

ESSAIS TOXICOLOGIQUES DE PRODUITS CHIMIQUES SUR DES POISSONS  
D'EAU DOUCE

Sommaire. - Le volume et la toxicité des effluents industriels et urbains deviennent de plus en plus importants, les risques de pollution aiguë ou chronique croissent en proportion.

Il est donc nécessaire de déterminer les doses minima mortelles pour le poisson (1 h ou 6 h, d'après les conventions) des composants éventuels des effluents considérés.

Les essais qui font l'objet de ce rapport sont les suivants :

- toxicité de quelques produits chimiques, pris séparément : sulfate, chlorure, fluorure de sodium, etc...
- toxicité de quelques ions métalliques :  $Al^{3+}$ ,  $Fe^{++}$  et  $Fe^{3+}$ ,  $Pb^{++}$ , etc...
- toxicité de quelques mélanges sur des espèces différentes de poissons : perche-soleil, tanche, carassin, gardon, goujon, ablette.

./.

CHEMICAL PRODUCTS TOXICOLOGICAL TESTS PERFORMED ON LAKE  
AND RIVER FISH

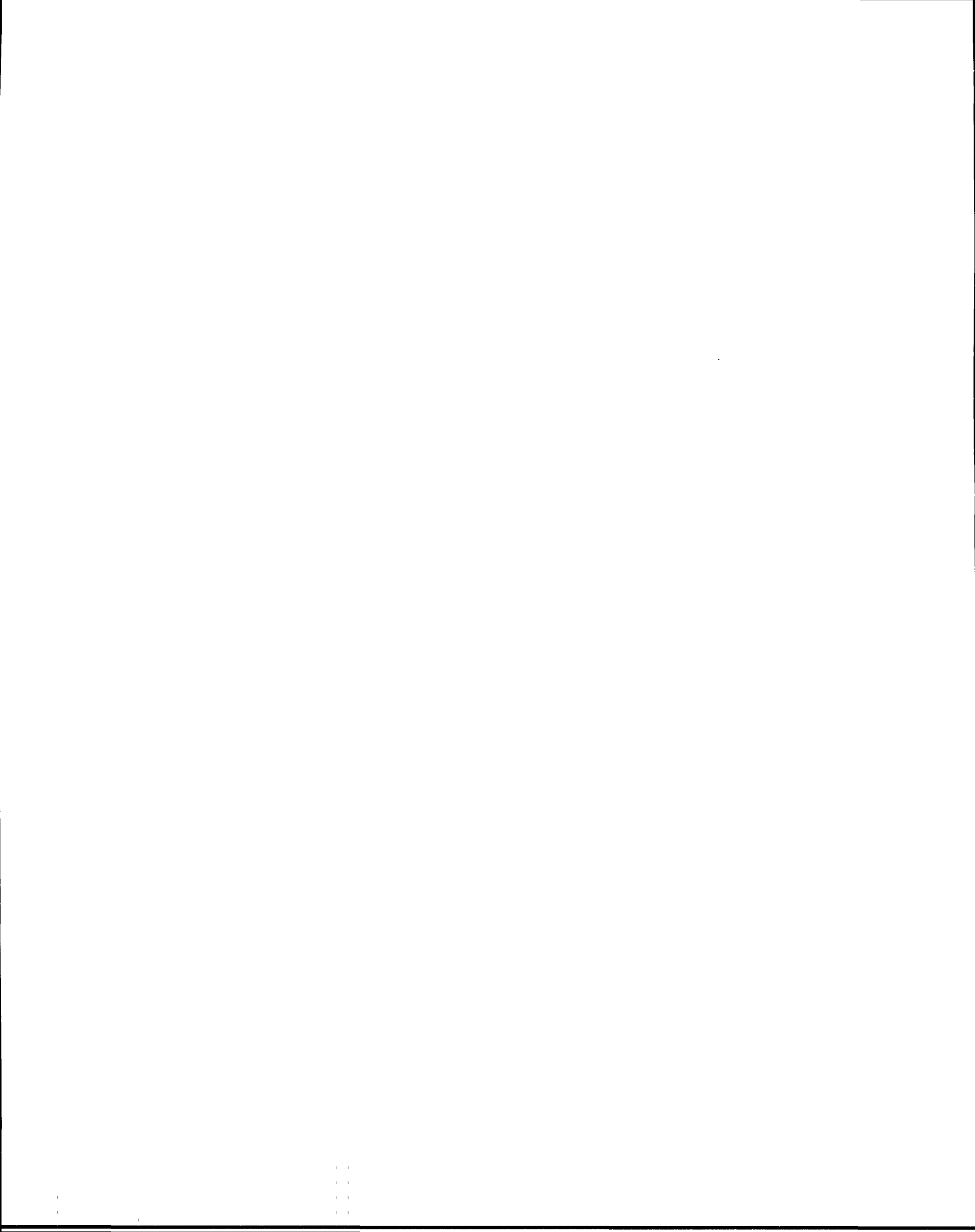
Summary. - The volume and toxical values of industrial and urban effluents are growing higher and therefore acute or chronic pollution hazard is proportionally increased.

Hence it is necessary to determine the effluent components minimum lethal dose for fish (one hour or six hours according to applicable standards).

The following tests are described in this report :

- toxicity of some chemical products, tested individually : sodium, sulphate, sodium chloride, sodium fluoride, etc...
- toxicity of some metal ions :  $Al^{3+}$ ,  $Fe^{++}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Pb^{++}$ , etc...
- toxicity of certain mixed compounds for various fish species : sun perch, tench, gold fish, roach, gudgeon, bleak.

./.



Les chiffres obtenus représentent des valeurs locales et peuvent servir de références et de base de travail pour le calcul des caractéristiques des effluents à leur rejet.

1966

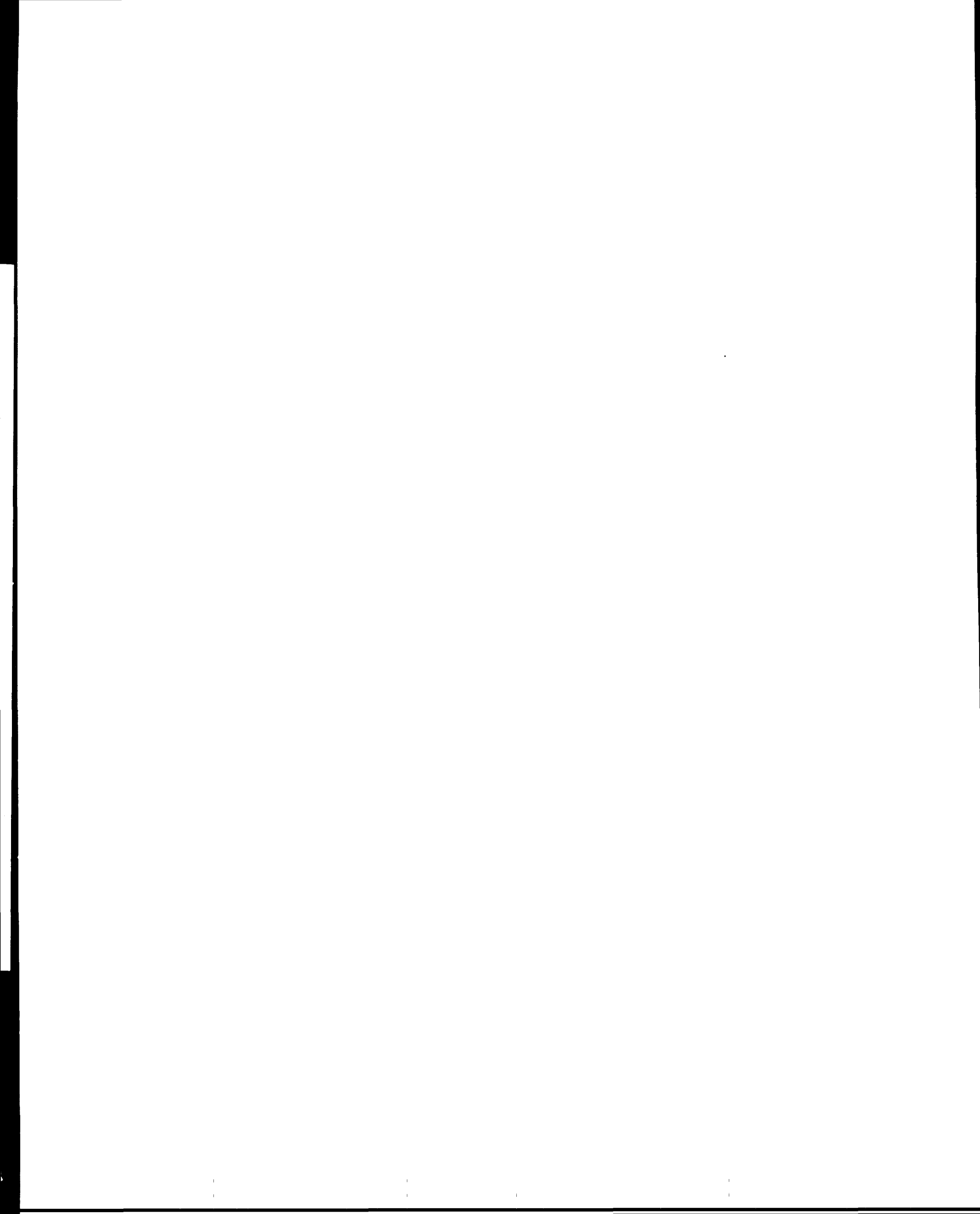
47 p.

The test results obtained represent local values and may be used for reference and as a general basis for other investigation and calculation of the effluents data when released.

1966

47 p.

Commissariat à l'Energie Atomique - France



**ESSAIS TOXICOLOGIQUES  
DE PRODUITS CHIMIQUES  
SUR DES POISSONS D'EAU DOUCE**

par

Françoise TEULON, Claude SIMEON

**Rapport C E A - R 2938**

**1966**

**Da**

**CENTRE DE PIERRELATTE**



- Rapport CEA-R 2938 -

Centre de Pierrelatte  
Section Protection

ESSAIS TOXICOLOGIQUES DE PRODUITS CHIMIQUES  
SUR DES POISSONS D'EAU DOUCE

par

Françoise TEULON et Claude SIMEON

*Les rapports du COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE sont, à partir du n° 2200, en vente à la Documentation Française, Secrétariat Général du Gouvernement, Direction de la Documentation, 16, rue Lord Byron, PARIS VIIIème.*

*The C.E.A. reports starting with n° 2200 are available at the Documentation Française, Secrétariat Général du Gouvernement, Direction de la Documentation, 16, rue Lord Byron, PARIS VIIIème.*

- Avril 1966 -

**ESSAIS TOXICOLOGIQUES DE PRODUITS CHIMIQUES  
SUR DES POISSONS D'EAU DOUCE**

A l'heure actuelle le problème de la pollution des eaux devient de plus en plus préoccupant.

En effet, les concentrations industrielles ou urbaines augmentent rapidement dans certaines régions avec les sous-produits, déchets et effluents qui en sont la rançon, et d'autre part les besoins en eau douce augmentent à la suite de l'accroissement de la population et des volumes plus importants nécessaires par tête d'habitant. Les établissements industriels eux aussi consomment des quantités croissantes.

Or l'augmentation des pollutions a tendance à diminuer les quantités d'eaux propres et de bonne qualité disponibles.

Pour lutter contre cet état de fait une véritable politique de l'eau et une prise de conscience collective du problème sont nécessaires.

La pollution croissante entraîne des dépenses considérables dans le traitement des eaux avant usage, stérilise certains milieux, détruit les équilibres bio-



cénotiques aquatiques, perturbe la faune des eaux douces et aboutit à une dépréciation, une diminution du capital naturel, une altération de l'ensemble écologique dont l'homme fait partie intégrante.

Pour éviter tous ces inconvénients il faut traiter les effluents de manière à ce qu'ils aient le moins d'influence possible sur la composition et l'équilibre des eaux.

Pour ces traitements des critères de base d'efficacité sont nécessaires.

La législation prévoit certaines caractéristiques physico-chimiques auxquelles devront satisfaire les eaux résiduaires pour pouvoir être évacuées, elle précise également que les effluents ne devront causer aucun dommage à la flore ou à la faune aquatique.

Il est nécessaire d'éviter les pollutions aiguës ou chroniques et dans ce but, Techniciens, Chimistes, Naturalistes devront unir leurs efforts pour mettre au point un ensemble de moyens de traitement et de contrôle.

Afin d'apprécier la toxicité des effluents il faut déterminer les doses minima mortelles une heure ou six heures pour le poisson afin d'ajuster la composition de l'effluent à ces normes et de ne causer aucun dégât. Bien entendu il est intéressant de réaliser des études locales sur le calcul des D. M. M. celles-ci pouvant être modifiées par les caractéristiques générales de l'eau, le climat et différents facteurs locaux, tels que les courants et par-là même l'oxygénation des eaux.

C'est la raison pour laquelle nous avons entrepris une étude toxicologique pour déterminer les D. M. M. poissons à prendre en considération pour les effluents chimiques d'un Centre industriel du Sud Est de la France. Ces quelques essais sont sans prétention, ils ont été réalisés avec des moyens simples que n'importe quel laboratoire peut réaliser afin d'appliquer le problème à son cas particulier. Ils peu-

vent permettre de prévoir des traitements, des dilutions d'effluents afin d'assurer des rejets rationnels.

Dans la vallée du Rhône où nous avons procédé à ces essais les cours d'eau sont surtout peuplés par les espèces de poissons suivantes, de valeur très différente d'ailleurs:

LA TANCHE : Tinca Tinca -L-

vit dans les eaux calmes vaseuses riches en plantes aquatiques et relativement chaudes.

LE GOUJON : Gobio Gobio -L-

préfère les fonds de sable propre et les eaux fraîches assez oxygénées, on le trouve dans les canaux de surface et le Rhône.

LA CARPE : Cyprinus Carpio -L-

se plaît dans les eaux stagnantes et chaudes.

BARBEAU COMMUN : Barbus barbus -L-

relativement peu fréquent dans la moyenne vallée du Rhône.

L'ABLETTE : Alburnus alburnus - L -

extrêmement nombreuse le long des berges du Rhône, à la limite du courant.

LE HOTU : Chondrostoma nasus -L-

espèce envahissante, sans intérêt et classée nuisible, se déplace par bancs assez denses, détruit les frayères des autres espèces.

- SOFFIE :** *Chondrostoma toxostoma* -VAL-  
C'est un Hotu de petite taille présentant en plus une bande longitudinale foncée. On la trouve souvent mélangée au Hotu mais sa fécondité faible et sa petite taille la rendent moins nuisible que l'espèce précédente.
- VANDOISE :** *Leuciscus Leuciscus* -L-  
très répandue, s'accommode d'eaux médiocres, bien qu'elle les préfère claires.
- CHEVAINE :** *Leuciscus Cephalus*  
très nombreux dans les cours d'eau locaux et dans le Rhône, aime la lumière et se rencontre souvent à la surface, s'hybride facilement avec la Vandoise.
- BREME COMMUNE :** *Abramis brama* -L-  
elle vit dans des loges profondes au contact de la vase et évite la lumière vive, se trouve dans les gravières et aïssons de régulation.
- LE CARASSIN :** *Carassius Carassius* - L -  
On rencontre fréquemment cette espèce dans les eaux dormantes et même marécageuses, sa biologie ressemble à celle de la carpe.
- LE GARDON :** *Gardonus Rutilus* -L-  
très répandu préfère les herbiers assez denses au bord des pièces ou des cours d'eau, supporte assez bien les pollutions organiques.
- LE ROTENGLÉ :** *Scardinius érythropthalmus* -L-  
appelé aussi Gardon rouge il est moins résistant que le précédent, assez répandu.

- LA PERCHE :** *Perca fluviatilis* -L -  
Poisson assez fréquent dans le Rhône où elle vit en petites troupes groupées.
- LA PERCHE SOLEIL :** *Eupomotis Gibbosus*  
originaire d'Amérique, très envahissante et nombreuse dans ruisseaux et cours d'eau locaux. Ne présente pratiquement qu'un intérêt décoratif.
- LE SANDRE :** *Sander lucioperca* -L-  
poisson très recherché pour la qualité de sa chair, bien acclimaté dans les eaux du Rhône.
- BLACK BASS :** *Micropterus Salmoïdes*  
chair de qualité, très vorace, on en trouve quelques spécimens dans le Rhône où il est relativement peu répandu, du moins dans la zone où nous effectuons des recherches statistiques.
- LA TRUITE :** *Salmo trutta* -L-  
rare dans nos cours d'eau en raison de leur température et de l'insuffisance en oxygène dissous.
- POISSON CHAT :** *Ameiurus Nebulosus*  
espèce très vorace, nuisible, résistante, sans valeur pratique et qui se montre envahissante. Il s'agit là d'une importation malheureuse.
- BROCHET :** *Esox Lucius* -L-  
carnassier, se plaisant dans les herbiers le long des rives dans lesquelles il se tient immobile à l'affût. C'est une espèce de valeur.

ANGUILLE : *Anguilla Anguilla* -L-

se trouve dans tous les cours d'eau, quelques spécimens atteignent une belle taille, elle vit surtout dans la vase ou le fond des cours d'eau.

Nous avons réalisé en laboratoire une série d'expériences sur des poissons (ablettes, goujons, gardons, etc...) afin d'étudier la toxicité de certains produits chimiques. Ceux-ci entrent dans la composition d'effluents industriels.

## I - CONDITIONS EXPERIMENTALES

Avant les essais, les poissons ont été conservés au moins 4 jours dans de l'eau propre renouvelée quotidiennement et aérée en continu (ceci pour éliminer les poissons blessés au cours de la pêche et assurer des conditions de vie normales des poissons qui serviront aux expériences).

Tout le matériel de laboratoire utilisé est constitué par de la verrerie (sauf pour les fluorures) propre, exempte de tout produit chimique et les solutions sont préparées avec de l'eau pure dans laquelle un poisson vit parfaitement.

Pour chaque produit testé, notre objectif principal a été d'établir la concentration nécessaire et suffisante pour entraîner la mort du poisson en moins d'une heure, ou en moins de 6 heures (essais toxicologiques complémentaires).

Chaque essai a été réalisé dans un cristalliseur contenant 4 à 6 litres de la solution à étudier.

## II - ESSAIS PRELIMINAIRES EFFECTUES SUR GARDONS ET CARASSINS

Toxicité due aux valeurs acides ou basiques du pH.

pH = 3	:	un poisson meurt en 5 mn en rejetant du sang par ses ouïes
pH = 3,5	:	un poisson meurt en 30 mn
pH = 4,1	:	un poisson vit au delà d'une heure
pH = 8,2	:	" " " " " "
pH = 9,6	:	" " " " " "
pH = 10,5	:	un poisson meurt en 6 mn.

1 - Sulfate de sodium (décahydraté)

Les concentrations sont exprimées en grammes par litre d'ion  $\text{SO}_4^{--}$ .

Le pH des solutions est toujours voisin de 7.

- 20 g/l mort instantanée
- 15 g/l mort instantanée
- 13 g/l mort en 1 mn environ
- 12 g/l mort en 5 mn
- 11 g/l un poisson vit plus d'une heure

2 - Chlorure de sodium

Les concentrations sont exprimées en grammes par litre d'ion  $\text{Cl}^-$ . Le

pH des solutions est toujours voisin de 7.

- 15 g/l : premier symptôme dès 30 s, mort au bout de 13 mn.
- 10 g/l : premier symptôme rapide également, puis s'accroît et vit au delà de 1 h 30.
- 8,25 g/l : un poisson meurt en 8 heures.

3 - Fluorure de sodium

Les concentrations sont exprimées en milligrammes par litre d'ion  $\text{F}^-$ . Le

pH de la solution est au plus égal à 8,85.

Nous avons d'abord essayé une première série de concentrations : 100, 50, 35 et 10 mg/l ; mais comme la sensibilité des poissons était absolument nulle à leur égard, nous en avons réalisé une seconde :

- 5 000 mg/l : mort en 3 mn
- 1 250 mg/l : mort en 26 mn
- 950 mg/l : mort en 50 mn
- 800 mg/l : un poisson vit plus d'une heure

4 - Nitrate de calcium

Les concentrations sont exprimées en grammes par litre d'ion  $\text{NO}_3^-$ . Le pH des solutions est au moins égal à 5,15.

- 35 et 30 g/l : les poissons meurent dans les 15 mn
- 25 g/l : mort en 45 mn
- 20 g/l : un poisson vit plus d'une heure

5 - Carbonate de sodium

Nous avons réalisé une première série d'essais de la toxicité de l'ion  $\text{CO}_3^{--}$  : 30, 20, 10, 8 et 4 g/l ; tous les poissons sont morts en quelques secondes avec soubresauts violents et hémorragie par les ouïes. Jusqu'à 500 mg/l le poisson meurt dans les 10 mn.

A 250 mg/l le poisson vit plus d'une heure.

Comme le pH de ces solutions était supérieur à 10, le problème se posait de savoir si la mort était due au pH ou à l'ion  $\text{CO}_3^{--}$ .

Nous avons donc réalisé d'autres essais avec des solutions neutralisées par une légère addition d'acide chlorhydrique, de façon à rendre le pH inférieur à 9.

- 4 g/l : mort instantanée
- 3 g/l : mort en 10 mn
- 2 g/l : un poisson vit plus d'une heure

La toxicité du carbonate de sodium est donc due en grande partie au pH très basique de sa solution.

Remarques :

La très faible quantité d'ions  $\text{Cl}^-$  ajoutés n'intervient pas au point de vue toxicité.

Cet apport d'ion  $\text{Cl}^-$  transforme une légère proportion d'ion  $\text{CO}_3^{--}$  en ion  $\text{CO}_3\text{H}^-$  mais il n'y a pas dégagement de gaz carbonique  $\text{CO}_2$  à température ambiante et à un pH encore basique. La concentration n'est donc pas diminuée.

6 - Carbonate acide d'ammonium

Les concentrations sont exprimées en milligrammes par litre d'ion  $\text{NH}_4^+$ .  
le pH des solutions est voisin de 7, 8.

- 400 mg/l : mort en moins de 5 mn

- 200 mg/l : mort en 10 mn

Cette concentration correspond encore à 680 mg/l d'ion  $\text{CO}_3\text{H}^-$ .

Nous discuterons de son rôle.

- 100 mg/l : mort en 35 mn

- 70mg/l : mort en 1 h 40

Dans le cas du carbonate acide d'ammonium le problème du pH ne se pose pas puisqu'il est inférieur à 8. Mais il y a addition de deux effets toxiques, l'un dû à l'ion  $\text{CO}_3\text{H}^-$  l'autre à l'ion  $\text{NH}_4^+$ .

Nous avons donc essayé un autre corps contenant l'ion  $\text{NH}_4^+$  soit le chlorure d'ammonium. Le pH de la solution est au moins égal à 5,15 à la dose utilisée, la présence de l'ion  $\text{Cl}^-$  est pratiquement sans importance.

200 mg/l en ion  $\text{NH}_4^+$  (soit 400 mg/l en  $\text{Cl}^-$ ) le poisson meurt au bout d'une heure. La toxicité de l'ion  $\text{CO}_3\text{H}^-$  dans les essais précédents était donc sensible.

#### 7 - Phosphate trisodique (dodécahydraté)

Les concentrations sont exprimées en grammes par litre d'ion  $\text{PO}_4^{3-}$ . Le pH des solutions de ce sel étant très basique. il y a encore lieu de se poser le même problème que pour le carbonate de sodium.

Nous avons donc réalisé deux séries d'essais :

##### a) Solutions non neutralisées

- 5 g/l et 2,5 g/l : mort instantanée
- 1 g/l : mort en 2 mn

##### b) Solutions neutralisées (formation en légère proportion $\text{PO}_4\text{H}^{2-}$ )

- 8 g/l : mort en une demi-heure
- 5 g/l : un poisson vit plus d'une heure

dans ce cas encore, la toxicité due au pH est très importante par rapport à celle due à l'ion  $\text{PO}_4^{3-}$ .

#### 8 - Chromate de potassium

Les concentrations sont exprimées en milligrammes par litre d'ion  $\text{Cr}^{6+}$   
Le pH ne dépasse pas 8.

- 5 000 mg/l : mort en 15 mn
- 1 000 mg/l : mort dans l'heure
- 500 mg/l : mort en 12 heures environ

Pour les essais des paragraphes 7 et 8, nous n'avons pu, faute de poisson, réaliser une échelle suffisante de concentrations. Nous l'envisagerons ultérieurement si cela est nécessaire.

### III - CONCLUSIONS

Dans les expériences précédentes, nous avons étudié chaque produit chimique séparément, en tenant compte cependant de la double toxicité due à chacun des deux ions d'un sel, tel que le carbonate acide d'ammonium.

Dans une seconde série d'essais nous avons examiné la toxicité de différents mélanges de ces produits.

Dans la première série d'expériences, nous avons étudié la toxicité individuelle de produits industriels susceptibles de se trouver dans les effluents industriels.

Nous allons maintenant étudier la toxicité de divers mélanges de ces corps.



## I - ESSAIS A 4 PH DIFFERENTS SUR DIVERS MELANGES DE PRODUITS CHIMIQUES

Chaque corps est pris à la concentration qui lui a été attribuée arbitrairement pour tenir compte des synergies éventuelles, à partir des toxicités individuelles des ions essayés dans la première partie :

$\text{Cl}^-$	: 5 g/l
$\text{SO}_4^{--}$	: 4 g/l
$\text{NH}_4^+$	: 3 mg/l
$\text{NO}_3^-$	: 3 g/l
$\text{PO}_4^{3-}$	: 5 g/l
$\text{CO}_3^{--}$	: 2 g/l
$\text{F}^-$	: 8 mg/l

Il s'agit de montrer dans quelle proportion les synergies accroissent la toxicité.

Solution n° 1 : elle contient les 7 ions aux concentrations indiquées ci-dessus ;

- à pH = 9, un poisson meurt en 30 secondes
- " pH = 8, " " " " 1 minute 30
- " pH = 7, " " " " 1 minute 45
- " pH = 6, " " " " 2 minutes

Solution n° 2 : elle contient les ions chlorure, sulfate, nitrate, carbonate, phosphate et ammonium; elle est exempte de fluorure.

- pH = 9 mort en 40 secondes

- pH = 8 mort en 40 secondes
- pH = 7 " " 45 "
- pH = 6 " " 3 minutes

Solution n° 3 : elle est exempte de carbonate, elle contient les 6 autres ions.

- pH = 9 mort en 45 secondes
- pH = 8 " " 30 "
- pH = 7 " " 1 minute 30
- pH = 6 " " 1 "

Solution n° 4 : elle est exempte de phosphate

- pH = 9 mort en 4 minutes
- pH = 8 " " 5 "
- pH = 7 " " 10 "
- pH = 6 " " 10 "

Solution n° 5 : elle est exempte de nitrate

- pH = 9 mort en 1 minute
- pH = 8 " " 45 secondes
- pH = 7 " " 4 minutes
- pH = 6 " " 2 "

Solution n° 6 : elle est exempte d'ammonium

- pH = 9 mort en 45 secondes
- pH = 8 " " 40 "
- pH = 7 " " 1 minute
- pH = 6 " " 1 "

Solution n° 7 : elle est exempte de chlorure

- pH = 9 mort en 1 minute
- pH = 8 " " 1 " 30
- pH = 7 " " 2 "
- pH = 6 " " 2 " 30

Solution n° 8 : elle est exempte de sulfate

- pH = 9 mort en 1 minute
- pH = 8 mort en 2 "
- pH = 7 mort en 2 "
- pH = 6 mort en 3 "

De ces essais, il ressort que :

1. l'accroissement de toxicité dû aux synergies est considérable
2. les solutions présentent une toxicité équivalente à l'exception de la solution n° 4. Les essais suivants préciseront l'effet particulièrement toxique de l'ion phosphate.
3. le pH, pour les 4 valeurs considérées, n'a que peu d'influence. Il n'en serait évidemment pas de même, si le pH était supérieur à 10 ou inférieur à 4, comme il a été montré dans la première partie.

## II - DILUTIONS

A partir des 8 solutions précédentes, nous allons réaliser des dilutions successives jusqu'à ce que les poissons ne meurent plus avant 50 à 60 minutes.

Solution n° 1

$\text{SO}_4^{--}$ g/l	$\text{Cl}^-$ g/l	$\text{NH}_4^+$ mg/l	$\text{NO}_3^-$ g/l	$\text{PO}_4^{3-}$ g/l	$\text{CC}_3^{--}$ g/l	$\text{F}^-$ mg/l	Toxicité poisson
2	2,5	1,5	1,5	2,5	1	4	mort en 13 mn
1,3	1,7	1	1	1,7	0,67	2,7	22 mn
0,9	1,1	0,67	0,67	1,1	0,45	1,8	39 mn
0,6	0,74	0,45	0,45	0,74	0,3	1,2	résiste 1 heure

Il faut donc arriver à une dilution au septième pour que le poisson résiste 1 heure.

Solution n° 2

$\text{SO}_4^{--}$ g/l	$\text{Cl}^-$ g/l	$\text{NH}_4^+$ mg/l	$\text{NO}_3^-$ g/l	$\text{PO}_4^{3-}$ g/l	$\text{CO}_3^{--}$ g/l	$\text{F}^-$ mg/l	Toxicité
2	2,5	1,5	1,5	2,5	1	--	9 mn
1,3	1,7	1	1	1,7	0,67	--	20 mn
0,9	1,1	0,67	0,67	1,1	0,45	--	35 mn
0,6	0,74	0,45	0,45	0,74	0,3	--	résiste 1 heure

L'ion fluorure, aux concentrations considérées, n'est donc pas toxique. Il faut encore une dilution au septième.

Solution n° 3

$\text{SO}_4^{--}$ g/l	$\text{Cl}^-$ g/l	$\text{NH}_4^+$ mg/l	$\text{NO}_3^-$ g/l	$\text{PO}_4^{3-}$ g/l	$\text{CO}_3^{--}$ g/l	$\text{F}^-$ mg/l	Toxicité
2	2,5	1,5	1,5	2,5	—	4	14 mn
1,3	1,7	1	1	1,7	—	2,7	31 mn
0,9	1,1	0,67	0,67	1,1	—	1,8	résiste 1 heure

La suppression de l'ion carbonate diminue la toxicité et une dilution au cinquième suffit

Solution n° 4

$\text{SO}_4^{--}$ g/l	$\text{Cl}^-$ g/l	$\text{NH}_4^+$ mg/l	$\text{NO}_3^-$ g/l	$\text{PO}_4^{3-}$ g/l	$\text{CO}_3^{--}$ g/l	$\text{F}^-$ mg/l	Toxicité
2	2,5	1,5	1,5	—	1	4	résiste 1 heure

En l'absence d'ion phosphate, dès la dilution au demi, un poisson vit au delà de l'heure.

A la concentration considérée, l'ion phosphate est donc particulièrement toxique. Dans les solutions-mères, les ions sulfate, chlorure, ammonium, nitrate carbonate et fluorure ont été pris à leurs doses minima mortelles divisées par deux ; pour l'ion phosphate, la concentration de 5 g/l est la dose mortelle pour 1 heure, ce qui est bien plus important.

Nous serons donc amenés à diminuer nettement la concentration en phosphate pour avoir moins à diminuer les concentrations en autres ions.

Solution n° 5

$\text{SO}_4^{--}$ g/l	$\text{Cl}^-$ g/l	$\text{NH}_4^+$ mg/l	$\text{NO}_3^-$ g/l	$\text{PO}_4^{3-}$ g/l	$\text{CO}_3^{--}$ g/l	$\text{F}^-$ mg/l	Toxicité
2	2,5	1,5	—	2,5	1	4	11 mn
1,3	1,7	1	—	1,7	0,67	2,7	résiste 1 heure

La suppression de l'ion nitrate diminue nettement la toxicité et une dilution au tiers suffit.

Solution n° 6

$\text{SO}_4^{--}$ g/l	$\text{Cl}^-$ g/l	$\text{NH}_4^+$ mg/l	$\text{NO}_3^-$ g/l	$\text{PO}_4^{3-}$ g/l	$\text{CO}_3^{--}$ g/l	$\text{F}^-$ mg/l	Toxicité
2	2,5	—	1,5	2,5	1	4	8 mn
1,3	1,7	—	1	1,7	0,67	2,7	25 mn
0,9	1,1	—	0,67	1,1	0,45	1,8	40 mn
0,6	0,74	—	0,45	0,74	0,3	1,2	résiste 1 heure

l'ion ammonium, aux concentrations considérées, n'est pas toxique. Malgré sa suppression, il faut encore une dilution au septième.

Solution n° 7

$\text{SO}_4^{--}$ g/l	$\text{Cl}^-$ g/l	$\text{NH}_4^+$ mg/l	$\text{NO}_3^-$ g/l	$\text{PO}_4^{3-}$ g/l	$\text{CO}_3^{--}$ g/l	$\text{F}^-$ mg/l	Toxicité
2	--	1,5	1,5	2,5	1	4	9 mn
1,3	--	1	1	1,7	0,67	2,7	34 mn
0,9	--	0,67	0,67	1,1	0,45	1,8	résiste 1 heure

Solution n° 8

$\text{SO}_4^{--}$ g/l	$\text{Cl}^-$ g/l	$\text{NH}_4^+$ mg/l	$\text{NO}_3^-$ g/l	$\text{PO}_4^{3-}$ g/l	$\text{CO}_3^{--}$ g/l	$\text{F}^-$ mg/l	Toxicité
--	2,5	1,5	1,5	2,5	1	4	8 mn
--	1,7	1	1	1,7	0,67	2,7	32 mn
--	1,1	0,67	0,67	1,1	0,45	1,8	résiste 1 heure

La suppression de l'ion chlorure ou de l'ion sulfate abaisse donc la toxicité et il suffit d'une dilution au cinquième.

De ces essais de dilution, il ressort que :

- Il n'est pas nécessaire de faire des dilutions pour les ions fluorure et ammonium, leur toxicité étant négligeable aux concentrations considérées ;

- La toxicité des ions carbonate, chlorure et sulfate est équivalente, celle du nitrate un peu plus importante ; quant à celle de l'ion phosphate, elle est considérable.

En tenant compte de tous ces facteurs, nous avons réalisé les tests suivants.

Solution A

Pour les ions fluorure et ammonium, nous avons pris la concentration correspondant à la norme retenue.

Pour les ions sulfate, chlorure, nitrate et carbonate, nous avons divisé cette concentration par deux.

Il s'agit de déterminer la quantité d'ion phosphate que l'on peut admettre pour la dose mortelle de 1 heure.

SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> g/l	Cl <sup>-</sup> g/l	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg/l	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> g/l	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> mg/l	CO <sub>3</sub> <sup>--</sup> g/l	F <sup>-</sup> mg/l	Toxicité
2	2,5	3	1,5	125	1	8	résiste 1 heure
2	2,5	3	1,5	250	1	8	45 mn

Pour qu'un poisson résiste une heure, il faut donc moins de 250 mg/l d'ion phosphate.

Solution B

Les concentrations respectives en ions fluorure et ammonium sont encore celles correspondant aux normes retenues.

Pour les ions sulfate, chlorure, nitrate et carbonate, leur concentration respective a été divisée par quatre.

SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> g/l	Cl <sup>-</sup> g/l	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg/l	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> g/l	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> mg/l	CO <sub>3</sub> <sup>--</sup> g/l	F <sup>-</sup> mg/l	Toxicité
1	1,25	3	0,75	250	0,5	8	résiste 1 heure
1	1,25	3	0,75	500	0,5	8	40 mn

Pour qu'un poisson résiste une heure, il faut donc moins de 500 mg/l d'ion phosphate.

### TOXICOLOGIE DES METAUX

Nous avons réalisé une nouvelle série d'expériences sur des poissons afin d'étudier la toxicité de certains métaux : aluminium, fer, plomb, zinc, manganèse, cuivre.

Les poissons utilisés pour cet essai étaient des Carassins (*Carassius Carassius* et *Carassius Auratus*) qui, il faut le dire présentent en général une résistance supérieure à d'autres poissons tels l'Ablette, le Gardon, le Chevaine, le Goujon.

Pour les cinq premiers métaux, l'étude de la toxicité est limitée par la présence de quantités importantes de sulfate, ou nitrate ou chlorure liées à ces métaux. Nous n'aurons donc pas une valeur intrinsèque de la toxicité mais relative, comparée à celle du sulfate de sodium ou du nitrate de potassium, par exemple.

Le cuivre étant toxique à des doses beaucoup plus faibles, la quantité correspondante de sulfate est négligeable.

Nous avons veillé à ce que le pH de chaque solution soit au moins égal à 5,5 (norme minimum imposée par la législation) afin d'éviter un accroissement de toxicité dû au facteur pH. Ceci a cependant l'inconvénient de provoquer la formation de précipités d'hydroxydes dans le cas de l'aluminium, du cuivre et de l'ion ferrique. La concentration de la solution est alors modifiée.

Dans cette nouvelle série de tests, notre objectif est le même que dans les deux précédentes : établir la concentration nécessaire et suffisante pour entraîner la mort d'un poisson en moins d'une heure.

#### I - ALUMINIUM -

a) - Sulfate d'aluminium anhydre :  $Al_2(SO_4)_3$

Le pH de chaque solution, initialement voisin de 4, a été ramené à 6 environ, ce qui provoque la formation d'un précipité d'hydroxyde d'aluminium :

- 23,7 g/l de sulfate d'aluminium

- soit  $\left[ \begin{array}{l} 20 \text{ g/l d'ion } SO_4^{--} \\ 3,7 \text{ g/l d'ion } Al^{+++} \end{array} \right.$

un poisson meurt en 30 minutes.

- 17,7 g/l  $\left[ \begin{array}{l} 15 \text{ g/l } SO_4^{--} \\ 2,7 \text{ g/l } Al^{+++} \end{array} \right.$

mort en 50 minutes.

- 11,8 g/l  $\left[ \begin{array}{l} 10 \text{ g/l } SO_4^{--} \\ 1,8 \text{ g/l } Al^{+++} \end{array} \right.$

un poisson vit plus d'une heure.

Nous avons parallèlement réalisé des tests dans le sulfate de sodium :

- 15 g/l d'ion  $SO_4^{--}$  : mort instantanée

- 12 g/l d'ion  $SO_4^{--}$  : mort en 5 minutes

- 11 g/l d'ion  $SO_4^{--}$  : un poisson vit plus d'une heure.



Dès ces premiers essais, il apparaît que l'ion  $Al^{+++}$  n'a pas une toxicité supérieure à celle de l'ion  $Na^+$ .

b) - Fluorure d'aluminium anhydre :  $F_3 Al$

Le pH des solutions est compris entre 5,6 et 6 : de pH = 4 à pH = 12, le fluorure d'aluminium n'est que partiellement soluble ce qui fausse un peu le test.

- 1,4 g/l de fluorure d'aluminium

- soit  $\begin{cases} 950 \text{ mg/l d'ion } F^- \\ 450 \text{ mg/l d'ion } Al^{+++} \end{cases}$

un poisson meurt en 30 minutes.

- 1,18 g/l  $\begin{cases} 800 \text{ mg/l } F^- \\ 380 \text{ mg/l } Al^{+++} \end{cases}$

un poisson vit plus d'une heure.

Comparons ces tests à ceux effectués avec le fluorure de sodium (F Na) :

- 950 mg/l d'ion  $F^-$

un poisson meurt en 50 minutes.

- 800 mg/l d'ion  $F^-$

un poisson vit plus d'une heure.

Dans ce cas encore, l'ion  $Al^{+++}$  ne semble pas plus toxique que l'ion  $Na^+$ .

c) - Nitrate d'aluminium :  $Al(NO_3)_3, 9H_2O$ .

Le pH de chaque solution, initialement inférieur ou égal à 4, a été ramené à 6 environ, d'où la formation d'un précipité d'hydroxyde d'aluminium :

- 30,3 g/l de  $Al(NO_3)_3, 9H_2O$   $\begin{cases} 15 \text{ g/l d'ion } NO_3^- \\ 2,2 \text{ g/l d'ion } Al^{+++} \end{cases}$

un poisson meurt en 20 minutes.

- 20,2 g/l  $\begin{cases} 10 \text{ g/l } NO_3^- \\ 1,45 \text{ g/l } Al^{+++} \end{cases}$

un poisson meurt en 45 minutes.

- 15,1 g/l  $\begin{cases} 7,5 \text{ g/l } NO_3^- \\ 1,1 \text{ g/l } Al^{+++} \end{cases}$

un poisson vit plus d'une heure.

Des comparaisons avec des solutions de nitrate de sodium ou nitrate de potassium montrent comme précédemment que l'ion métallique  $Al^{+++}$  n'a pas une toxicité supérieure à celle des ions  $Na^+$  ou  $K^+$ .

II - FER

a) - Ion ferreux :

- Chlorure ferreux :  $FeCl_2, 4H_2O$

Le pH, initialement voisin de 3, a été ramené à 6

- 28 g/l  $\begin{cases} 10 \text{ g/l } Cl^- \\ 7,9 \text{ g/l } Fe^{++} \end{cases}$  mort en 7 minutes

- 22,4 g/l  $\begin{cases} 8 \text{ g/l } Cl^- \\ 6,3 \text{ g/l } Fe^{++} \end{cases}$  mort en 15 minutes

- 18,7 g/l  $\begin{cases} 6,7 \text{ g/l } Cl^- \\ 5,3 \text{ g/l } Fe^{++} \end{cases}$  mort en 25 minutes

- 16 g/l  $\left[ \begin{array}{l} 5,7 \text{ g/l Cl}^- \\ 4,5 \text{ g/l Fe}^{++} \end{array} \right.$  mort en 45 minutes

- 14 g/l  $\left[ \begin{array}{l} 5 \text{ g/l Cl}^- \\ 3,95 \text{ g/l Fe}^{++} \end{array} \right.$  un poisson vit plus d'une heure.

Dans une solution de chlorure de sodium, un poisson vit au-delà de l'heure à la concentration de 9 g/l d'ion  $\text{Cl}^-$ . L'ion ferreux serait donc plus toxique que l'ion  $\text{Na}^+$ , par exemple.

- Sulfate ferreux :  $\text{SO}_4\text{Fe}, 7 \text{H}_2\text{O}$

Le pH a été ramené de 3 à 6.

- 29 g/l  $\left[ \begin{array}{l} 10 \text{ g/l SO}_4^{--} \\ 5,6 \text{ g/l Fe}^{++} \end{array} \right.$  mort en 5 minutes

- 21,75 g/l  $\left[ \begin{array}{l} 7,5 \text{ g/l SO}_4^{--} \\ 4,2 \text{ g/l Fe}^{++} \end{array} \right.$  mort en 20 minutes

- 19,4 g/l  $\left[ \begin{array}{l} 6,7 \text{ g/l SO}_4^{--} \\ 3,8 \text{ g/l Fe}^{++} \end{array} \right.$  mort en 50 minutes

- 14,5 g/l  $\left[ \begin{array}{l} 5 \text{ g/l SO}_4^{--} \\ 2,8 \text{ g/l Fe}^{++} \end{array} \right.$  un poisson vit plus d'une heure

La comparaison avec le sulfate de sodium montre encore que la toxicité de l'ion ferreux est supérieure à celle de l'ion sodique.

b) - Ion ferrique :

- nitrate ferrique :  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3, 9 \text{H}_2\text{O}$

Le pH a été ramené de 2 à 5,5 d'où formation d'un précipité d'hydroxyde ferrique.

- 21,8 g/l  $\left[ \begin{array}{l} 10 \text{ g/l NO}_3^- \\ 3 \text{ g/l Fe}^{+++} \end{array} \right.$  mort en 15 minutes

- 17,4 g/l  $\left[ \begin{array}{l} 8 \text{ g/l NO}_3^- \\ 2,4 \text{ g/l Fe}^{+++} \end{array} \right.$  mort en 25 minutes

- 14,5 g/l  $\left[ \begin{array}{l} 6,66 \text{ g/l NO}_3^- \\ 2 \text{ g/l Fe}^{+++} \end{array} \right.$  un poisson vit plus d'une heure

Dans une solution de nitrate de sodium pour une concentration en ion  $\text{NO}_3^-$  de 10 g/l (soit 3,7 g/l d'ion  $\text{Na}^+$ ), un poisson vit au-delà d'une heure.

Les ions ferreux ou ferriques sont donc plus toxiques que les ions sodiques ou potassiques par exemple.

### III - NITRATE DE PLOMB - $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$

Le pH des solutions a été amené de 3 à 6.

- 26,8 g/l  $\left[ \begin{array}{l} 10 \text{ g/l NO}_3^- \\ 16,8 \text{ g/l Pb}^{++} \end{array} \right.$  un poisson meurt en 10 minutes

- 21,4 g/l  $\left[ \begin{array}{l} 8 \text{ g/l NO}_3^- \\ 13,4 \text{ g/l Pb}^{++} \end{array} \right.$  un poisson meurt en 20 minutes

- 17,9 g/l  $\left[ \begin{array}{l} 6,7 \text{ g/l NO}_3^- \\ 11,2 \text{ g/l Pb}^{++} \end{array} \right.$  un poisson meurt en 50 minutes

- 15,3 g/l  $\left[ \begin{array}{l} 5,7 \text{ g/l NO}_3^- \\ 9,6 \text{ g/l Pb}^{++} \end{array} \right.$  un poisson vit plus d'une heure

Là encore la dose toxique en nitrate est supérieure à la norme de sécurité découlant des premiers essais et il faut noter que la quantité de plomb correspondante est très importante.

#### IV - SULFATE DE MANGANESE - $\text{SO}_4 \text{ Mn}, 1 \text{ H}_2\text{O}$

Le pH de la solution a été ramené de 3 à 7.

- 26,4 g/l  $\left[ \begin{array}{l} 15 \text{ g/l SO}_4^{--} \\ 8,6 \text{ g/l Mn}^{++} \end{array} \right.$  un poisson meurt en 30 minutes

- 22 g/l  $\left[ \begin{array}{l} 12,5 \text{ g/l SO}_4^{--} \\ 7,1 \text{ g/l Mn}^{++} \end{array} \right.$  un poisson vit plus d'une heure

Le manganèse n'est donc pas particulièrement toxique.

#### V - SULFATE DE ZINC - $\text{SO}_4 \text{ Zn}, 7 \text{ H}_2\text{O}$

Le pH de la solution, initialement égal à 6,5 a été conservé.

- 15 g/l  $\left[ \begin{array}{l} 5 \text{ g/l SO}_4^{--} \\ 3,4 \text{ g/l Zn}^{++} \end{array} \right.$  un poisson meurt en 10 minutes

- 12 g/l  $\left[ \begin{array}{l} 4 \text{ g/l SO}_4^{--} \\ 2,7 \text{ g/l Zn}^{++} \end{array} \right.$  un poisson meurt en 12 minutes

- 10 g/l  $\left[ \begin{array}{l} 3,3 \text{ g/l SO}_4^{--} \\ 2,3 \text{ g/l Zn}^{++} \end{array} \right.$  un poisson meurt en 15 minutes

- 8,6 g/l  $\left\{ \begin{array}{l} 2,9 \text{ g/l } \text{SO}_4^{--} \\ 1,9 \text{ g/l } \text{Zn}^{++} \end{array} \right.$  un poisson meurt en 20 minutes

- 7,5 g/l  $\left\{ \begin{array}{l} 2,5 \text{ g/l } \text{SO}_4^{--} \\ 1,7 \text{ g/l } \text{Zn}^{++} \end{array} \right.$  un poisson vit plus d'une heure

Le zinc présente donc une toxicité certaine

## VI - SULFATE DE CUIVRE - $\text{SO}_4 \text{Cu}, 5 \text{H}_2\text{O}$

Le pH de chaque solution initialement inférieur à 5 a été ramené à 6. Nous avons alors un précipité d'hydroxyde de cuivre.

Les concentrations sont exprimées en milligrammes par litre d'ion  $\text{Cu}^{++}$ .

- 200 mg/l : un poisson vit plus d'une heure

- 300 mg/l et au-delà : un poisson vit plus d'une heure mais meurt au bout de quelques heures, bien que replongé dans l'eau propre.

Le cuivre est donc très toxique.

## VII - TESTS PARTICULIERS CONCERNANT L'ION AMMONIUM : $(\text{NH}_4^+)$

La solution de base a les caractéristiques suivantes :

- elle est exempte de phosphate

- elle contient :

- du sulfate de sodium (2 g/l ion  $\text{SO}_4^{--}$ )

- du chlorure de sodium (2,5 g/l ion  $\text{Cl}^-$ )

- du nitrate de sodium (1,5 g/l ion  $\text{NO}_3^-$ )

- du carbonate de sodium (1 g/l ion  $\text{CO}_3^{--}$ )

c'est-à-dire les normes de concentration retenues pour les essais de synergie divisées par deux.

- elle contient également du fluorure de sodium (8 mg/l ion  $F^-$ ) (dose à laquelle sa toxicité est tout à fait négligeable).

Le pH de la solution est ajusté à 7, un poisson y vit au-delà d'une heure.

Nous ajoutons du chlorure d'ammonium par doses successives contenant 25 mg d'ion  $NH_4^+$  (la quantité d'ion  $Cl^-$  correspondante, égale à 50 mg est négligeable).

- Jusqu'à 150 mg/l d'ion  $NH_4^+$ , le poisson vit au-delà d'une heure.
- A 175 mg/l d'ion  $NH_4^+$ , un poisson meurt en 45 minutes.

## ESSAIS SPECIFIQUES

Nous avons réalisé des essais de toxicité en parallèle sur des espèces de poissons présentant des sensibilités voisines (Gardons, Chevaines, Goujons) et sur d'autres espèces plus résistantes (Carassins) ou plus sensibles (Ablettes). Pour voir si pratiquement il y avait une différence très nette nous avons comparé dans les essais spécifiques qui suivent, plusieurs espèces que l'on rencontre fréquemment, relativement cosmopolites.

On peut conclure que le Carassin est trop résistant dans la plupart des cas, ainsi que la Perche Soleil (*Eupomotis Gibbosus*) et la Tanche (*Tinca Tinca*)

Par contre l'Ablette est très sensible et sa suivie expérimentale difficile à obtenir.

Les espèces qui fournissent les renseignements moyens les plus pratiques sont le Gardon, le Vairon, le Goujon.

Lorsque nous avons mis plusieurs poissons d'une même espèce dans la même solution déterminée, nous avons pris en considération le premier poisson mort, de manière à avoir une plus grande garantie.

Nous entreprenons donc une nouvelle série de tests sur : Goujons, Carassins, Perches Soleil, Tanches, Gardons et Ablettes, pour comparaison :

Solution n° 1

Elle contient les ions :

Cl <sup>-</sup>	5 g/l
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	4 g/l
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	3 mg/l
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	3 g/l
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	5 g/l
CO <sub>3</sub> <sup>--</sup>	2 g/l
F <sup>-</sup>	8 mg/l

à leur concentration attribuée comme norme individuelle de référence et le pH de la solution est ramené à 7 :

- 2 Tanches meurent en 15 minutes
- 1 Carassin meurt en 2 minutes
- 1 Goujon meurt en 2 minutes

Solution n° 2

Elle est exempte de phosphate : elle contient les 6 autres ions aux concentrations de la solution précédente.

- 2 Tanches meurent en 25 minutes
- 1 Carassin meurt en 10 minutes
- 1 Goujon meurt en 11 minutes

Solution n° 3

Les 7 ions sont à la concentration divisée par 2 de la solution n° 1 :

- 2 Tanches meurent en 50 minutes
- 1 Carassin meurt en 13 minutes
- 1 Goujon meurt en 8 minutes

Solution n° 4

Pour les ions fluorure et ammonium, nous avons pris la concentration correspondant à la norme individuelle de référence. Pour les ions sulfate, chlorure, nitrate et carbonate, nous avons divisé cette norme par 2.

L'ion phosphate est ajouté par 125 mg pour 1 litre.

TABLEAUX COMPARATIFS DE TOXICITE

PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> mg/l	PERCHE SOLEIL	TANCHE	CARASSIN	GARDON	GOUJON	ABLETTE
0	-	-	>1 H	-	45 mn	-
125	-	-	>1 H	-	25 mn	-
250	3 H	1 H 30	45 mn	25 mn	10 mn	5 mn
375	-	-	-	-	4 mn	-

Solution n° 5

Les concentrations respectives en ions fluorure et ammonium sont encore celles correspondant aux normes individuelles de référence.

Pour les ions sulfate, chlorure, nitrate et carbonate, leur concentration respective est divisée par 4.

L'ion phosphate est ajouté par 250 mg pour 1 litre.

$\text{PO}_4^{3-}$ mg/l	PERCHE SOLEIL	TANCHE	CARASSIN	GARDON	GOUJON	ABLETTE
0	-	-	> 1 H	-	> 1H	-
250	-	-	> 1 H	-	> 1H	-
500	> 6 H	> 6 H	40 mn	35 mn	25 mn	15 mn
750	-	-	-	-	6 mn	-

On peut donc classer les différentes espèces par ordre de tolérance décroissante de la façon suivante :

- Perche Soleil
- Tanche
- Carassin
- Gardon
- Goujon
- Ablette

le Gardon et le Goujon ayant une sensibilité équivalente (ce qui sera confirmé dans les essais de toxicité de l'uranium)

- Solution n° 6 : de chlorure de sodium

Les concentrations sont exprimées en grammes par litre d'ion  $\text{Cl}^-$ . Le pH des solutions est toujours voisin de 7.



Cl <sup>-</sup>	GOUJON	CARASSIN
6.6	>1 H	-
8.5	25 mn	8 H
10	14 mn	1 H 30
15	-	13 mn

Ces essais confirment une sensibilité des goujons supérieure à celle des carassins.

A la suite de ces tests avec le chlorure de sodium, nous avons étudié comparativement la toxicité de différents chlorures ; de calcium, de magnésium, de potassium, d'ammonium, sur une même espèce, celle des goujons.

Cl <sup>-</sup> en g/l	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
0.5	-	-	-	>1 H
0.75	-	-	-	35 mn
1	-	-	-	20 mn
3	-	>1 H	>1 H	-
4.4	-	18 mn	14 mn	-
6.6	>1 H	10 mn	8 mn	-
8.5	25 mn	-	5 mn	-
10	13 mn	quelques mn	mort instanta- née	-

En ce qui concerne le chlorure d'ammonium, la toxicité de l'ion ammonium étant très supérieure à celle de l'ion chlorure, le seuil de résistance est considérablement abaissé.

Pour les quatre précédents, l'ordre de toxicité croissante est  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$  et  $\text{K}^+$  (toxicités équivalentes pour  $\text{Na}^+$  et  $\text{Ca}^{++}$ ).

## ESSAIS TOXICOLOGIQUES COMPLEMENTAIRES

Certaines réglementations et accords prévoyant que la dose minima mortelle poissons, à prendre en considération pour les rejets ou les études toxicologiques, serait de six heures, nous avons décidé d'étudier les doses minima mortelles en fonction de tests poissons d'une durée de 6 heures (au lieu d'une heure comme précédemment).

Nous avons donc réalisé une nouvelle série d'essais sur la toxicité individuelle de produits chimiques.

Les poissons choisis pour nos tests sont surtout l'alburnus alburnus (ablette), soit une espèce des plus sensibles peuplant nos cours d'eau et le Gobio Gobio linné (goujon).

### I - ESSAIS PRELIMINAIRES : concernant le pH des solutions.

Quant il est supérieur à 5,5 et inférieur à 8,5 les poissons vivent au-delà de 6 heures.

Toutes les solutions que nous allons tester auront un pH compris entre 6 et 8.

2 - SULFATE DE SODIUM (Décahydraté) :

Les concentrations sont exprimées en grammes par litre d'ion  $\text{SO}_4^{--}$

- 10 g/l : 2 ablettes résistent deux heures,
- 8 g/l : 2 ablettes vivent plus de six heures.

3 - CHLORURE DE SODIUM :

Les concentrations sont exprimées en grammes par litre d'ion  $\text{Cl}^-$  :

- 8 g/l : 2 ablettes meurent au bout de 1 heure 30
- 6,4 g/l : 2 ablettes meurent en 2 heures
- 5,5 g/l : 2 ablettes vivent plus de 6 heures.

4 - FLUORURE DE SODIUM :

A 500 mg/l d'ion  $\text{F}^-$ , 3 ablettes vivent bien au-delà de 6 heures.

5 - NITRATE DE SODIUM :

Les concentrations sont exprimées en grammes par litre d'ion  $\text{NO}_3^-$ ,

- 10 g/l : 1 ablette meurt en 2 heures  
2 autres meurent en 2 heures 30  
1 autre en 3 heures.
- 6 g/l : 2 ablettes vivent plus de 6 heures.

6 - CARBONATE DE SODIUM :

Les concentrations sont exprimées en grammes par litre d'ion  $\text{CO}_3^{--}$ ,

- 2 g/l : 2 ablettes meurent en 1 heure 30
- 1,5 g/l : 2 ablettes vivent plus de 6 heures.

7 - CHLORURE D'AMMONIUM :

Dans une solution contenant :

- 180 mg/l d'ion  $\text{NH}_4^+$  (soit 355 mg/l d'ion  $\text{Cl}^-$ ) :
  - 2 ablettes vivent plus de 6 heures,
  - 1 ablette meurt au bout de 4 heures.
- 150 mg/l d'ion  $\text{NH}_4^+$  :
  - 3 ablettes vivent plus de 6 heures.

8 - PHOSPHATE TRISODIQUE (dodécahydraté) :

Les concentrations sont exprimées en grammes par litre d'ion  $\text{PO}_4^{3-}$  :

- 5 g/l : 2 ablettes meurent en quelques minutes
- 4 g/l : 2 ablettes meurent en 40 minutes
- 3,3 g/l : 3 ablettes meurent en 1 heure
- 2,9 g/l : 3 ablettes meurent en 2 heures
- 2,5 g/l : 3 ablettes présentent quelques symptômes au bout de 5 h 30 ;  
2 goujons vivent bien au-delà de 6 h.

9 - CHROMATE DE POTASSIUM :

Les concentrations sont exprimées en milligrammes par litre d'ions  $\text{Cr}^{6+}$  : à 500 mg/l : 2 ablettes vivent au-delà de 6 heures.

10 - CHLORURE DE CHROME :

A 500 mg/l d'ion  $\text{Cr}^{3+}$  : 2 goujons vivent au-delà de 6 heures.

11 - NITRITE DE SODIUM ( $\text{NO}_2 \text{Na}$ )

Les concentrations sont exprimées en grammes par litre d'ions  $\text{NO}_2^-$  :

- 10 g/l : 1 goujon meurt en 45 minutes
- 8 g/l : " " " " 1 heure 15
- 6 g/l : " " " " 2 heures
- 4 g/l : " " " " 4 heures
- 3 g/l : " " " " 5 heures

12 - NITRATE D'URANYLE ( $(\text{NO}_3)_2 \text{UO}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ )

Les concentrations sont exprimées en milligrammes par litre d'ions  $\text{U}^{6+}$ .  
La quantité d'ion nitrate correspondante, est négligeable.

Les essais permettent d'étudier la toxicité chimique du métal lourd U, car aux concentrations utilisées et à la température ambiante, le nitrate d'uranyle est entièrement soluble.

TABLEAU COMPARATIF DE TOXICITE

ESPECE	CONCENTRATION EN mg/l U				
	6	3	2	1,5	1
PERCHE SOLEIL	>6 H	>6 H	>6 H	-	-
TANCHE	3 H	4 H	5 H	>6 H	-
CARASSIN	4 H	>6 H	-	-	-
BREME	-	-	4 H	-	>6 H
CHEVAINE	-	-	4 H	-	>6 H
GREMILLE	-	-	4 H	-	>6 H
GARDON	40 mn	1 H 45	2 H 30	5 H	>6 H
GOUJON	50 mn	2 H	3 H	5 H	>6 H
ABLETTE	20 mn	-	2 H	4 H	5 H

Le temps indiqué représente la moyenne des essais sur 2 ou 3 poissons de la même espèce.

CONCLUSIONS :

A la suite de ces essais assez sommaires on peut conclure qu'il est relativement facile de fixer la dose minima mortelle poissons pour une espèce déterminée et pour un corps particulier.

Lorsque plusieurs corps ou ions se trouvent associés le problème croit proportionnellement à leur nombre et aux synergies qu'ils entraînent. Dans ces cas les études de la toxicité des mélanges devront être réalisées afin de fixer les concentrations respectives de sécurité pour le calcul des normes de rejet des effluents industriels et des traitements à leur faire subir.

Dans tous les cas un test biologique sur poissons réalisé avec une espèce bien choisie permettra d'apprécier la toxicité générale de l'effluent et les corrections à lui apporter pour qu'il puisse être rejeté sans risque pour la faune aquatique.

*Manuscrit reçu le 8 décembre 1965*



RUTILUS RUTILUS LINNE  
(Gardon)

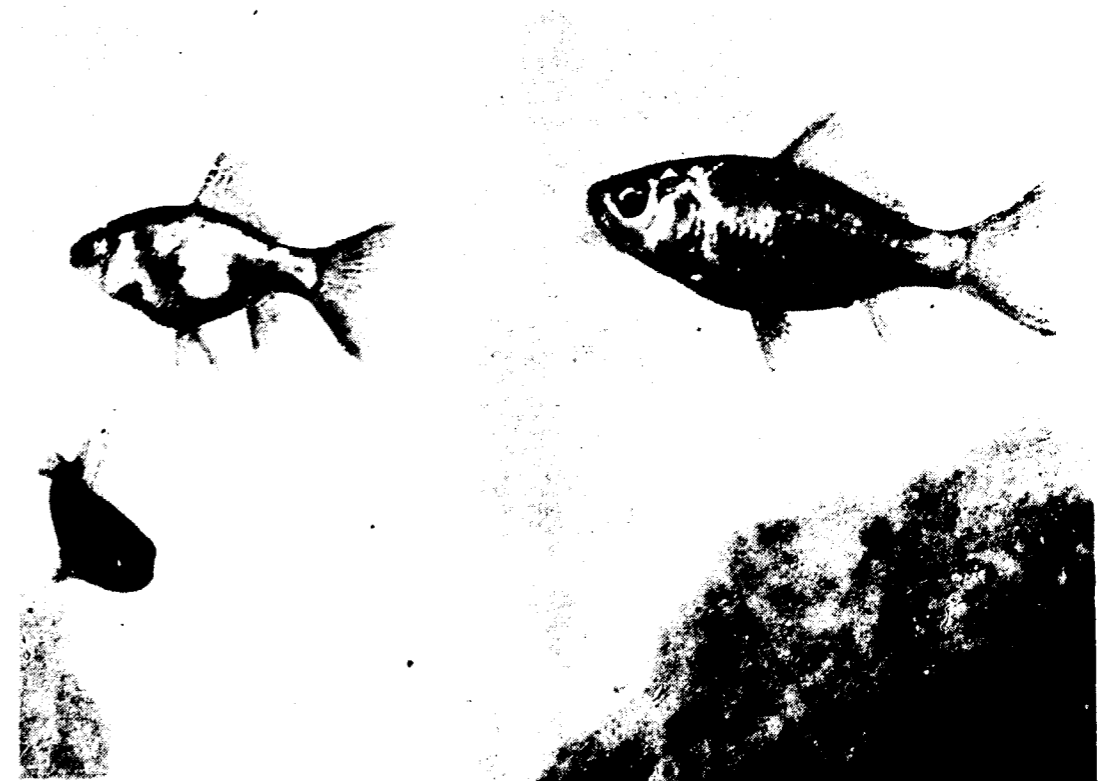


ALBURNUS ALBURNUS LINNE  
(Ablette)





GOBIO GOBIO L.  
(Goujon)



CARASSIUS AURATUS L.  
(Carassin)

**FIN**