnerait d'ailleurs aucune sécurité absolue car il serait toujours possible qu'un germe non répertorié échappe au contrôle.

Dans la pratique, on admet que les contaminations microbiologiques des eaux de boisson proviennent, dans la quasi-totalité des cas, des matières fécales contenues dans les eaux vannes.

Les germes pathogènes chez les sujets qui en sont porteurs accompagnent les germes normalement présents dans l'intestin ; ceux-ci s'y trouvent toujours à des taux bien supérieurs aux germes pathogènes (le facteur de multiplication est de plusieurs puissances de 10).

La mise en évidence dans une eau de ces hôtes normaux des matières fécales traduit la contamination fécale, donc la possibilité d'apport de germes pathogènes.

L'essentiel de l'analyse microbiologique des eaux de boisson consiste donc à la recherche et au dénombrement de ce qu'il est convenu d'appeler les germes tests de contamination fécale.

Les germes tests les plus communs sont les coliformes fécaux dont Escherichia Coli est le représentant le plus souvent nommé. Les Streptocoques fécaux entrent également dans la catégorie des germes tests.

Il y a d'autres ; certains chercheurs proposent actuellement de substituer Pseudomonas Aeruginosa aux coliformes fécaux.

Composés organiques susceptible d'être importants sur le plan sanitaire

1. Polluants à la source
  - substances humiques
  - alcanes et alcènes chlorés
  - nitrosamines
  - hydrocarbures aromatiques polycycliques (PAH)
  - acide nitrilotriacétique (NTA)
  - phénols
  - détergents de synthèse
  - pesticides
  - biphényles polychlorés (PCB)
  - esters phtalates
  - huiles de pétrole, y compris l'essence
  - chlorobenzènes phénols chlorés
  - benzène et alkyles aromatiques
  - tétrachlorure de carbone
2. Introduits pendant le traitement
  - tétrachlorure de carbone
  - acrylamide
  - trihalométhanes
3. Introduits pendant la distribution
  - monomère chlorure de vinyle
  - hydrocarbures aromatiques polycycliques (PAH)



- une recherche et un dénombrement de coliformes totaux, ensemble de germes d'origine diverse qui ont en commun la propriété de fermenter le lactose et qui incluent les coliformes fécaux. La présence de coliformes totaux est un indice de contamination mais ne permet pas une conclusion définitive.
- une recherche et un dénombrement des Coliformes fécaux
- une recherche et un dénombrement des Streptocoques fécaux
- une recherche et un dénombrement des Clostridium sulfito-réducteurs, germes d'origine tellurique qui donnent des formes de résistance sporulées et permettent ainsi lorsqu'il y a traitement, d'en contrôler l'efficacité.

Lorsqu'une épidémie est suspectée, et dans ce cas seulement, l'analyse peut être complétée par la recherche directe d'un germe pathogène (Salmonelles, staphylocoques pathogènes, bactériophages fécaux, enterovirus)

L'analyse microbiologique légale comporte en fait plusieurs opérations :

- un dénombrement des germes totaux présents dans l'eau par ensemencement sur milieu non sélectif.

L'information ainsi obtenue à une valeur d'orientation générale ; la comparaison des résultats provenant d'incubations à 22 ° et à 37 ° C permet de savoir si les germes saprophytes du milieu naturel aquatiques cultivant préférentiellement à basse température sont ou non dominant par rapport aux germes de contamination adaptés à la température du milieu industriel.

- une recherche et un dénombrement de coliformes totaux, ensemble de germes d'origine diverse qui ont en commun la propriété de fermenter le lactose et qui incluent les coliformes fécaux. La présence de coliformes totaux est un indice de contamination mais ne permet pas une conclusion définitive.
- une recherche et un dénombrement des Coliformes fécaux
- une recherche et un dénombrement des Streptocoques fécaux
- une recherche et un dénombrement des Clostridium sulfito-réducteurs, germes d'origine tellurique qui donnent des formes de résistance sporulées et permettent ainsi lorsqu'il y a traitement, d'en contrôler l'efficacité.

Lorsqu'une épidémie est suspectée, et dans ce cas seulement, l'analyse peut être complétée par la recherche directe d'un germe pathogène (Salmonelles, staphylocoques pathogènes, bactériophages fécaux, enterovirus).

Il faut remarquer aussi que l'interprétation d'une analyse microbiologique ne peut se faire comme celle d'une analyse chimique : le résultat est fonction du volume de la prise d'essai mise en jeu. La probabilité de mettre en évidence un élément microbiologique revivifiable dans un milieu nutritif donné n'est pas la même si l'échantillon est de 10, 100 ou 1 000 ml.



## 8.8. Caractéristiques hydrobiologiques des eaux :

Les caractéristiques physico-chimiques des eaux informent sur la qualité de l'eau à l'instant du prélèvement. Or cette qualité peut varier très rapidement dans le cas d'une rivière ou d'un fleuve ; elle varie ainsi en aval d'un rejet industriel en fonction du rythme de travail de l'usine.

L'analyse physico-chimique de l'eau renseigne donc sur la nature des polluants et éventuellement, si l'on maîtrise les débits, sur le flux de pollution ; mais elle ne permet, que de façon très incomplète, l'appréciation de l'état réel de pollution d'un cours d'eau ; dans le cas des lacs et des eaux stagnantes les informations sont déjà moins influencées par l'instant du prélèvement.

Pour faire un constat global de l'état de pollution, il faut étudier les constituants de la biomasse.

L'identité des espèces et l'importance de la population de chacune d'elles est directement fonction de la qualité du milieu.

La difficulté réside dans la réalisation de l'inventaire qu'il soit floristique, faunistique ou microbiologique ; il réside aussi dans l'appréciation de cet inventaire par rapport à un état plus au moins bien défini de référence qui correspond à un écosystème exempt de toute pollution.

Les normes concernant en France l'eau de boisson précisent ainsi que le volume à utiliser est de 100 ml. Un seul coliforme fécal mis en évidence dans ces conditions fait qu'une eau n'est pas potable. Un seul streptocoque fécal pour 100 ml conduit à la même conclusion.

Les normes sont d'autant plus sévères que le volume imposé pour l'analyse est plus grand.

On voit que si l'on veut avoir des résultats statistiquement valables il ne faut pas se contenter d'un seul échantillon, il faut simultanément mettre en culture plusieurs prises d'essais afin de permettre une exploitation statistique cohérente.

Enfin, il est nécessaire de préciser que l'analyse bactériologique compte les particules présentes dans l'eau qui dans le milieu nutritif donnent naissance à une colonie bactérienne isolée susceptible d'observation et de numération. Ces particules peuvent être formées par une bactérie, mais aussi, et même souvent, elles sont constituées par un agrégat pluri-bactérien. Il en est de même en virologie avec les particules virales.

L'ensemble de ces considérations fait qu'un écart d'un facteur dix, entre deux résultats d'analyses microbiologiques portant sur un même prélèvement d'eau, peut souvent être considéré comme acceptable, ce qui n'est pas sans étonner un chimiste.

L'analyse microbiologique de plus ne met pas en évidence les bactéries tuées ou non revivifiables dans les conditions de l'essai ; elles sont généralement beaucoup plus nombreuses que celles sur lesquelles portent la numération ; leur signification évidemment n'a pas la même importance : elle n'est pas forcément nulle mais difficile à préciser.



Lyon, le 19 janvier 1995

HOPITAL EDOUARD HERRIOT

5, place d'Arsonval  
69437 LYON Cedex 03

Tél. (33) 72 33 06 63  
(33) 72 34 47 26

Télécopie (33) 72 36 80 42

## 4ème année : Cours d'hydrologie

Quelles sont les caractéristiques de l'évolution de la réglementation concernant le contrôle sanitaire d'une eau de boisson, entre les années 1960 et les années 1990 ?



Professeur C. COLLOMBEL



**Examen HYGIENE 4ème année**  
**Janvier 1995**

**■ Méningites à méningocoque et méningococcémies en 1993**

Quatre cent onze cas de méningites à méningocoque ou de méningococcémies ont été déclarés en 1993 à la Direction générale de la santé, soit un nombre comparable à celui de 1992. Parmi ces cas, 348 (92%) correspondaient aux critères de déclaration : isolement de *Neisseria meningitidis* dans le LCR, et/ou dans le sang, et/ou présence d'antigènes solubles de cette bactérie dans le LCR, le sang ou les urines.

**Répartition par séro-groupe**

Le séro-groupe B reste en France prédominant et représente plus de la moitié des cas (56%) et les trois séro-groupes principaux (A, B, C) sont responsables de 92% des cas.

**Variations saisonnières**

La distribution mensuelle montre une fréquence élevée pendant l'hiver suivie d'une décroissance progressive en juillet, particulièrement pour le séro-groupe B.

**Répartition par âge et par sexe**

Le nombre de cas est maximal durant les deux premières années de vie et 80% des cas surviennent avant 20 ans.

Le séro-groupe C prédomine entre 6 et 19 ans où il représente 50% des cas. Le sexe ratio garçon/fille est de 1,01.

**Évolution**

Le taux de létalité est de 9% en moyenne mais varie selon la pré-

sence ou non d'un *Purpura fulminans* (33% versus 3%), le séro-groupe et l'âge (létalité maximale entre 15 et 25 ans).

La durée d'hospitalisation est de 8 jours en moyenne mais varie selon l'évolution (1 jour en cas de décès, 8 jours en cas de guérison et 11 jours en cas de séquelles).

**Prévention dans l'entourage des cas**

Une chimioprophylaxie a été prescrite à l'entourage familial dans 97% des cas et une vaccination a été effectuée dans 74% des cas lorsque que le séro-groupe était de type C et dans un tiers des cas pour le séro-groupe A.

En milieu collectif, une chimioprophylaxie a été prescrite dans 40% des cas de la tranche d'âge scolaire et militaire de 2 à 21 ans, surtout lorsque le séro-groupe C était en cause. Une vaccination a été pratiquée dans 60% des cas dus aux séro-groupes A et C dans cette tranche d'âge.

La rifampicine a été l'antibiotique le plus utilisé (93 et 94% des cas) ainsi que la spiramycine (7 et 6% des cas).

**Commentaires**

L'incidence des infections à méningocoque a été de 0,63 cas/100 000 habitants en 1993 (0,66 cas/100 000 habitants en 1991).

Les caractéristiques épidémiologiques ont évolué. Le nombre de cas dus au séro-groupe B a augmenté aux dépens de ceux dus au séro-groupe C. Le nombre de souches non groupées a augmenté (13% en 1993 contre 9% en 1992).

Les recommandations de la circulaire du 5 février 1990 sont mieux respectées en ce qui concerne l'utilisation de la rifampicine dans la prophylaxie des infections à méningocoque mais si la prophylaxie de l'entourage familial est réalisée de façon satisfaisante, la prévention en collectivité doit être encore améliorée.

I Capek, J Salomon (1994) BEH 33.

C BERTHOLOM

1°/ - Qui a effectué la déclaration de ces infections à la Direction Générale de la Santé et pourquoi ?

2°/ - Définition du taux de létalité ?

3°/ - Pourquoi parle-t-on de l'incidence de ces infections et non pas de la prévalence ?

  
J. GOUDABLE