

# POLLU - STOP !

N 25

## Karst & Environnement



BULLETIN D'INFORMATION  
édité par la:  
COMMISSION PERMANENTE D'ETUDE  
ET DE PROTECTION DES EAUX,  
du Sous-Sol et des Cavernes.

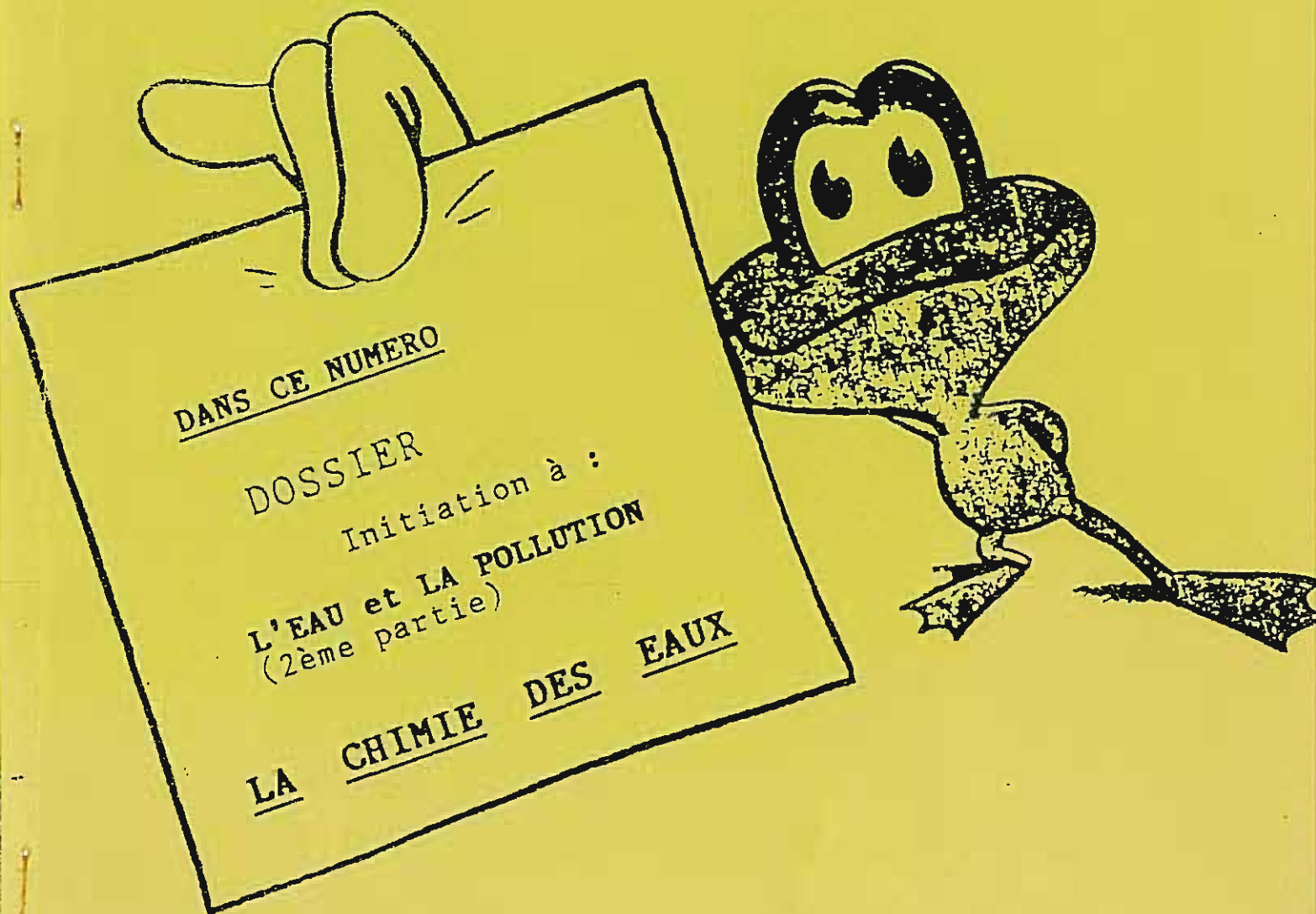
Association nationale agréée  
de protection de la Nature.

N° Comm. Par. Presse : 64777  
Direct. Publ.: F.DEVAUX,  
Imp.: C.P.E.P.E.S.C., 3 rue  
Beauregard, F-25000 BESANCON,  
Tel.: 81.88.66.71 (permanence  
tous les mercredis: 17H30).

souterrain

ISSN  
0754-9385

Bull. trimestriel  
Dépôt légal: mai. 89



DANS CE NUMERO

DOSSIER

Initiation à :

L'EAU et LA POLLUTION  
(2ème partie)

LA CHIMIE DES EAUX

Abonnement (4 n° par an) Normal: 50 f. soutien: 100 f minimum

Prix de ce numéro spécial : 20 f.

oooooooooooooooooooo DOSSIER

Initiation à :

**L'EAU et LA POLLUTION**

seconde partie : CHIMIE DES EAUX ET POLLUTIONS

pages

1	présentation des différentes "familles de pollutions"
2	<b>LES CARACTERISTIQUES PHYSIQUES ET CHIMIQUES D'UNE EAU</b>
3	<b>LES CRITERES PHYSIQUES</b>
4	- le pH, - la température,
6	- l'oxygène dissous,
7	- les MEST, - la turbidité, - la résistivité,
8	- la conductivité, - le CO <sub>2</sub> ,
8	- le gout et l'odeur, - la couleur.
9	<b>LES INDICATEURS CHIMIQUES DE POLLUTION DES EAUX,</b>
10	- les sulfates, - les chlorures, - les sulfures,
10	- les ortho phosphates, les nitrates, nitrites et ammoniac
16	<b>EVALUATION DU DEGRE DE POLLUTION D'UNE EAU</b>
17	- mesures des MEST, des M.O.,
17	- de la DCO, de la DBO <sub>5</sub> , de la putrescibilité.
18	<b>POLLUTION DES EAUX PAR LES AGENTS CHIMIQUES.</b>
20	<b>Normes européennes "EAU POTABLE".</b>

La 3ème partie de ce dossier sera consacrée au traitement des eaux résiduaires a paraître certainement dans le bulletin n° 27.

## CHIMIE DES EAUX ET POLLUTIONS

La première partie de ce dossier (bulletin n°23, page 10) consacrée à la MICROBIOLOGIE des eaux, a montré qu'il pouvait exister une pollution bactériologique par les microbes et virus pathogènes qui rend l'eau dangereuse à consommer ou tout simplement pour se baigner.

**Mais les pollutions hydriques les plus visibles et les plus néfastes se manifestent plus encore sous des aspects physiques et chimiques:**

- modifications anormales de l'état naturel de l'eau,
- présence dans l'eau de matières non toxiques mais néfastes par leur abondance,
- présence de matières toxiques directement dangereuses.

**POLLUTION THERMIQUE :** Les rejets d'eaux chaudes issues des industries ou des centrales atomiques (refroidissement des installations) perturbent les équilibres biologiques des cours d'eau, par exemple en faisant baisser dans les eaux le taux d'oxygène dissous nécessaire à la respiration de la faune aquatique.

**POLLUTION MECANIQUE :** Les déversements d'éléments inertes (fines provenant du lavage de matériaux de carrières ou de mines, sables rejetés par les réseaux d'eaux pluviales urbains, alluvions éjectées lors des purges de barrages,...) présentent une grave menace pour le milieu aquatique : colmatage des fonds, atteintes aux branchies des poissons, augmentation de la turbidité des eaux et de leur transparence à la lumière solaire d'où baisse de la photosynthèse nécessaire à la flore.

**POLLUTION PAR L'AZOTE ET LE PHOSPHORE :** Dans les eaux, les fertilisants que constituent ces produits, entraînent s'ils sont en excès une **distrophisation** (appelée aussi à tort eutrophisation) c'est à dire un envahissement extrême par les algues... Il faut ajouter que l'azote est dangereux pour le consommateur d'eau.

L'agriculture chimique intensive est la grande coupable de l'enrichissement des eaux en azote. Pour le phosphore, il faut incriminer les rejets d'égoûts urbains avec en premier lieu les lessives à base de phosphates.

**POLLUTION TOXIQUE :** La pollution la plus grave, parce que la plus pernicieuse est bien celle qui a pour origine la présence

de substances chimiques rejetées dans les eaux ou fruits de transformations chimiques. Les effets peuvent être très divers compte tenu de l'extrême diversité des substances dangereuses existantes.

Certains produits toxiques ne sont même pas biodégradables et comme le mercure ou le cadmium peuvent se fixer dans les organismes vivants pour les fragiliser et leur causer à terme des désagréments dont les origines resteront insoupçonnées, comme ceux d'ordre génétique.

Si la législation a pris sérieusement en compte les toxicités à fortes doses, en raison des risques de mortalités immédiates qu'elles entraînent, il n'en va pas de même des faibles concentrations qui bénéficient pour de nombreux produits d'un laxisme délirant et suicidaire.

---

## LES CARACTERISTIQUES PHYSIQUES ET CHIMIQUES DE L'EAU

---

De son arrivée au sol en pluie, à son aboutissement en fleuve à la mer, l'eau parcourt un circuit géographique au long duquel elle adopte, par les éléments naturels dont elle se charge, l'essentiel de ses caractéristiques physiques et chimiques (minéralisation, gaz dissous, composés organiques..)

Un cours d'eau forme un système aquatique qui offre vie à tout un ensemble d'organismes vivants dépendants les uns des autres (microorganismes, plantes, animaux...)

La hiérarchisation naturelle (micro-organismes, algues, herbivores, carnivores) forme l'édifice biologique du système dont le support alimentaire de base est amené par les eaux (détritiques, matières organiques et sels minéraux solubilisés).

La pollution c'est la perturbation de l'équilibre biologique atteint.

Les effets se manifestent directement ou indirectement sur les êtres vivants partie prenante de l'édifice biologique (disparition d'espèces sensibles, baisse du taux de reproduction, changement de répartition des espèces, prolifération d'espèces résistantes, voire mort totale du milieu...)

---

## LES CRITERES PHYSIQUES

---

### Le pH

C'est une mesure chiffrée selon une échelle allant de 0 à 14 permettant d'exprimer l'acidité, la neutralité ou la basicité d'une eau.

0 à 7    acidité de plus en plus faible,  
7        neutralité,  
7 à 14   basicité de plus en plus forte.

En région calcaire, le pH naturel de l'eau varie entre 6,7 et 7,3. Si l'eau a traversé des terrains primaires (Vosges) le pH descendra à 5 et au dessous (\*), à l'inverse s'il s'agit de terrains magnésiens, l'eau pourra avoir un pH supérieur à 7,5.

Le pH pourra aussi être naturellement basique dans les bras morts des rivières envahies par une forte croissance végétale.

Les mesures périodiques du pH d'un écoulement d'eau (rivière ou source) constituent de bonnes données de surveillance. Une variation acide peut être due à un rejet industriel tandis qu'une montée basique importante est sûrement dû à un rejet d'égoût urbain.

Entre pH 6 et 8,5 il n'y a pas de problème pour la vie et la reproduction du poisson dans la rivière. Il peut y avoir réduction biologique en dessous de 6 et mortalité au delà de 9.

La mesure du pH s'effectue facilement à l'aide de bandelettes ou papiers réactifs, d'un pH-mètre électronique ou d'une trousse colorimétrique.

(\*) de même que dans les tourbières forestières.

### La TEMPERATURE.

La température de l'eau est un facteur essentiel de la vie aquatique, c'est pourquoi les rejets d'effluents chauds par les industries sont réglementés.

Les espèces piscicoles sont très sensibles aux brusques écarts de température appelés chocs thermiques pouvant entraîner parfois la mortalité massive du poisson; en effet la température est étroitement influente sur la richesse de l'eau en oxygène (voir § suivant).

## L'OXYGENE DISSOUS.

La présence d'oxygène dans les eaux des rivières et des lacs est nécessaire à la vie aquatique (poissons, planctons,..) mais aussi à l'autoépuration.

La teneur (ou concentration) en oxygène des eaux se mesure en milligrammes par litre (mg/l.) ou parfois en % de saturation.

### L'oxygène solubilisé dans les eaux provient :

- des échanges entre l'air atmosphérique et la surface de l'eau. Cette oxygénation est favorisée par les écoulements rapides, les chutes et les cascades;

- de la fonction chlorophyllienne des végétaux verts aquatiques (algues vertes) qui pour se développer absorbent le jour le gaz carbonique et rejettent de l'oxygène.

### Mais la charge de l'eau en oxygène est limitée par :

- la température qui lorsqu'elle s'élève diminue la solubilité de l'oxygène dans les eaux :

<u>eau à</u> :	0° C	<u>maximum d'oxygène soluble</u> :	14,6 mg/l.
	5°		12,7
	15°		10,0
	20°		9,0

- la salinité éventuelle de l'eau :

<u>eau à</u> :	0°C	<u>maximum d'oxygène soluble:</u>	0,09 mg/l.
	20°		0,04 mg/l.

- les variations de la pression atmosphérique qui modifient quelque peu les effets des deux facteurs limitants précédents.

- par la profondeur dans un lac ou seules les eaux proches de la surface peuvent être oxygénées convenablement.

### La charge de l'eau en oxygène doit répondre aux besoins de :

- l'oxydation et la dégradation par les bactéries aérobies (consommatrices d'oxygène) des pollutions organiques : plus les rejets polluants sont importants dans une rivière ou un lac et plus l'oxygène se raréfie.

- la respiration des animaux aquatiques ce qui est essentiel.

Une bonne concentration en oxygène est nécessaire à la faune aquatique. Notamment pour la survie du poisson, les exigences sont fonction des espèces mais 10 mg/l. d'O<sup>2</sup> semble être une quantité minimum pour que la vie normale et les fonctions de reproduction et de croissance de soient pas perturbées.

Le déficit brutal du taux d'oxygène :

L'équilibre naturel peut être brusquement rompu en entraînant une baisse soudaine de la concentration en oxygène.

La conséquence possible, c'est l'asphixie des poissons.

Le scénario de cet accident trop fréquent est le suivant :

- 1) Le débit du cours d'eau est très réduit par la sécheresse,
- 2) La rivière est extrêmement polluée d'où une baisse de taux d'oxygène pour répondre à la demande des bactéries participant à l'autoépuration,
- 3) Un choc thermique c'est à dire une élévation brutale de la température qui fait chuter le taux de solution de l'oxygène dans l'eau.
- 4) Perturbations voire mortalités nombreuses et rapides de poissons.

REMARQUES SUR L'OXYGENE DANS LES EAUX SOUTERRAINES

Les eaux des nappes profondes (pas celles des grottes) ne contiennent pas ou peu d'oxygène. Pour qu'une eau en contienne il faut qu'elle soit au contact de l'air.

En effet, ordinairement, lorsque l'eau s'infiltré dans le sol toute son oxygène est consommée au niveau de l'humus par les micro-organismes.

Si une eau souterraine de nappe phréatique profonde contient de l'oxygène, c'est qu'elle a reçu un apport direct depuis la surface. Ceci signale la présence en amont d'une perte. Deux à trois mesures du taux d'oxygène par saison suffisent à s'en assurer.

Dans les grottes, l'eau souterraine provenant de pertes (écoulements rapides) reste naturellement oxygénée. Celle qui y aboutit après une lente infiltration, se réoxygène au contact de l'air de la cavité.

### OXYGENE ET EAUX DE CONSOMMATION

L'oxygène de l'eau ne nuit pas à la santé. Lorsqu'elle est en excès elle ne pose que des problèmes de corrosion des conduites ou des chaudières.

### LES MATIERES EN SUSPENSION TOTALES (M.E.S.T.) D'UNE EAU

Cette mesure physique s'effectue en provoquant l'évaporation (ou filtration) totale d'un litre d'eau et en pesant après séchage le dépôt obtenu formé par l'ensemble des particules et substances qui étaient en suspension ou en solution dans l'eau. Les M.E.S.T. s'expriment en mg/l.

### LA TURBIDITE

C'est la mesure du "plus ou moins" trouble que présente l'eau. Cette notion ne présentant pas grand intérêt, ne sera pas développée ici. A retenir cependant que la turbidité excessive d'une eau est préjudiciable à la vie aquatique et à la photosynthèse.

### LA RESISTIVITE

Plus une eau contient de sels dissous, plus elle laisse passer l'électricité et moins elle lui offre de résistance. Cette mesure, facile à réaliser, peut remplacer avantageusement la mesure compliquée des M.E.S.T. par la bonne représentation des matières en suspension qu'elle offre.

Le **résistimètre** permet de mesurer la résistance d'une colonne d'eau de 1cm comprise entre deux électrodes parallèles de 1cm<sup>2</sup>. Elle s'exprime en ohms par cm ( $\Omega/cm$ ):

- l'eau distillée donne au mieux : 100 000  $\Omega/cm$  ( $10^5 \Omega/cm$ )
- l'eau pure de laboratoire: 20 000 000  $\Omega/cm$  ( $20 \cdot 10^7 \Omega/cm$ )
- l'eau d'une résurgence en région calcaire : 2 à 5000  $\Omega/cm$ .

Une basse résistivité traduit, soit un pH anormal, soit une salinité élevée.

Si dans une source, dans un cours d'eau on constate une brusque baisse de la résistivité, il y a certainement un déversement de sels solubles en amont. Ainsi un rejet résiduaire par la présence de sels minéraux, chlorures en particulier, provoquera une telle baisse.



Pour être comparables les différentes mesures de résistivité doivent être effectuées à la même température, en principe 20°C. Cependant sur le terrain, si l'on surveille épisodiquement une source dont la température est stable, les mesures effectuées à cette température seront comparables entre elles.

Les sels solubilisés qu'indique la résistivité, ont peu d'effet sur le poisson sauf en cas d'augmentation très importante; ils peuvent alors notamment pas leur action sur les branchies provoquer des migrations de fuites et même la mortalité.

En dessous de 350 ohms/cm, la vie de la rivière est en danger.

### LA CONDUCTIVITE

Cette mesure est de plus en plus utilisée à la place de la résistivité. Elle donne la même indication car elle est l'inverse de la résistivité.

Elle s'exprime en siemens par cm (S/cm)

$$\text{Résistivité (R) en } \Omega/\text{cm} = \frac{1}{\text{Conductivité (C) en S/cm}}$$

$$\text{ou } R \times C = 1$$

exemple:

à R : 5 000 ohms/cm

correspond C : 0,0002 S/cm = 200 S/cm =  $2 \cdot 10^{-4}$  S/cm.

Ainsi à l'inverse de la résistivité, plus une eau a une conductivité élevée plus elle contient de sels minéraux.

### LE GAZ CARBONIQUE

Son origine dans les eaux peut provenir :

- d'une mise en charge par des circulations souterraines dans des couches de terrains volcaniques anciens ou de roches silicatées (massifs anciens), ce qui n'est pas le cas dans les régions calcaires;

- d'une mise en charge du CO<sub>2</sub> lors de l'infiltration des eaux de pluie dans la couche d'humus.

Dans l'humus, on trouve des substances organiques qui contiennent du carbone (C), de l'oxygène (O) et de l'azote (N). Leur transformation par les bactéries du sol va permettre la fabrication d'eau (hydrogène), de nitrates (azote) et de gaz carbonique, que les eaux vont entraîner vers le milieu souterrain.

Les plantes rejettent également du CO<sub>2</sub> par leurs racines. On sait que par leur fonctions chlorophylliennes, les végétaux verts, sous l'action du soleil, absorbe le CO<sub>2</sub> pour rejeter de l'oxygène. La nuit c'est le contraire mais au niveau des racines.

En solution dans l'eau, le gaz carbonique forme l'acide carbonique qui est très corrodant et peut ronger les canalisations.

**Dans les régions calcaires,** le CO<sub>2</sub> des eaux se combine avec le carbonate de calcium qu'il enlève aux roches calcaires en s'infiltrant dans le sol (creusement des cavités par érosion chimique) pour donner du bicarbonate de calcium. Il n'y a donc pas de CO<sub>2</sub> en excès dans les eaux calcaires. Mais ces eaux sont par la suite entartrantes par leurs dépôts de carbonate de calcium dans les conduites d'eau. C'est le même phénomène qui est à l'origine de la formation des concrétions dans les grottes.

### GOUT ET ODEUR

Ces critères sont subjectifs et difficiles à utiliser. Ils peuvent avoir pour origine la présence gênante de substances industrielles, de diatomées inoffensives (algues microscopiques) ou de.. matières organiques en fermentation.

### COULEUR

Il faut distinguer :

- **la couleur dite vraie ou réelle, c'est celle qui est due à des éléments naturels inoffensifs:**
  - bleu donné par le bicarbonate de calcium à la lumière solaire,
  - vert donné par certaines algues microscopiques,
  - jaune donné par l'argile (inoffensif) lors des crues notamment
- **la couleur dite apparente, due aux polluants industriels (teintures par exemple).**

Il suffit de filtrer un échantillon d'eau colorée à l'aide d'un filtre papier pour déceler une éventuelle pollution ou couleur apparente : seule celle-ci disparaîtra. La méthode au platine cobalt permet de mesurer exactement la couleur d'une eau.

Les rejets résiduaux ne doivent pas provoquer une coloration visible du milieu récepteur.

---

## LES INDICATEURS CHIMIQUES DE POLLUTION DES EAUX

---

### LES SULFATES ( $\text{SO}_4^{--}$ )

Les eaux n'en contiennent pas habituellement, sauf si elles ont traversé des terrains contenant des sulfures, en particulier des pyrites (voir milieu géologique). En dehors de ces cas spécifiques, la présence de sulfates dans les eaux signale généralement des rejets résiduaire qui en contiennent au même titre que les chlorures et pour les mêmes raisons.

Des teneurs anormales (250 mg/l et plus), peuvent donner des diarrhées aux enfants et à certains animaux (chiens).

### LES CHLORURES

Les liquides organiques sont très riches en chlorures, mais les roches sédimentaires et les eaux au voisinage de la mer en contiennent également. Un taux de chlorure nettement supérieur au taux moyen habituel des eaux de la région où est réalisée l'analyse (par exemple 10 mg/l de plus) indique une pollution.

On trouve toujours des chlorures dans les eaux de surface, parfois jusqu'à 15 mg/l. Mais s'il existe un apport résiduaire en provenance d'agglomérations, on constate un enrichissement en chlorures, ceux-ci provenant surtout des urines (humaines ou animales) et... du salage des routes en hiver.

Il faut savoir que les stations d'épuration actuelles ne les éliminent pas; il se produit donc un accroissement progressif des chlorures dans les nappes, les résurgences et les cours d'eau touchés par la pollution.

Les eaux chlorurées alcalines sont laxatives et peuvent être préjudiciables aux personnes atteintes de maladies cardiovasculaires ou rénales.

### LES SULFURES. ( $\text{S}^{--}$ )

Même signification en matière de pollution que les sulfates. Abondants dans certaines eaux artésiennes, ces deux ions entrent dans le cycle naturel qu'effectue le soufre sous l'action des bactéries du sol. Ils peuvent donc être entraînés par les eaux d'infiltration, mais reviennent au contact de l'air ils s'oxydent en sulfates.

## LES ORTHO-PHOSPHATES

Leur présence dans les eaux (supérieure à 0,3mg/l), trahit presque à coup sûr une pollution.

Ils proviennent des déchets humains ou animaux, des lessives aux phosphates, des eaux traitées aux polyphosphates (adoucisseur d'eau) et de l'industrie chimique.

Les phosphates utilisés en agriculture sont quant à eux en grande partie insolubilisés et retenus dans le sol.

Les phosphates sont responsables, avec les nitrates, des phénomènes de dystrophisation (ou prolifération dangereuse des algues dans les rivières).

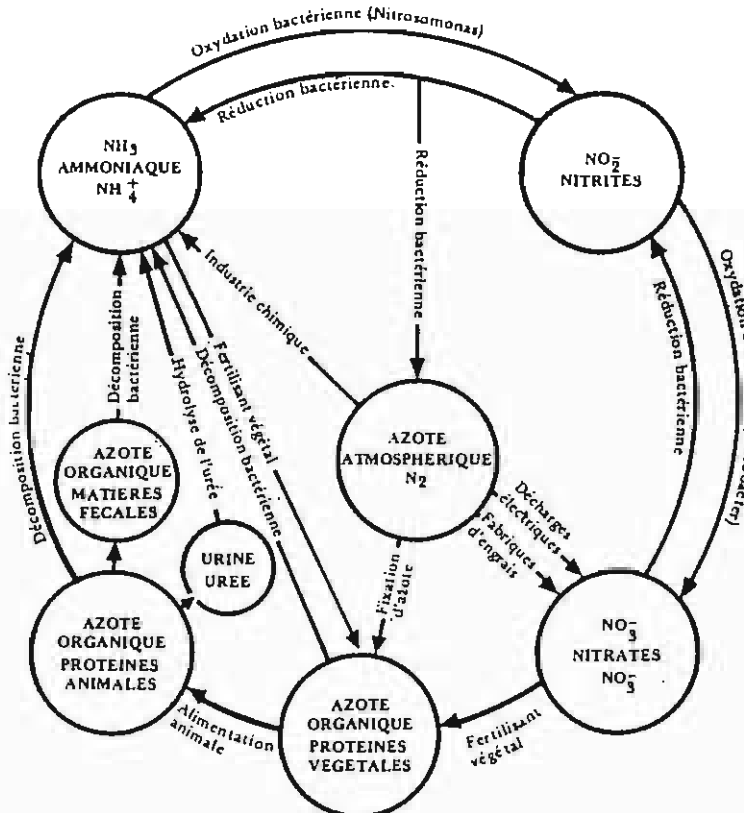
La teneur en phosphore capable de favoriser la croissance des algues dans les rivières est variable car elle dépend essentiellement de celle des autres facteurs de croissance, présence de nitrates en particulier.

La teneur naturelle en phosphate ( $PO_4^{---}$ ) dans les eaux de surface est de l'ordre de 0,1 à 0,3 mg/l. Les phosphates peuvent être éliminés par des procédés de déminéralisation ou par précipitation.

## LES NITRATES ( $NO_3^-$ ), NITRITES ( $NO_2^-$ ), AMMONIAC ( $NH_3$ ) (1)

La présence des nitrates est normale en petite quantité dans les eaux. Ils proviennent de la dégradation des protéines. Toutefois, au-delà du seuil de 20 mg/l (masse de  $NO_3$ ), on considère qu'il y a probabilité de pollution. Dans ce cas, ce sont les utilisations d'engrais azotés qui en sont la cause ou les rejets résiduels (ainsi que ceux de stations d'épuration sans traitement de dénitrification).

- (1) Ammoniac : cette orthographe désigne le gaz  $NH_3$   
 Ammoniaque : cette orthographe désigne la solution de  $NH_3$ , c'est à dire  $NH_4OH$   
 $(NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4OH)$ .



### CYCLE DE L'AZOTE

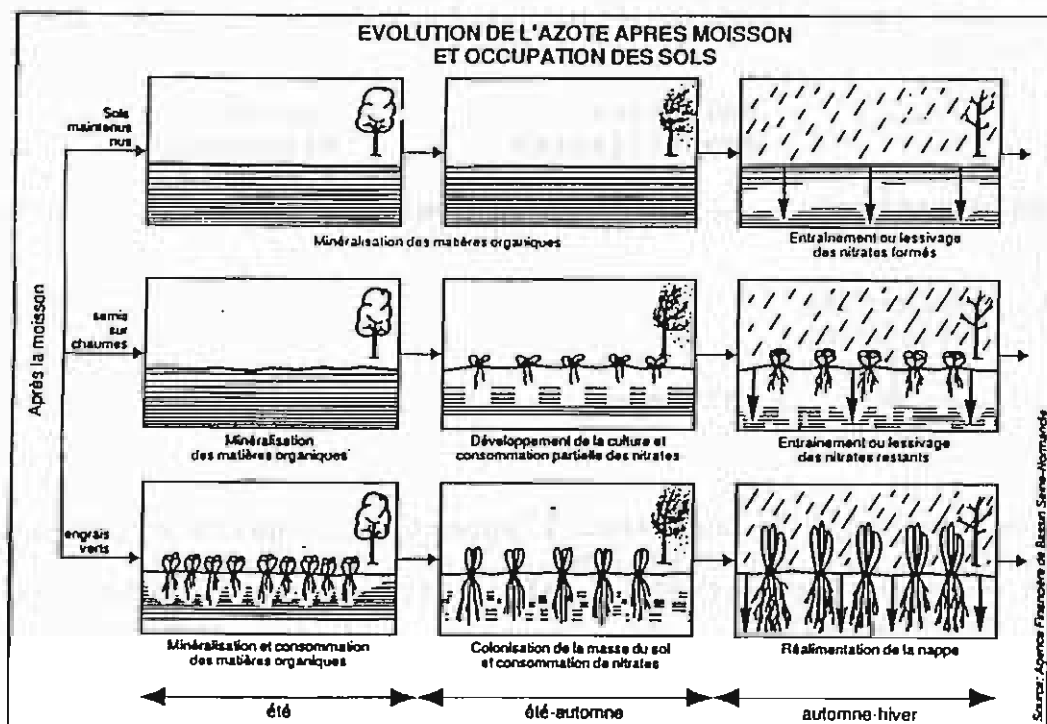
Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote. Leur présence dans l'eau atteste que, si la source de pollution est organique, l'autoépuration a joué.  
 Les nitrates se trouvant naturellement dans les eaux proviennent de la pluie pour une petite part et surtout de l'action de l'écoulement des eaux sur le bassin versant dont la nature joue un rôle prépondérant.  
 L'activité humaine est indubitable dès que l'on observe des concentrations dépassant le mg/l. Les apports proviennent du lessivage des engrais et de l'azote reminéralisé sur les zones de culture, des eaux usées domestiques et parfois industrielles.  
 L'azote des nitrates ainsi que celui des nitrites et de l'ammoniaque constituent l'un des éléments nutritifs majeurs des végétaux.  
 Les nitrates, comme les autres formes de l'azote, évoluent très rapidement dans le milieu naturel. Le passage d'une forme à l'autre peut être schématisé en cycle de l'azote.

## ORIGINE DES NITRATES

a) Les engrais azotés sont les premiers responsables de la pollution par les nitrates. Ils proviennent essentiellement des engrais azotés employés par l'agriculture. On admet que les doses de fertilisants à ne pas dépasser sont de :

- 150 Kg à l'hectare pour le blé,
- 200 Kg à l'hectare pour le maïs,
- 50 à 75 Kg à l'hectare pour les prairies.

En effet, au-delà d'une certaine quantité, le rendement plafonne car on atteint des doses qui ne peuvent pas être totalement absorbées par les plantes. Mais le plus souvent, les agriculteurs (faute d'information) en épandent des quantités très supérieures. Bien que les sols aient un grand pouvoir absorbant grâce à l'humus et aux argiles qui retiennent les matières organiques et l'ammoniaque, ils sont cependant impuissants à fixer les nitrates qui, très solubles, sont entraînés vers le milieu souterrain. C'est ce qu'on appelle la désorption, qui entre aussi en jeu pour certains pesticides. Pour lutter contre la désorption, il ne faudrait jamais laisser le sol à nu, par exemple en semant immédiatement après la récolte un engrais vert.



### LE REFLEXE ENGRAIS VERT

*C'est lors des pluies hivernales que se produit le maximum de lessivages des nitrates. Il est donc recommandé, d'une manière générale, d'éviter de laisser les sols nus pendant cette période, soit par implantation d'une culture d'hiver, soit mieux de les couvrir grâce à un engrais vert. Tout ceci bien sûr ne se justifiant que si l'implantation peut se faire dans de bonnes conditions et que la végétation soit assez développée à l'arrivée des pluies.*

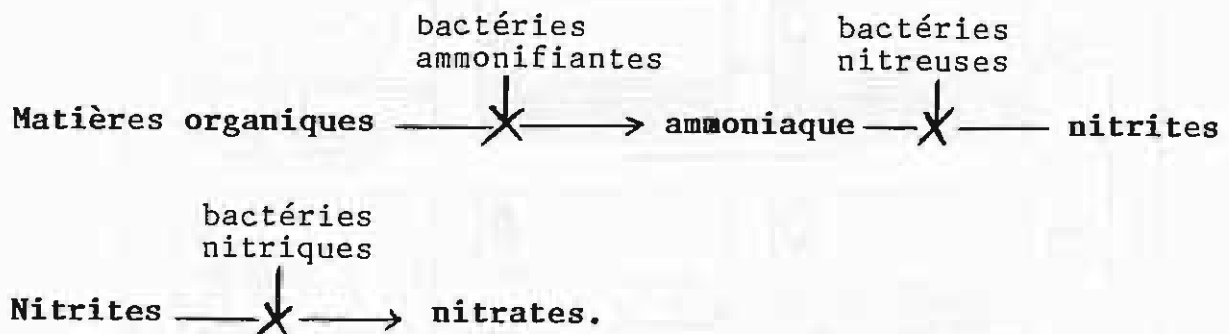
Les nitrates comme les autres formes de l'azote évoluent très rapidement dans le milieu naturel.

Une foule de réactions sont mises en jeu et nous ne nous intéresserons qu'aux plus simples susceptibles de nous "éclairer".

**b) Les nitrates proviennent également des rejets résiduaux.**

Dans les eaux, si l'on ne trouve que des nitrates, ils proviennent presque certainement des cultures agricoles. Mais s'ils sont associés à des chlorures, des sulfates et des phosphates, au moins une bonne part de ces nitrates a pour origine des rejets résiduaux directs.

Dans les eaux résiduaux, les nitrates proviennent des matières organiques rejetées qui contiennent des composés azotés. Sous l'action des bactéries, il se produit une fermentation qui dégage de l'ammoniac (élévation du pH de l'eau), puis sous l'action d'autres bactéries, des nitrites et des nitrates.



Si l'on trouve de l'ammoniac l'apport résiduaux est récent. S'il y a de la Matière organique, il est immédiat. Si l'on trouve des nitrates cela montre que la pollution a évoluée au stade final.

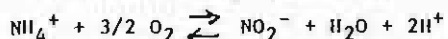
Les stations d'épuration qui utilisent des boues activées, ou lits bactériens (voir partie traitement des eaux) oxydent et détruisent les matières organiques pour les transformer en nitrates (entre autres) rejetés dans le milieu naturel.

Il existe des possibilités de traitement des eaux qui permettent à l'aide de bactéries dénitrifiantes ou d'autres procédés, d'éliminer en grande partie les nitrates et nitrites. Mais ceci est coûteux et encore à ce jour presque expérimental.

L'évolution des différentes formes de l'azote

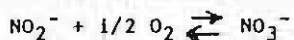
LA NITRIFICATION :  $\text{NH}_3 \rightarrow \text{NH}_2$   
(azote ammoniacal) (azote nitrique)

\* 1ère étape : Nitritation - oxydation des ions ammonium en  $\text{NO}_2^-$  (nitrites)



Cette réaction est provoquée par des bactéries nitreuses (du genre Nitrosomas)

\* 2ème étape : Nitratation - oxydation des ions nitreux en ions nitriques  $\text{NO}_3^-$  (nitrates).



Cette réaction est provoquée par des bactéries nitriques du genre nitrobacter.

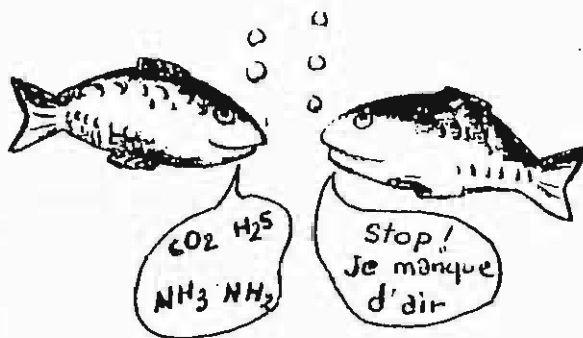
L'oxydation des  $\text{NH}_4^+$  libère de l'énergie utilisée par les bactéries nitreuses et nitriques (nitrificateurs) pour réduire le  $\text{CO}_2$  à partir duquel ces bactéries fabriquent leurs composés glucidiques...

Ammonisation et nitrification assurent la transformation de l'azote organique et azote minérale.

La nitrification nécessite de l'oxygène, du gaz carbonique, une température importante (optimum vers 37° C), une humidité suffisante, un ph supérieur à 7 (optimum vers ph 8,5; arrêt à ph 5).

Elle a lieu dans le sol surtout au niveau de l'humus, dans les eaux douces ou marines; elle est intense dans les eaux d'égout et les terrains où on les répand surtout au printemps.

concordia-bulles



CONSEQUENCES ET NUISANCES DE L'EXCES DE FERTILISANTS NITRATES ET PHOSPHATES

a) La dystrophisation des eaux des rivières et des lacs

L'azote des nitrates ainsi que celui des nitrites et de l'ammoniaque, ainsi que le phosphore constitue des éléments nutritifs majeurs des végétaux.

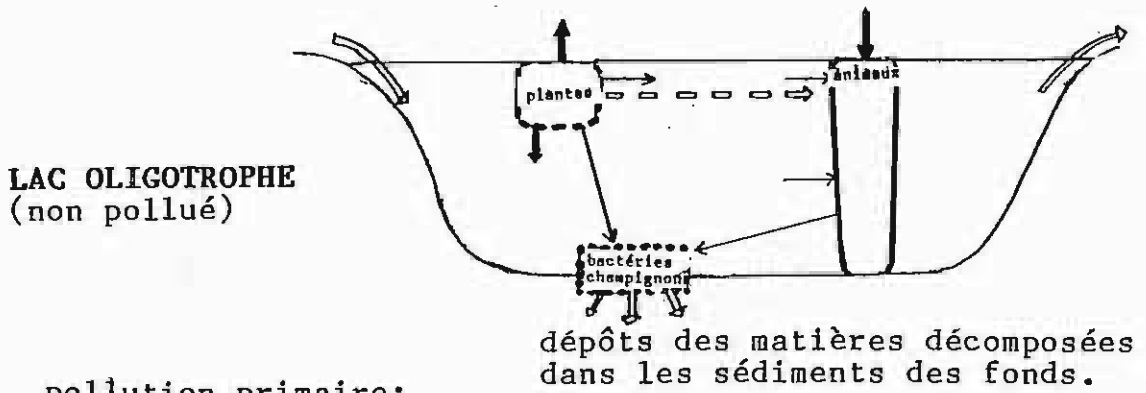
Dans les cours d'eau à régime rapide (torrentiels ou semi torrentiels), le développement des végétaux stimule la faune lui fournissant un surplus alimentaire et par l'intermédiaire de la photosynthèse, de l'oxygène.

Dans les cours d'eau lents, surtout en période d'étiage (basses eaux) et dans les lacs, l'abondance de nitrates et de phosphates, provoque le phénomène de dystrophisation: développement anarchique de certaines algues qui les assimilent. L'encombrement de l'espace menace la vie de la faune aquatique : les poissons disparaissent et même les algues proliférantes meurent à leur tour ; elles pourrissent sous l'action des fermentations bactériennes en produisant des gaz malodorants comme l'hydrogène sulfuré ( $\text{H}_2\text{S}$ ) (1) et une nouvelle pollution organique voit le jour.

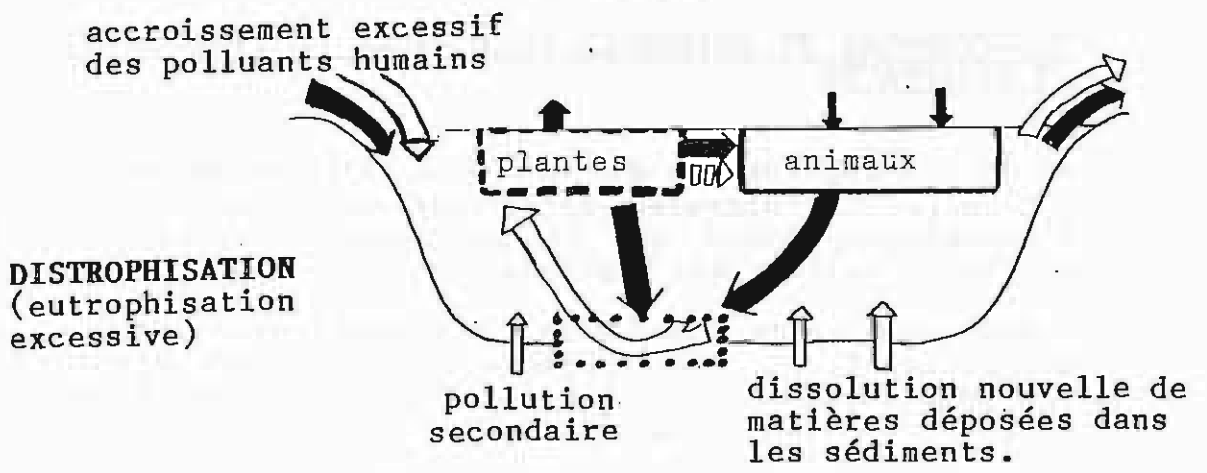
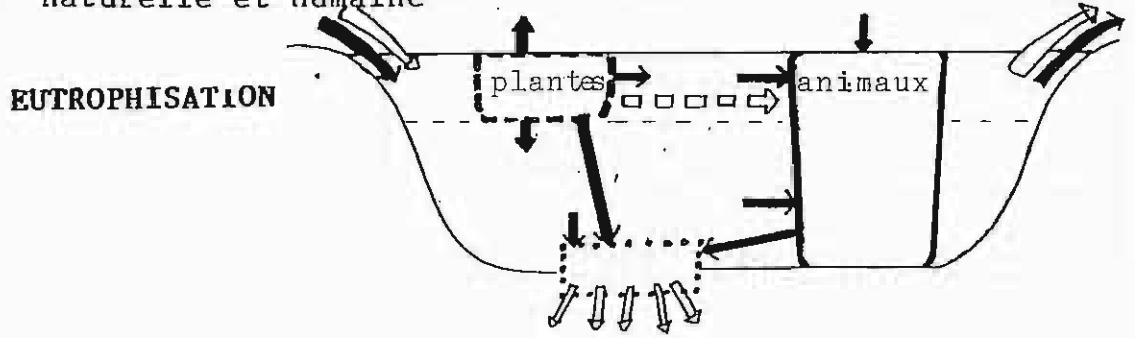
(1) L' $\text{H}_2\text{S}$  peut être mis en évidence grâce à un papier réactif à l'acétate de plomb.

C'est bien l'excès qui est responsable de cette situation puisque on n'observe jamais de développement d'algues gênantes en dessous de 2 à 5 mg/litre de nitrates, taux naturellement présent dans les eaux de surface. La situation dramatique de nombreuses de nos rivières illustre bien les problèmes de la dystrophisation.

LES POLLUTIONS NATURELLES ET HUMAINES DANS LES LACS



pollution primaire:  
fertilisants d'origine  
naturelle et humaine



- ➔ déchets organiques (cadavres).
- ➔ fertilisants inorganiques.
- ➔ oxygène.
- ☐☐➔ aliments pour les animaux.

- ☐☐☐☐ producteurs.
- ☐☐☐☐ consommateurs.
- ☐☐☐☐☐☐☐☐ décomposeurs.

Au stade de la dystrophisation les lacs sont riches en nitrates et phosphates. Il présentent des berges plates en voie d'atterrissement et fournissent beaucoup de déchets organiques par la décomposition des végétaux aquatiques.

L'abondance de ces déchets entraîne l'épuisement en oxygène des eaux profondes surtout pendant les périodes de stagnation, d'où fixation de l'azote sous forme ammoniacale (NH<sub>3</sub>) et dissolution du fer sous forme de carbonate ferreux (eaux de couleur vert brun à brun).



### b) Les dangers des nitrates pour la santé.

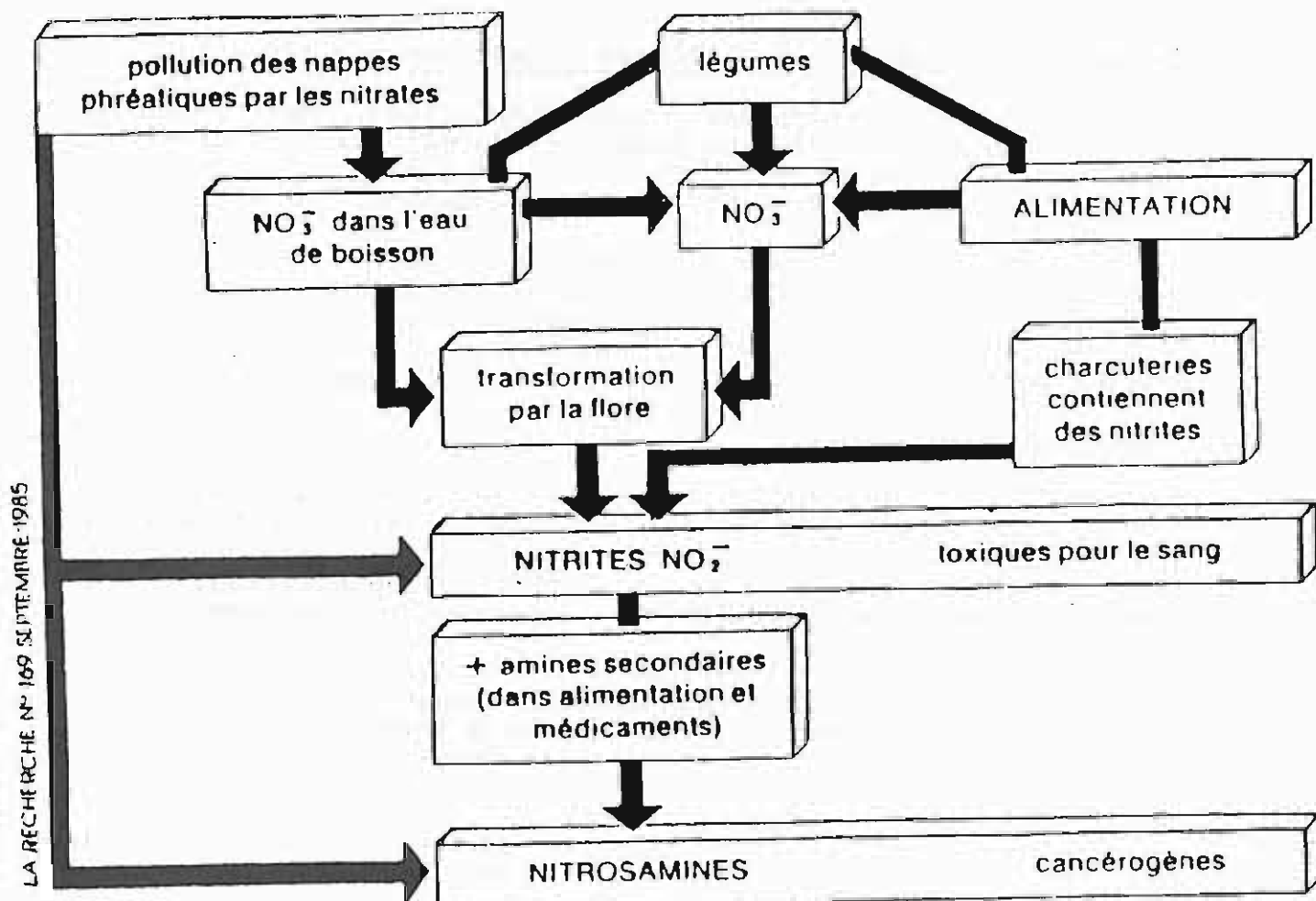
Il convient d'insister tout particulièrement sur les concentrations maximum de nitrates légalement tolérées en France dans les eaux d'alimentation (50 mg/l de  $\text{NO}_3$  en nitrates) selon la Directive Européenne.

Cette tolérance de plus souvent dépassée s'explique par la difficulté de trouver des eaux dépourvues de nitrates (abus d'engrais, rejets d'eaux résiduaires, stations d'épuration incomplètes, etc...).

Cette situation est d'autant plus grave que les nitrates sont dangereux ; en effet, ils s'intègrent dans certaines protéines pour constituer des nitrosamines, éléments cancérigènes.

De plus, les nitrates peuvent nuire aux jeunes enfants en dessous de 3 ans en provoquant, lorsque la teneur dépasse 46 mg/l, une méthémoglobinémie, maladie du sang.

En quantité importantes ils se révèlent directement toxiques. Ainsi chez les adultes l'absorption de 500 mg de nitrates peut provoquer une inflammation des muqueuses intestinales.



---

## EVALUATION DU DEGRE DE POLLUTION D'UNE EAU POLLUEE OU D'UN EFFLUENT.

---

Les mesures à effectuer sont les suivantes :

a) Les M.E.S.T : matières en suspension totales.

Ce sont les matières que l'on peut éliminer par décantation, c'est à dire en laissant les eaux déposer. Mais on peut également accélérer la décantation par floculation (1).

Pour mesurer les M.E.S.T. on pèse ce qui reste après évaporation provoquée d'un litre d'eau (résultat en mg/l.).

(1) Flocculant: produit qui ajouté à l'eau contraint les protéines dissoutes dans l'eau à l'état insoluble. Elles forment alors des flocons qui tombent au fond du bassin.

b) Les M.O. : quantité de matières organiques par litre

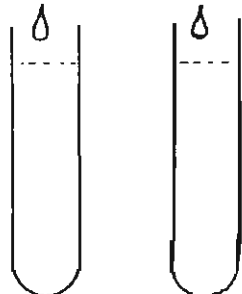
Les matières organiques (par opposition aux matières minérales(2) sont composées de carbone et d'oxygène, ainsi que d'hydrogène et d'azote. Il s'y trouve également en plus faible quantité du soufre et du phosphore.

Ces composés de formules complexes et variables sont décelables par leur propriété de réagir avec les oxydants. Le permanganate de potassium ( $KMnO_4$ ) est très utilisé car il est fortement coloré (violet à rose) sous forme oxydante et pratiquement incolore (sous forme réduite) lorsqu'il a réagi.

" Test au permanganate "

On utilisera une solution à 2 g/l (2‰) de permanganate. Si les matières organiques sont d'origine animale, on dosera en milieu basique; en milieu acide si les matières organiques sont d'origine végétale. Il suffit d'ajouter à l'échantillon, après alcalinisation ou acidification, une goutte de permanganate.

1 goutte :  
de soude            d'acide  
                          sulfurique



si milieu  
basique

si milieu  
acide

Si la solution se décolore, l'eau contient des matières organiques. Pour accélérer la réaction on a intérêt à tiédir le tube simplement pour lancer la réaction.

(2) Matières minérales : de formules simples qui ne contiennent jamais simultanément carbone, hydrogène, oxygène et azote.

c) la D.C.O. : demande chimique en oxygène

C'est la quantité d'oxygène à fournir pour oxyder la totalité des matières organiques en laboratoire sur un échantillon d'eau.

La mesure de la D.C.O. s'effectue à l'aide de dichromate (=bichromate) de potassium ( $K_2Cr_2O_7$ ), à chaud et en milieu acide. Toutefois, il faut préciser que les matières organiques dosées sont uniquement celles qui sont oxydables par cette méthode. C'est le bichromate qui apporte l'oxygène.

d) La D.B.O.5 : demande biochimique en oxygène

C'est la quantité d'oxygène que consomment les bactéries de l'eau pour détruire les matières organiques. La mesure de la D.B.O s'effectue en laboratoire dans des conditions standards : température : 20 °C, temps d'incubation : 5 jours.

La D.B.O. est en général approximativement la moitié de la D.C.O (Les eaux résiduaires d'agglomérations urbaines font en général 500 mg/l de D.B.O).

Il est possible de trouver des eaux résiduaires beaucoup plus polluées allant jusqu'à 50 000 mg/l de D.B.O. et même davantage dans le cas de rejets industriels agro-alimentaires par exemple.

e) La putrescibilité.

Avant de rejeter une eau, il convient de s'assurer qu'elle ne présente pas de phénomènes de putréfaction (dégradation anaérobie des matières organiques). On peut s'en assurer en pratiquant le "test au bleu de méthylène"; ce colorant reste bleu en présence d'oxygène (milieu aérobie) et se décolore en milieu anaérobie. L'expérience dure 5 jours à la température de 30°C.

---

## POLLUTION DES EAUX PAR LES AGENTS CHIMIQUES

---

Certains agents chimiques contenus dans les eaux peuvent être extrêmement dangereux par leur toxicité sur les êtres vivants.

Pour exercer son action toxique, une substance doit être absorbée par l'organisme, y être transportée jusqu'à un organe cible où elle peut se fixer aux cellules ou aux protéines et s'accumuler sur certains sites de fixation riches en lipides (système nerveux, viscères, foie, etc...), pour avoir des effets néfastes complexes aux conséquences très variables : phénomènes de cancérogénèse et de mutagénèse, blocage du mécanisme de division cellulaire, perturbation de l'action des hormones...

Ainsi, par exemple, l'action des toxiques contenus par les eaux peut entraîner au niveau du poisson:

- des modifications du comportement,
- des diminutions des facultés de reproduction,
- des dégénérescences,
- des maladies, etc...
- la mort.

L'évaluation des conséquences de ces polluants chimiques sur le poisson et la micro faune aquatique permet d'étudier les effets complexes, très variables suivant les substances, de ces produits sur les organismes vivants (test de toxicité létale).

Si l'on sait déceler les effets immédiats d'un toxique, il est très difficile de prouver sa responsabilité dans des maladies qu'il aura induites à moyen et long terme.

Les polluants toxiques peuvent provenir du milieu naturel (mercure des roches primaires par exemple) mais maintenant le plus souvent des rejets d'effluents industriels mal épurés...

A titre d'information est présentée page suivant le tableau des normes européennes en matière d'eau potable. Il concerne de nombreux produits toxiques indésirables pour la santé.

## Normes européennes relatives à l'EAU POTABLE

En France, la qualité des eaux d'alimentation était règlementée par un arrêté du 10 août 1961.

La Directive du 15 juillet de la C.E.E. rend obligatoire aux Etats européens le respect de la norme européenne fixée par la Directive du Conseil n°75-440 du 16 juin 1975.

Elle complète par de nombreux paramètres la législation française qui devrait être adaptée.

Il faut cependant savoir que chaque Etat peut obtenir des dérogations (en matière de nitrates le plus souvent).

Qualité d'eaux superficielles destinées à la procédure d'eau alimentaire

	Paramètres	A1 G	A1 I	A2 G	A2 I	A3 G	A3 I
1	pH	6,5-8,5		5,5-9		5,5-9	
2	Coloration (après filtration simple)	10	20 (O)	50	100 (O)	50	200 (O)
	mg/l échelle Pt						
3	Matières totales en suspension	25		22		22	
	mg/l MFS						
4	Température	22	25 (O)		25 (O)		25 (O)
	°C						
5	Conductivité	1 000		1 000		1 000	
	µs/cm l à 20 °C						
6	Odeur	3		10		20	
	(facteur de dilution à 25 °C)						
7*	Nitrates	25	50 (O)		50 (O)		50 (O)
	mg/l NO <sub>2</sub>						
8 (1)	Fluorures	0,7/1	1,5	0,7/1,7		0,7/1,7	
	mg/l F						
9	Chlore organique total extractible						
	mg/l Cl						
10*	Fer dissous	0,1	0,3	1	2	1	
	mg/l Fe						
11*	Manganèse	0,05		0,1		1	
	mg/l Mn						
12	Cuivre	0,02	0,05 (O)	0,05		1	
	mg/l Cu						
13	Zinc	0,5	3	1	5	1	5
	mg/l Zn						
14	Bore	1		1		1	
	mg/l B						
15	Béryllium						
	mg/l Be						
16	Cobalt						
	mg/l Co						
17	Nickel						
	mg/l Ni						
18	Vanadium						
	mg/l V						
19	Arsenic	0,01	0,05		0,05	0,05	0,1
	mg/l As						
20	Cadmium	0,001	0,005	0,001	0,005	0,001	0,005
	mg/l Cd						
21	Chrome total		0,05		0,05		0,05
	mg/l Cr						
22	Plomb		0,05		0,05		0,05
	mg/l Pb						
23	Sélénium		0,01		0,01		0,01
	mg/l Se						
24	Mercurure	0,0005	0,001	0,0005	0,001	0,0005	0,001
	mg/l Hg						
25	Baryum		0,1		1		1
	mg/l Ba						
26	Cyanure		0,05		0,05		0,05
	mg/l Cn						
27	Sulfates	150	250	150	250 (O)	150	250 (O)
	mg/l So <sub>4</sub>						
28	Chlorures	200		200		200	
	mg/l Cl						

	Paramètres	A1 G	A1 I	A2 G	A2 I	A3 G	A3 I
29	Agents de surface (ragissant au bleu de méthylène) mg/l (lauryl-sulfate)	0,2		0,2		0,5	
30* (2)	Phosphates mg/l P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,4		0,7		0,7	
31	Phénols (indice phénols) parnitroaniline 4 aminoantipyrine mg/l C <sub>4</sub> H <sub>3</sub> OH		0,001	0,001	0,005	0,01	0,1
32	Hydrocarbures dissous ou émulsionnés (après extraction par éther de pétrole) mg/l		0,05		0,2	0,5	1
33	Carbure aromatique polycyclique mg/l		0,0002		0,0002		0,001
34	Pesticides total (parathion, DDT, dieldrine) mg/l		0,001		0,0025		0,005
35*	Demande chimique en oxygène (DCO) mg/l O <sub>2</sub>					10	
36*	Taux de saturation en oxygène dissous % O <sub>2</sub>	> 70		> 50		> 30	
37*	Demande biochimique en oxygène (DBO <sub>5</sub> ) à 20 °C sans nitrification mg/l O <sub>2</sub>	< 3		< 5		< 7	
38	Azote Kjeldahl (NO excepté) mg/l N	1		2		3	
39	Ammoniaque mg/l NH <sub>3</sub>	0,05		1	1,5	2	4 (O)
40	Substances extractibles au chloroforme mg/l SEC	0,1		0,2		0,5	
41	Carbone organique total mg/l C						
42	Carbone organique résiduel après floculation et filtration sur membrane (5µ) TOC mg/l C						
43	Coliformes totaux 37 °C /100 ml	50		5 000		50 000	
44	Coliformes fécaux /100 ml	20		2 000		20 000	
45	Streptocoques fécaux /100 ml	20		1 000		10 000	
46	Salmonelles	absence dans 5 000 ml		absence dans 1 000 ml			

I = impérative.

G = guide.

O = circonstances climatiques ou géographiques exceptionnelles.

\* = voir article 8 sous d).

(1) Les valeurs indiquées constituent les limites supérieures déterminées en fonction de la température moyenne annuelle (température élevée et température basse)

(2) Ce paramètre est inséré pour satisfaire aux exigences écologiques de certains milieux.

### A1, A2, A3,

correspondent aux différentes catégories de traitements appliqués aux eaux superficielles captées pour les rendre potables :

A1 = traitement physique simple et désinfection par exemple filtration rapide et désinfection.

A2 = traitement normal physique, chimique et désinfection, par exemple, préchloration, coagulation, floculation, décantation, filtration, désinfection (chloration finale),

A3 = traitement physique, chimique poussé, affinage et désinfection, par exemple chloration au break point, coagulation, floculation, décantation, filtration affinage (carbone actif), désinfection (ozone, chloration finale).