

L'UTILISATION DES EAUX USEES ORGANIQUES EN PISCICULTURE

synthèse bibliographique

G. SCHMIDT*

RESUME

L'utilisation des eaux usées en pisciculture nécessite un traitement minimum indispensable (lagunage, épuration classique, prédilution, dilution simultanée).

Une deuxième condition, non moins importante, est la sélection exclusive des eaux usées domestiques et rurales afin d'éviter la présence de métaux lourds et autres substances toxiques des rejets industriels.

Dans un tel milieu enrichi, la production piscicole peut être doublée et même triplée sans nourriture additionnelle. Cependant, même si on arrive à de bons résultats, certains dangers subsistent : possibilité d'anoxie due à la dégradation des matières organiques, présence d'ammoniac, de nitrites, de détergents, risques d'infections virales et bactériennes.

Des études ultérieures devraient préciser ces problèmes et tenter de les résoudre.

ABSTRACT

The use of sewage in fish culture needs a minimum indispensable treatment (lagoon system, classical epuration, predilution, simultaneous dilution).

A second condition, which is not less important, is the exclusive selection of domestic and rural waste waters to avoid the presence of heavy metals and other toxic substances from industrial sewage.

In such an enriched environment the piscicultural production can be doubled and even tripled without additional feeding. However even if we obtain good results, some dangers remain : possibility of anoxia due to the degradation of organic matters, presence of ammoniac, nitrites, detergents, risks of viral and bacterial infections.

Further studies ought to state these problems precisely and try to solve them.

TABLE DES MATIERES

- 1 — INTRODUCTION
 - 2 — METHODES DE TRAITEMENT
 - 2.1. - Lagunage
 - 2.2. - Epuration classique
 - 2.3. - Prédilution
 - 2.4. - Dilution simultanée
 - 3 — APPRECIATION
 - 3.1. - Aspects positifs
 - 31.1. - Effet sur la production primaire et secondaire
 - 31.2. - Effet sur la production piscicole
 - 312.1. - Pisciculture de cyprinidés d'Europe
 - 312.2. - Pisciculture de carpes chinoises et autres espèces d'eaux chaudes
 - 31.3. - Influence du poisson sur la capacité de traitement
 - 313.1. - Au point de vue physico-chimique
 - 313.2. - Au point de vue microbiologique
 - 313.3. - Au point de vue économique
 - 3.2. - Limites et dangers d'un tel système
 - 32.1. - Teneur en oxygène
 - 32.2. - Teneur en éléments toxiques (métaux lourds, ammoniac, nitrites, détergents)
 - 32.3. - Considération sociales et sanitaires
 - 3.3. - Conclusion
 - 4 — LIGNES DE RECHERCHES FUTURES
- BIBLIOGRAPHIE**
GLOSSAIRE

* Centre de Recherche en Pisciculture (C.R.P.) — Domaine Provincial du Luxembourg — B-6932 MIRWART, BELGIQUE.

1. INTRODUCTION

L'utilisation des eaux usées dans les étangs piscicoles est aussi ancienne que l'aquaculture. En Chine, cette technique est d'application courante depuis plusieurs siècles (les latrines y étant construites à proximité). On atteignait ainsi un double but :

- une production piscicole augmentée,
- des eaux usées éliminées.

Cette solution était et est demeurée valable pour de petites communautés et pour des eaux usées domestiques. Cependant, suite au développement démographique et économique, se sont élevées des objections d'hygiène et de santé publique. De plus, les énormes quantités de matières organiques causaient de sérieuses déficiences en oxygène.

Diverses initiatives ont toutefois été lancées afin de résoudre ce problème d'environnement tout en augmentant la production piscicole.

Une constante se maintient parmi les moyens mis en œuvre : tous utilisent un traitement préalable, le but étant de réduire la DBO₅* initiale et d'éviter ainsi les déficits en oxygène.

2. METHODES DE TRAITEMENT

Cette réduction se réalise généralement par quatre méthodes : le lagunage*, l'épuration « classique »*, la prédilution*, la dilution simultanée*.

2.1. lagunage

Lubezets (Moscou) possède un système de six étangs en série. Seuls les trois derniers bassins sont peuplés de Carpes (MAYENNE, 1933).

LEROY CARPENTER *et al.* (1974) ont décrit le site de lagunage de Quail Creek en Oklahoma. Ce complexe présente également six bassins en série. Le débit est de 3 800 m³/j et le temps de rétention par bassin est de 13 jours. Les deux premiers plans d'eau sont munis d'un système d'aération. Les quatre autres sont empoissonnés (*Tilapia nilotica*, *Notemigonus crysoleucas*, *Gambusia affinis*, *Ictalurus melas*, *Pimephales promelas*, *Lepomis cyanellus*, ...).

En Californie, à Arcata, l'eau usée passe d'abord par un désableur, puis par un étang d'oxydation de 22 hectares. L'effluent subit ensuite une chloration suivie d'une déchloration. L'eau nécessaire à la pisciculture (*Oncorhynchus keta*, *Oncorhynchus tshawytscha*, *Salmo clarkii*, *Salmo gairdneri*) est prélevée à partir de l'étang de lagunage avant le dernier traitement (ALLEN et CARPENTER, 1977).

2.2. Epuration classique

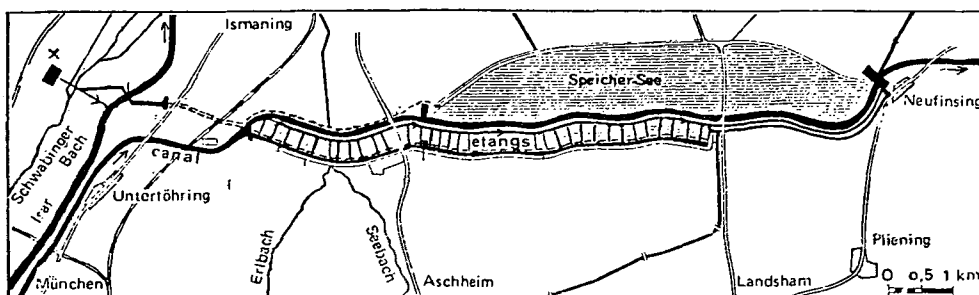
HEY (1955) rapporte des expériences réalisées à Althone en Afrique du Sud, où l'eau d'égoût est traitée par deux filtres bactériens et une sédimentation. L'effluent à débit variable est alors introduit dans les différents étangs à *Tilapia mossambica* ou *Tilapia sparmani*.

WOLNY (1962) a conduit une étude similaire à Kielce en Pologne. Après épuration par boues activées, l'effluent de bonne qualité (DBO₅ = 10,5 mg/l) était introduit dans cinq étangs de carpiculture. Certains étangs étaient d'eaux courantes (temps de rétention : 2 jours), d'autres d'eaux stagnantes.

2.3. Prédilution

En République Fédérale d'Allemagne, c'est cette solution qui a été adoptée (Birkenhof : Munich). Construit en 1929 pour épurer les eaux usées de la ville, cet immense complexe comprend trente étangs de 7 ha chacun et un lac (Speicher-See).

* Voir glossaire.



Site de Birkenhof (x station d'épuration)

Les eaux usées épurées par boues activées (DBO₅ à la sortie = 30 à 80 mg/l) sont diluées dans un rapport de 1/4 et introduites dans les divers étangs à Carpes. Le temps de séjour est de 1,5 j. La station d'épuration débite 6 m³/s. 2 m³/s sont absorbés par les étangs, le reste est envoyé dans la Speicher-See qui réalise aussi l'épuration tertiaire.

Au Grau du Roi (France), l'épuration s'effectue par lagunage. L'installation comporte quatre séries de trois bassins. Chaque série a une superficie de 5 ha. Une dizaine d'étangs de pisciculture ont été implantés à leur sortie (*Cyprinus carpio* variété à écailles, *Hypophthalmichthys molitrix*, *Aristichthys nobilis*, *Ctenopharyngodon idella*, *Cyprinus carpio* variété miroir, *Tilapia nilotica*). Cinq d'entre eux reçoivent les effluents dilués dans la proportion de 30 % d'eaux usées et 70 % d'eau claire. Les cinq autres ont un mélange 50 % - 50 %. La DBO₅ à la sortie d'une série de bassins de lagunage est de l'ordre de 23 mg/l (BAILLY, 1975).

Un système analogue à celui de Munich a été décrit par VAAS (1948) pour un étang piscicole expérimental de 840 m² en Indonésie. Les eaux en provenance d'une fosse septique sont mélangées à de l'eau courante dans un rapport 1/3.

2.4. Dilution simultanée

Le meilleur exemple est celui de Calcutta (BOSE, 1944). L'effluent subit une sédimentation (DBO₅ à la sortie = 100 mg/l). L'eau usée est introduite dans deux étangs (243 ha et 101 ha, profondeur 60 à 120 cm) à raison de 130 à 180.10³ m³, réalisant une dilution triple à quadruple avec l'eau de l'étang.

En Israël, la majorité des étangs de pisciculture en eaux usées sont de ce type. Les bassins sont remplis d'eau propre et l'effluent (DBO₅ = 250 mg/l) sert à compenser les fuites et l'évaporation. La dilution de l'eau usée est de l'ordre de 100 à 150 fois.

En conséquence, il est clair que de tels procédés requièrent :

- une prédilution, ou un long temps de séjour, ou encore un autre traitement,
- une limite quant à la quantité d'eaux usées qui peut être utilisée,
- des communautés restreintes (unique exception : Munich).

3. APPRECIATION

3.1. Aspects positifs

31.1. EFFET SUR LA PRODUCTION PRIMAIRE ET SECONDAIRE

Les déchets organiques alimentent la chaîne trophique par deux processus différents :

- Les éléments minéraux transportés par l'eau usée, non seulement le phosphore et l'azote mais aussi les oligoéléments, aident à la prolifération du phytoplancton. Ce maillon de la chaîne produit de l'oxygène et constitue l'alimentation du zooplancton et de certains poissons. HEPHER (1962) a démontré qu'une concentration trop élevée en fertilisants n'augmente plus la production primaire de façon considérable. A partir d'un certain niveau de fertilisation, il pénètre moins de lumière dans les couches inférieures de l'eau. La production primaire décroît et atteint un plateau. Il est donc important de quantifier l'effluent ajouté.
- D'autre part, les matières organiques en suspension, spécialement les fines particules, servent directement de nourriture au zooplancton. Des populations de daphnies ont été élevées dans des récipients occultés contenant une certaine concentration en lisier de porc. Le zooplancton s'y développait très bien en l'absence de phytoplancton. Parallèlement les daphnies, élevées dans les jarres sans fertilisants mourraient après trois jours (SCHROEDER, 1977).

Les particules organiques en suspension constituent un excellent substrat pour les bactéries. Lorsque ces solides sont ingérés par le zooplancton, les bactéries sont digérées et

deviennent une source de protéines et de vitamines pour les daphnies (MANN, 1972). Le zooplancton est donc capable d'assimiler les excès de matières organiques en suspension.

La production de phytoplancton et de zooplancton doublé dans un étang enrichi en eaux usées (LEWKOWICZ *et al.*, 1976). WIRSHUBSKY et ELCHUNESS (1952) ont montré que la présence de déchets organiques multiplie par trente la production de larves de chironomides par rapport à un étang témoin. WATTIEZ (1979) aboutit aux mêmes conclusions que HEPHER en ce qui concerne le zooplancton. Au-delà d'une certaine densité de population, celle-ci ne s'accroît plus significativement, en dépit des ressources nutritives abondantes. La toxicité de certaines fleurs d'eau* et des hausses occasionnelles de pH semblent être la cause de ce plafonnement.

31.2. EFFET SUR LA PRODUCTION PISCICOLE

L'introduction de poissons dans ces étangs fertilisés évite une trop grande eutrophisation et la mort du zooplancton. Celui-ci en l'absence de prédateurs va dévorer le phytoplancton jusqu'à son élimination quasi totale et périr ensuite par manque d'alimentation. Les énormes quantités de matières organiques produites vont se décomposer (phase anaérobie). Plus tard, le phytoplancton va à nouveau s'accroître et le cycle recommence. La présence du poisson crée un équilibre où phytoplancton et zooplancton sont en quantités convenables.

312.1. Pisciculture de cyprinidés d'Europe

Rappelons un grand principe : il convient d'avoir un certain nombre d'espèces et de classes d'âge différentes. On augmente ainsi la production par une meilleure exploitation des ressources de l'étang. Chaque niche écologique doit être occupée dans la mesure du possible. HUET (1970) propose en cypriniculture *Cyprinus carpio* (Carpe commune), *Tinca tinca* (Tanche), *Esox lucius* (Brochet) à raison d'un individu pour dix Carpes et *Rutilus rutilus* (Gardon). Cependant, la littérature mentionne surtout des monocultures de Carpes (WOLNY 1962, NOBLE 1975, ZIEBA 1977, YIP et WONG 1977, Birkenhof 1979). Dans un étang modérément fertilisé chimiquement, sans nourriture artificielle additionnelle, la production de jeunes Carpes est de ± 650 kg/ha.an. WOLNY (1962) obtient en eaux usées épurées une production moyenne de 1 317 kg/ha.an (Carpes d'un an à la mise en charge). A Birkenhof la production est moindre : ± 600 kg/ha.an (Carpes de deux ans à la mise en charge).

En Pologne encore (WOLNY, 1960), des alevins de Carpes (11 g) ont été placés pour l'hivernage en étang d'eaux usées. Aucune mort par maladie n'a été constatée. Les analyses de graisses de ces alevins ont montré une meilleure composition pour ceux vivant en eaux d'égout épurées : le taux de graisses atteignait 4 % au lieu de 1,4 % en étang mésotrophe*. Par contre, chez les individus de deux ou trois ans élevés en eaux usées, le pourcentage de graisses (5 %) est plus faible que celui des poissons nourris artificiellement (10 %). En effet, le phytoplancton et le zooplancton contiennent respectivement 45 et 55 % de protéines. L'alimentation artificielle en renferme 25. D'où cette différence dans le pourcentage de graisses chez les poissons.

312.2. Pisciculture de carpes chinoises et autres espèces d'eaux chaudes

Les carpes chinoises sont fort prisées ; elles ont une croissance rapide, de faibles exigences respiratoires ($\{O_2\}$ dissous minimum = 3 mg/l, idem Carpe commune et Tanche), et des régimes alimentaires spécifiques. Elles présentent cependant un gros inconvénient pour nos régions tempérées. Ces poissons se développent peu en dessous de 14 °C. Leur croissance est bonne lorsque la température de l'eau se situe entre 16 et 30 °C. Ces espèces sont rares en Belgique (*Ctenopharyngodon idella* à la Station des Eaux et Forêts de Groenendaal et à Bokrijk).

Les piscicultures en eaux usées foisonnent dans les pays chauds : Israël, Chine, Midi de la France, Inde, Sud de l'U.R.S.S., Etats-Unis. L'association courante est formée par *Cyprinus carpio* (Carpe commune), *Hypophthalmichthys molitrix* (Carpe argentée), *Ctenopharyngodon idella* (Carpe herbivore) parfois accompagnées de *Aristichthys nobilis* (Carpe marbrée). Les pisciculteurs chinois y ajoutent *Mylopharyngodon piceus* (Carpe noire) et *Cirrhinus molitorella*. Chaque espèce a une alimentation spécifique. La Carpe commune se nourrit d'invertébrés benthiques (larves d'insectes, gastéropodes, crustacés) ; elle est plus ou moins omnivore (occasionnellement déchets végétaux), mais préfère les chironomides. Ceci a pour conséquence de diminuer fortement la présence des moustiques adultes aux abords des étangs. Le Carpe herbivore broute la végétation supérieure (*Lemma trisulca*, *Elodea canadensis*, divers Potamogetons, *Ceratophyllum sp.*) et les algues. La Carpe argentée

* Voir glossaire.

est phytoplanctonophage. Elle se nourrit aussi de matières organiques en suspension. C'est un animal filtreur. Quant à la Carpe marbrée, elle mange surtout du zooplancton. La Carpe noire est prédatrice de mollusques. *Cirrhinus molitorella* se nourrit d'animaux benthiques et de détritus tout comme la Carpe commune. Des études réalisées par BUCK (1977) et YASHOUV (1959) ont permis de mettre en évidence une synergie entre la Carpe commune et la Carpe argentée. Les excréments partiellement digérés de la Carpe argentée servent d'alimentation à la Carpe commune. Inversement, les matières organiques mises en suspension par la Carpe commune sont filtrées par la Carpe argentée. Par contre, il existe une compétition entre la Carpe marbrée et la Carpe argentée. Il semble donc que la polyculture suivante soit plus adéquate : la Carpe argentée, la Carpe herbivore, la Carpe commune, parfois la Carpe marbrée, mais en faible densité.

Le tableau 1 mentionne les productions piscicoles. Celles-ci sont très élevées et varient d'un pays à l'autre. Les causes de ces différences sont multiples : le climat, les espèces ichtyennes utilisées, les méthodes d'élevage, les fertilisants.

Enfin, la monoculture de *Tilapia* en eaux usées a donné des résultats inespérés : entre 25 000 et 35 000 kg/ha.an (U.S.A., Tennessee, SUFFERN, 1978).

Tableau 1 :

PAYS	PRODUCTION PISCICOLE	ESPECES DE POISSONS	FERTILISANT
FRANCE (BAILLY, 1978)	6.000 kg/ha.an (extrapolation)	<i>Cyprinus carpio</i> (Carpe miroir), <i>Hypophthalmichthys molitrix</i> , <i>Ctenopharyngodon idella</i> , <i>Aristichthys nobilis</i> .	— eaux usées épurées par lagunage
U.S.A., Illinois (BUCK, 1977)	9.300 kg/ha.an (extrapolation)	<i>Aristichthys nobilis</i> , <i>Hypophthalmichthys molitrix</i> , <i>Cyprinus carpio</i> , <i>Ictalurus punctatus</i> , <i>Lepomis macrochirus</i> , <i>Micropterus salmoides</i> , <i>Ctenopharyngodon idella</i> .	— lisier de porc
CHINE	1.500 3.750 kg/ha.an	Différentes espèces de Carpes chinoises (idem France + <i>Mylopharyngodon piceus</i> , <i>Cirrhinus molitorella</i>).	—
INDONESIE	4.000 kg/ha.an	?	— eaux usées
ISRAEL (HEPHER et SCHROEDER, 1974).	- 4.700 kg/ha.8 mois (7.050 kg/ha.an) - 7.500 kg/ha.8 mois (11.250 kg/ha.an) - ≈ 8.233 kg/ha.8 mois (12.350 kg/ha.an)	<i>Cyprinus carpio</i> , <i>Hypophthalmichthys molitrix</i> , <i>Tilapia</i> .	— fertilisant chimique (ammoniac et phosphate) — lisier de porc + fertilisant chimique — eaux usées, pas de fertilisants chimiques

31.3. INFLUENCE DU POISSON SUR LA CAPACITE DE TRAITEMENT

313.1 Au point de vue physico-chimique

Les données expérimentales sont rares dans ce domaine (WOLNY 1962, BAILLY 1978, Birkenhof). En fait, les analyses d'eaux concernent souvent l'effluent épuré à l'entrée de l'étang. Aucune donnée complète ne se trouve dans la littérature. Les seules informations valables concernent Birkenhof et le Grau du Roi. A Munich, la DBO₅ à l'entrée des étangs oscille entre 22 et 9,5 mg/l (eau diluée). A la sortie, les valeurs se situent entre 6 et 2 mg/l. Le rendement épuratoire est donc excellent. Dans certains cas, on peut considérer que l'eau a une bonne qualité (DBO₅ = 2 mg/l).

Dans l'étang, le pH est élevé (pH = 8,3 à 9,5) de même que la concentration en oxygène durant la journée ([O₂] = 9 à 18 mg/l). En effet, la présence du poisson favorise le développement du phytoplancton. Selon COLEMAN *et al.* (1974), l'élimination de l'azote dans les étangs en eaux usées peut atteindre 40 % (eau de sortie : diminution de 0,39 à 2,68 mg/l d'azote). Le phosphore total est aussi réduit dans une proportion appréciable (eau de sortie : diminution de 0,65 à 2,17 mg/l de phosphore).

A pH élevé, les phosphates précipitent plus facilement sous la forme Ca₃(PO₄)₂. De même une partie de l'azote est libérée dans l'atmosphère par transformation de l'ion ammoniac en ammoniac gazeux.

Cependant, l'élimination principale se trouve réalisée par l'incorporation aux algues et aux plantes.

BAILLY (1978) trouve peu de différences entre les bassins témoins et les étangs piscicoles pour les phosphates et l'ammoniac. Les concentrations en ammoniac (0,2 à 1,57 mg/l) et en phosphates (0,1 à 3 mg/l) sont élevées. Par contre, les nitrites et les nitrates sont présents en faibles quantités ([NO₂⁻] = 0,1 mg/l, [NO₃⁻] = 0,03 mg/l).

313.2. Au point de vue microbiologique

Le pH basique et la concentration élevée en oxygène augmentent le taux de désinfection des bactéries et surtout celui des coliformes (Tableau 2; HEPHER et SCHROEDER, 1974).

Tableau 2 :

	sans poisson fertilisé*	poisson ▲ fertilisé*	poisson ▲ non fertilisé
- bactéries (1000/ml)	17 - 27	1,6 - 6,7	0,7 - 4,3
- pH (à 9 heures)	7,9 - 8,3	8,3 - 8,9	8,6 - 8,7
- O ₂ dissous (mg/l)	0,7 - 9,5	9,0 - 15,9	10,0 - 13,8
- température (°C à 9 heures)	9 - 15	9 - 15	9 - 15

* lisier de porc (5.600 kg/ha toutes les 2 semaines)

▲ Carpe commune et Carpe argentée

Les étangs piscicoles ont une très grande capacité d'épuration dans ce domaine. Les procédés par boues activées et filtre bactérien réduisent la concentration globale en bactéries de 90 %.

Les étangs empoisonnés atteignent 99,6 % d'élimination (Temps de rétention = 1,5 j). Rappelons qu'en lagunage on obtient des réductions plus importantes (élimination de 99,99 % des coliformes) mais, pour un temps de rétention de 30 jours.

LEROY CARPENTER *et al.* (1974) constatent que, dans le 3^e bassin empoisonné, les coliformes fécaux sont réduits de 1.000 org./ml à moins de 10 org./ml. La capacité épuratrice est également augmentée par la suppression des phases anaérobiques (mort du plancton). Le pH basique favorise les processus microbiologiques d'ammonisation, de nitrification et de fixation de l'azote libre.

313.3. Au point de vue économique

L'utilisation des eaux usées en pisciculture permet de diminuer de 40 % la nourriture artificielle. Le coût de production est donc moindre dans ces conditions. De plus, ce système d'épuration tertiaire est le seul qui soit peu onéreux et qui donne de bons résultats. En effet, si l'élimination des phosphates par voie chimique est une technique abordable qui

donne d'excellents rendements, l'azote est plus difficile à extraire, le procédé étant extrêmement coûteux et sophistiqué.

Les étangs piscicoles, en aval des sites de lagunage et des centrales d'épuration, réduisent l'eutrophisation et rentabilisent la pisciculture au moindre coût. A Birkenhof, le bénéfice de l'installation, déjà amortie, est de $\pm 7.00.000$ francs belges par an. En eaux usées, la production de poisson augmente de 70 % par rapport à un étang non fertilisé. Ceci pourrait constituer une source de protéines bon marché pour les animaux domestiques et la population humaine croissante.

L'étendue des terrains constitue certes un problème. On considère qu'à température ordinaire $\pm (20^\circ\text{C})$ un étang de 40 ares peut réaliser l'épuration tertiaire de 810 habitants, le temps de rétention devant être d'au moins deux jours.

C'est pourquoi il est intéressant de s'orienter vers les petites communautés et l'achat de terres sans grande valeur.

3.2. Limites et dangers d'un tel système

32.1. TENEUR EN OXYGENE DISSOUS

Si la concentration en oxygène dissous est élevée durant la journée (entre 9 et 18 mg/l), c'est pendant la nuit et surtout juste avant le lever du soleil que les déficiences en oxygène sont les plus manifestes (valeurs inférieures à 3 mg/l).

Ce facteur limitant de la pisciculture en eaux usées dépend de deux paramètres :

- la DBO₅ de l'effluent ajouté,
- la température de l'eau.

Si la température augmente, la photosynthèse s'intensifie, l'oxygène dissous est plus abondant et l'élimination des déchets se réalise plus rapidement. A partir de la DBO₁, SCHROEDER (1974) a élaboré une méthode permettant d'évaluer le déficit en oxygène dissous dû à l'introduction d'une certaine quantité d'eau usée. La DBO₁ du fertilisant à la température de l'étang permet la prédiction de la quantité d'oxygène nécessaire à la décomposition et le calcul de la diminution de la concentration en oxygène dissous dans cet étang. Ceci permet l'estimation du volume d'eaux usées à ajouter sans risque d'anoxie. Une telle technique est très intéressante, mais elle demande une grande précision et des données correctes (cubage exact de l'étang, évaluation précise de la DBO, effluent de concentration constante).

32.2. TENEUR EN ELEMENTS TOXIQUES

(métaux lourds, ammoniac, nitrites et détergents)

En pisciculture, le problème des métaux lourds doit être contourné par l'utilisation exclusive des eaux usées domestiques (Israël, Etats-Unis).

A Munich, l'accumulation de ces métaux est importante (nombreuses industries). Ces éléments peuvent provoquer l'asphyxie du poisson par réaction avec certains constituants du mucus des branchies (YIP et WONG, 1977). L'épuration préalable en élimine pourtant une bonne partie. Toutefois, le fond des étangs peut receler par exemple jusqu'à 3 mg de mercure par m³ de vase. Dans ces conditions, des contrôles sévères sont effectués sur les Carpes.

Les poissons sont fort sensibles aux nitrites (seuil de toxicité pour les salmonidés = 0,15 mg/l). Ces derniers provoquent la transformation de l'hémoglobine en méthémoglobine. Le transport de l'oxygène est dès lors inhibé. De telles intoxications sont rarement constatées.

Par contre, l'ammoniac (seuil de toxicité = 0,1 mg/l) est plus fréquent, vu les pH élevés qu'on rencontre dans ces étangs. Lorsque le pH augmente, la concentration en ammoniac (NH₃) s'élève également. Le mécanisme d'excrétion serait le suivant : le poisson ne peut éliminer ce toxique. Il le transforme en ion ammonium non toxique (NH₄⁺) et l'excrète principalement au niveau des branchies (90 %). Pour les pH supérieurs à 9, il existe un gradient de diffusion important vers le poisson. Ceci aurait pour conséquence une perturbation de l'équilibre diffusion-excrétion du toxique. Il semblerait que l'ammoniac attaque le système nerveux, diminue le nombre des globules rouges, altère ou bloque les fonctions rénales, mais surtout lise les lamelles branchiales, ce qui inhibe les échanges gazeux.

Les détergents sont présents dans toutes les eaux usées domestiques et malgré l'épuration, leur concentration reste élevée ([détergents] = 10-18 mg Alkylbenzène sulfonate*/l). Un des principaux composants en est la dodecylbenzène sulfonate. Sa dose létale (LC50) pour le poisson est de 10 mg/l et son taux de dégradation est lent (1 mg ABS/semaine). L'effet majeur de cette substance organique est la diminution de croissance

* Voir glossaire.

du poisson à des concentrations subléthales. Ajoutons que les études sont fragmentaires et peu avancées dans ce domaine.

32.3. CONSIDERATIONS SOCIALES ET SANITAIRES

Les données expérimentales actuelles ont montré que, contrairement aux animaux à sang chaud, les poissons ne souffrent pas d'infections de *Salmonella*, *Shigella* et autres entérobactéries.

Mais il semble qu'ils puissent porter ces infections à l'état latent en eaux polluées (SHEWAN, 1962). Une controverse subsiste cependant. Les uns prétendent que les entérobactéries peuvent survivre et se multiplier dans le mucus et les tissus du poisson qui devient alors un vecteur potentiel de maladie pour l'homme. Les autres considèrent que les poissons servent le plus souvent de vecteurs passifs. JANSSENS (1970) cite de nombreux cas où des organismes pathogènes, tels que *Vibrio parahaemolyticus*, se sont maintenus dans le poisson durant une longue période. SHEWAN (1962) et GUELIN (1962) concluent que ces bactéries sont portées passivement par le poisson et que la surface infectée du tube digestif est nettoyée après sept jours lors d'expériences d'ingestion buccale de *E. coli*. Une étude de LEROY CARPENTER *et al.* (1974) a montré que les virus pathogènes sont rares dans les eaux de lagunage et dans les poissons vivant en ces milieux. Cependant, il ne faut pas négliger le danger potentiel que représentent ces virus de même que certains parasites (vers, protozoaires).

3.3. Conclusion

La pisciculture en eaux usées comporte des risques qu'il convient de minimiser.

Il est évident qu'un traitement préalable s'impose généralement afin de diminuer le nombre de germes pathogènes et la DBO₅.

Ce résultat peut être obtenu par :

- une dilution des eaux usées de l'étang,
- un traitement classique préalable (boues activées, filtre bactérien, lagunage),
- un pH basique et une concentration élevée en oxygène dissous,
- un séjour du poisson en eau claire avant la vente.

Ceci permet d'éliminer un goût de vase toujours désagréable, en ce qui concerne les parasites, d'autres précautions doivent être prises (bains au chlorure de sodium, ...).

4. LIGNES DE RECHERCHES FUTURES

L'épuration tertiaire en pisciculture est très complexe et pose encore de nombreux points d'interrogation. Dès à présent, certaines idées maîtresses ressortent.

Il est indispensable de réaliser un traitement préalable (dilution, lagunage, épuration classique) et d'évaluer la concentration en effluent à introduire pour éviter les phénomènes d'anoxie.

La polyculture est devenue une réalité écologique qu'on ne peut nier et les cyprinidés se sont avérés être la famille la mieux adaptée et la plus rentable dans ce milieu.

L'intérêt d'utiliser uniquement les eaux usées domestiques des petites communautés rurales n'est pas négligeable. Il permet d'éviter l'accumulation des métaux et de mieux maîtriser l'épuration.

Dans l'avenir, les recherches devraient s'orienter vers une meilleure compréhension de l'épuration tertiaire réalisée par les poissons (au niveau physico-chimique et microbiologique) et la définition de l'optimum d'effluent tolérable pour les espèces choisies. Les poissons devront être sélectionnés en fonction de divers critères : la résistance à la pollution, aux infections, l'adaptation climatique, le taux de croissance et la valeur commerciale. L'aspect sanitaire mériterait d'être approfondi. Des études dans ce sens permettraient probablement d'éliminer les préjugés défavorables de la population et rendrait possible la commercialisation de tels produits. Certains pays l'ont compris. En Belgique hélas, aucune réalisation ni étude de ce type n'existent. Il serait plus que temps d'y remédier. L'environnement et l'économie pourraient en bénéficier. Dans la mesure où nous parviendrons à recycler les déchets en rééquilibrant les écosystèmes, alors les problèmes de pollution pourront être résolus.

BIBLIOGRAPHIE

- ALLEN G.H. (1969). A preliminary Bibliography on the utilization of sewage in fish culture. Rome, FAO.FRI/C308, 15 p.
- ALLEN G.H. et LEROY CARPENTER R. (1977). The cultivation of fish with emphasis on salmonids in municipal wastewater lagoons as an available protein source for human

- beings. Wastewater Renovation and Reuse. FM d'ITRI. M. DEKKER. Inc. New York, p. 479-528.
- ANONYME (1978). Countries research waste treatment and fish farming. *Water and Wastes engineering*, V.15, n° 3, p. 63.
- BAILLY J.M., (1978). Essais d'aquaculture en effluents de lagunage. EIFAC, FAO. Symposium sur la nutrition des poissons et la technologie des aliments. E/29, 28 p.
- BARDACH J.E., RYTHER J.H., McLARNEY W.O. (1972). *Aquaculture*. Wiley-Interscience (U.S.A.), 868 p.
- BOSE P.C. (1944). Calcutta sewage and fish culture. *Proc. Nat. Inst. Sci. (India)*, 10, p. 443-450.
- BUCK H., BAUR R.J. et ROSE C.R. (1978). Polyculture of chinese carps in ponds with swine wastes. *Am. Fish. Soc., Auburn, Al. (U.S.A.)*, p. 144-155.
- COLEMAN M.S., HENDERSON J.P., CHICHESTER H.G. and CARPENTER R.L. (1974). Aquaculture as a means to achieve effluent standards. *In Waste water Use in the Production of Food and Fiber-Proceedings*. U.S. Environmental Production Agency, Environmental Protection, Technology Series, 660/2-74 041, Washington D.C., p. 199-214.
- CHODOROWSKA W. (1976). Elevage des poissons phytophages dans une pisciculture de repeuplement en France. *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.* 40 (3 et 4), p. 540-542.
- DEAN J.M. (1963). The effect of sewage on a chain of lakes in Indiana. *Hydrobiologia*, Vol. 24, fasc. 1-3, p. 435-440.
- DOBIE J. (1966). Experiments in the fertilization of Minnesota fish rearing ponds. ROME FAO. Symp. sur la pisc. en étang à temp. élevée. FR : II/E-16, p. 1-11.
- GUELIN A. (1962). Polluted waters and the contamination of fish. *In Fish as Food*, Vol. 2, Nutrition, Sanitation and Utilization, G. Borgstrom (Ed.), Academic Press, N.Y. and London, p. 481-502.
- HEPHER B. et SCHROEDER G.L. (1977). Wastewater utilization in Israël aquaculture. Wastewater renovation and Reuse. F.M. d'ITRI M. DEKKER, Inc. New York, p. 529-559.
- HEY D. (1955). A preliminary report on the culture of fish in the final-effluent from the new disposal works, Althone S. Africa. *Verh. Int. Ver. Limnol*, 12, p. 737-742.
- HUET M. (1970). *Traité de pisciculture*. Ed. Ch. de Wyngaert, Bruxelles, 718 p.
- JANSSEN W.A. (1970). Fish as potential vectors of human bacterial disease of fishes and shellfishes. *Z. Angew. Zool.*, 45, p. 433-481.
- KRISHNAMOORTHY K.P., ABDULAPPA M. K., SARKAR R. and SIDDIQI R.H. (1973). Productivity of sewage fertilized fish ponds. *Water Research*, Vol. 9, p. 267-274.
- LEROY CARPENTER R., MALONE H. K., ROY A.F., MITCHUM A.L., BEAUCHAMP H.E. et COLEMAN M.S. (1974). The evaluation of microbial pathogens in sewage and sewage-grown fish. *Proceedings U.S. Environmental Protection Agency, Environmental Protection Series, 660/2-74-041*, Washington D.C., p. 46-55.
- LEWKOWICZ M., LEWKOWICZ S. (1976). Organic and inorganic nutrient enrichment and the living conditions of carp fry in first rearing ponds. Physico-chemical factors and the zooplankton. *Akta Hydrobiol.*, 18, 3, p. 235-257.
- MANN K. (1972). Macrophyte production and detritus food chains in coastal waters; Detritus and its role in aquatic ecosystems. *Memoire Dell Instituto Italiano Di Ichobiologica* 29, IBP-UNESCO Symposium, 370 p.
- MAYENNE V.A. (1933). Abwasserreinigung durch Mehrstufige Teiche und Fishzucht in Denselben. *Arch. Hydrobiol.* 25, p. 648-656.
- MORISSENS P. (1977). Quelques données sur l'élevage des Carpes chinoises argentées et marbrées. *Note pêches Pisciculture*, n° 16, p. 25-36.
- NOBLE R. (1975). Growing fish in sewage. *New Scientist*, Vol 67, n° 960, p. 259 - 261.
- RUTTLE J. (1977). Farming our waste waters. *Compost Science*, Vol. 18, n° 3, p. 21.
- SCHROEDER G.L. (1974). Some effects of stocking fish in water treatment ponds. *Water Research*, Vol. 9, p. 591-593.
- SCHROEDER G.L. (1974) Use of fluid cowshed manure in fish ponds. *Bamidgeh* 26, p. 84 - 96.
- SCHROEDER G.L. (1977). Agricultural wastes in fish farming. A commercial application of the culture of single-celled organisms for protein production. *Water Research*, Vol. 11, p. 419 - 420.
- SHEWAN J.M. (1962). Food poisoning caused by fish and fishery products. *In Fish as food*, Vol. 2, Nutrition, Sanitation and Utilization, G. Borgstrom (Ed.) Academic Press N.Y. and London, p. 443 - 466.

- SUFFERN J.S., ADAMS S.M., BLAYLOCK B.G., COUTANT C.L. et GUTHRIE C.A. (1978). Growth of monosex hybrid Tilapia in the laboratory and sewage oxidation ponds. Am. Fish Soc. Auburn, Al. (U.S.A.), p. 65-81.
- SZLAUER L. (1977). Experimental treatment of waste effluent from chemical plants « Pollice » using it in carp cultures. *Polskie Archiwum Hydrobiologia*, 24, 4, p. 593-602.
- THORSLUND A. (1971). Potential uses of wastes and heated effluents. Rome FAO Eifac. Occasional paper, 5, 23 p.
- TIMMERMANS J.A. (1978). La Carpe herbivore (*Ctenopharyngodon idella*). Station de Recherches des Eaux et Forêts, Groenendaal-Hoeilaart. Travaux-Série D, n° 47, 11 p.
- VAAS K.F. (1948). Notes on fresh water fish culture in domestic sewage in the tropics Landbown (Batavia), 20, p. 331-348.
- WATTIEZ C. (1979). Etude comparée de l'écologie et de la productivité de cladocères planctoniques dans deux étangs des Ardennes belges. Thèse de doctorat. Université Libre de Bruxelles, 2 Vol., Texte, figures et tableaux.
- WIRSHUBSKY A. et ELCHUNESS M. (1952). A preliminary report on the breeding of chironomides in concrete ponds. *Bamidgeh*, 4 (1-2), p. 1-5.
- WOLNY P. (1960). Fertilization of warm-water fish ponds in Europe. Rome FAO, World Symp. on warm-water ponds fish culture. FR II/R 7, 18 p.
- WOLNY P. (1962). The use of purified town sewage for fish rearing. *ROZNIKI NAUK ROLNICZYCH*. 818-2, p. 231-249.
- WROBEL S. (1971). Utilization of waste in ponds. Proceedings of the symposium : New ways of Freshwater Fishery Intensification, p. 95-101.
- YASHOUV A. (1951). Interaction between the common carp (*Cyprinus carpio*) and the silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) in fish ponds. *Bamidgeh*, 23, p. 85-92.
- YIP S.W. et WONG M.H. (1977). The effects of sewage sludge on the growth rate of carp, *Cyprinus carpio* L., *Environ. Pollut.* 14, p. 127-132.
- ZIEBA J. (1977). Macrobenthos of a carp pond enriched for some years with beet sugar factory wastes and of a control pond. *Acta Hydrobiol.* 19, 4, p. 389-412.

GLOSSAIRE

- **Alkylbenzène sulfonate (ABS)** : détergent anionique. Actuellement on utilise les alkyl sulfonates linéaires biodégradables à 99 %.
- **DBO (Demande Biologique en Oxygène)** : expression de la quantité d'oxygène nécessaire à la dégradation des matières organiques dans l'eau, par l'intermédiaire des microorganismes présents dans le milieu et ce dans des conditions déterminées (20 °C, 1 ou 5 jours).
- **Dilution simultanée** : dilution d'eaux usées avec l'eau contenue dans l'étang.
- **Épuration classique** : système d'épuration qui comprend en général un décanteur (épuration primaire) suivi de boues activées ou de lits bactériens (épuration secondaire) permettant la transformation des matières organiques en matières minérales par l'entremise des bactéries.
- **Eutrophe** : caractérise une eau riche en substances nutritives (nitrates et phosphates surtout).
- **Fleurs d'eau** : prolifération d'algues unicellulaires dans la couche superficielle des plans d'eaux fortement eutrophisés.
- **Lagunage** : système d'épuration naturelle formé de plusieurs bassins en séries. Les eaux usées y séjournent 1 à 2 mois.
- **Mésotrophe** : définit une eau où les substances nutritives ne sont pas en excès.
- **Prédilution** : dilution d'eaux usées avec une eau de bonne qualité avant son entrée dans l'étang.