



27008 RM

Agence de l'eau  
Rhodan

ETUDE DE FAISABILITE CONCERNANT  
L'UTILISATION DU GYMNOTOX,  
DETECTEUR BIOLOGIQUE DE POLLUTIONS DES EAUX,  
A LA STATION D'EPURATION DE MAXEVILLE

Rapport préparé par Marielle THOMAS

Février 1999

---

G.E.M.C.E.A.  
Groupement pour l'Evaluation des  
Mesures et Composants pour l'Eau

NAN.C.I.E.  
Centre International de l'Eau de Nancy

149, rue Gabriel Péri  
54 515 Vandoeuvre-lès-Nancy

# SOMMAIRE

---

	Pages
Exposé des motifs.....	4
I. Introduction.....	5
II. Recherche d'une gamme de dilutions des eaux usées en circuit hydraulique fermé.....	7
A. Protocole expérimental.....	7
B. Résultats .....	8
C. Discussion - Conclusion.....	11
III. Modes d'alimentation du Gymnotox en eaux usées.....	13
A. Protocole expérimental.....	13
1. Présentation du Gymnotox .....	13
2. Modes d'alimentation hydraulique.....	14
B. Résultats .....	17
1. Alimentation directe en eaux usées .....	17
2. Alimentation en eaux usées <i>via</i> un préleveur.....	17
C. Discussion - Conclusion.....	18
IV. Recherche d'une gamme de dilutions des eaux usées à appliquer à l'entrée du Gymnotox (circuit hydraulique ouvert).....	18
A. Protocole expérimental.....	18
B. Résultats .....	19
C. Discussion - Conclusion.....	20
V. Performances de détection de pollutions accidentelles simulées dans le réseau de collecte des eaux usées .....	21
A. Protocole expérimental.....	21
B. Résultats .....	23
1. Tests de simulation de pollution des eaux usées par du nitrate de cuivre trihydraté .....	24
2. Tests de simulation de pollution des eaux usées par du bichromate de potassium .....	25
3. Tests de simulation de pollution des eaux usées par du trichloroéthylène.....	25

C. Discussion .....	26
D. Modification de la procédure expérimentale .....	28
E. Résultats consécutifs à cette nouvelle procédure.....	29
F. Conclusion .....	32
VI. Conclusion générale .....	34
Annexes 1 : Fiches de résultats .....	38
Annexes 2 : Présentation du Gymnotox .....	40
Annexes 3 : Normes sur les rejets industriels .....	41

---

## EXPOSE DES MOTIFS

---

Le traitement des eaux usées avant rejet dans le milieu naturel est une nécessité, la finalité étant le respect et la protection du milieu naturel. Si la réglementation a diversifié les niveaux de rejets possibles, les adaptant par là-même à des objectifs de qualité de la rivière qui tiennent compte des différents usages de l'eau, il n'en reste pas moins que les stations d'épuration doivent satisfaire à de sévères **exigences de rendement**. Elles doivent pour cela être équipées d'outils performants d'épuration, ceci d'autant plus que les volumes d'eaux usées tendent à s'accroître et que le pompage des eaux de surface en tant que ressource s'intensifie.

La **directive européenne 91/271** transcrite dans la législation française par la **loi sur l'eau** du 3 janvier 1992 responsabilise les maîtres d'ouvrage ; ainsi ceux-ci s'exposent à d'importantes condamnations (amendes, voire peine de prison) si leur système d'assainissement ne fonctionne pas correctement. Un bon fonctionnement est caractérisé par :

- ✓ Des valeurs limites des paramètres caractéristiques : DBO5, DCO, MES, NGL et PT ;
- ✓ Et/ou des rendements entre entrée – sortie de ces mêmes paramètres.

Pour qu'une station d'épuration (ou STEP) soit performante, il est nécessaire de bien connaître les caractéristiques non seulement des rejets domestiques (eaux résiduaires urbaines ou ERU), mais aussi des rejets industriels (eaux résiduaires industrielles ou ERI). Si les premières (ERU) sont relativement peu variables, il n'en est pas de même des secondes (ERI), qui sont propres à chaque type d'industrie (variabilité qualitative) et à leurs niveaux d'activité (variabilité quantitative). Mais une station d'épuration n'est jamais à l'abri **de problèmes de pollutions occasionnelles**, pouvant perturber gravement le fonctionnement de certains organes des équipements de traitement, et donc le rendement de la STEP. Par exemple pour qu'un effluent puisse être traité de façon satisfaisante par voie biologique, il doit présenter des caractéristiques compatibles avec la croissance bactérienne, comme le pH, la température ou encore l'absence de produits inhibiteurs ou toxiques.

Ainsi un flux entrée de station pollué peut conduire à un dysfonctionnement des procédés des traitements avec deux conséquences possibles :

- ✓ Entraîner un rejet non conforme ;
- ✓ Produire une boue dont la qualité serait incompatible avec son épandage en agriculture.

Pour ces raisons, tout un dispositif de capteurs et d'analyseurs physico-chimiques est mis en place à des endroits stratégiques le long du système d'assainissement. Il s'agit là d'un **suivi spécifique** ce qui ne constitue donc pas une solution entièrement satisfaisante vis-à-vis des pollutions accidentelles, qui ne sont pas forcément de nature connue. C'est face à cette problématique que se positionne notre projet d'étude. Il propose, pour anticiper sur l'influence néfaste que pourraient avoir des déversements accidentels dans le réseau de collecte des eaux usées, le recours au Gymnotox. Ce dernier est un outil de surveillance biologique à large spectre de détection. Aussi son **caractère intégrateur** pourrait-il être une solution séduisante vis-à-vis de ce problème.

Cette étude consiste donc à évaluer — dans ce contexte — la pertinence de **l'utilisation du Gymnotox**, détecteur biologique de pollutions des eaux, avant une utilisation systématique à la station d'épuration de Maxéville.

---

## I. INTRODUCTION

---

Les capteurs en assainissement sont nécessaires pour plusieurs raisons :

- ✓ Un point de vue réglementaire (*cf.* la directive européenne relative au traitement des eaux résiduaires urbaines, 91/271/CEE ; la loi sur l'eau du 3 janvier 1992 ; le décret du 3 juin 1994 relatif à la collecte et au traitement des eaux usées ; l'arrêté du 22 décembre 1994 sur la surveillance des ouvrages de collecte et de traitement des

eaux usées ; la recommandation du 12 mai 1994 sur la mise en œuvre de l'auto-surveillance) ;

- ✓ L'aspect juridique : la loi sur l'eau prévoit des amendes et des peines d'emprisonnement pour les maîtres d'ouvrage qui auraient un système d'assainissement ne fonctionnant pas correctement ;
- ✓ Un intérêt économique : une prime d'aide au bon fonctionnement est attribuée par les Agences de l'Eau.
- ✓ L'aspect fonctionnel : possibilité d'établir un diagnostic rapide du fonctionnement de la STEP.

Si on s'intéresse de façon un peu plus particulière aux **aspects réglementaires**, il est nécessaire de savoir qu'à partir du 10 février 2000, toutes les stations d'épuration d'une capacité de 2.000 à 10.000 éqH (équivalent Habitant) devront être équipées d'un système d'auto-surveillance conforme aux normes afin d'en contrôler les performances et d'informer le public. Ces nouvelles dispositions réglementaires contraignent l'exploitant à évaluer plus souvent l'impact des eaux rejetées sur le milieu naturel. Aussi les mesures doivent-elles être réalisées à la sortie du système d'assainissement, c'est à dire au point de rejet qui doit être aménagé à cet effet. Cependant les contrôles sont à l'heure actuelle le plus souvent effectués à la sortie de l'usine d'épuration, pour des raisons pratiques. En fait, certaines installations disposent d'ouvrages d'évacuation des rejets suffisamment importants pour être le siège de phénomènes d'épuration complémentaire qui peuvent être relativement efficaces. Par exemple, pour une usine d'épuration biologique à boues activées fonctionnant à moyenne charge massique, la biodégradation carbonée peut se poursuivre dans le système d'évacuation, accompagnée même d'une nitrification. Ceci peut être mis en évidence par des mesures.

En-dehors du cadre réglementaire (auto-surveillance ou contrôle), il peut être nécessaire d'avoir à effectuer le **diagnostic rapide** du fonctionnement d'une station d'épuration. On cherche à avoir une réponse de la mesure ou du test immédiatement, de façon à pouvoir agir le plus rapidement possible en cas de problème. Différentes attitudes complémentaires simples sont généralement adoptées. La première consiste à rechercher des indications de dysfonctionnement, comme par exemple l'existence de pannes visibles, de boues flottées sur le clarificateur, de mousse dans le canal de fuite ou de matières en suspension (MES) dans l'effluent traité. Corrélativement, la présence de signes de bonne épuration de l'effluent doit

être relevée (aspect limpide de l'effluent traité, propreté générale, ...). La deuxième attitude s'appuie sur l'utilisation de mesures ou de tests effectués sur le site. Parmi les différentes possibilités, citons la mesure de l'oxygène dissous dans le bassin d'aération, le cas échéant, de la transparence dans le clarificateur (disque de Secchi), et de différents paramètres en sortie : turbidité, azote ammoniacal et nitrique, matières organiques (tests d'oxydation ou UV), ...

C'est dans ce double contexte (respect de la réglementation, possibilité d'un diagnostic rapide du fonctionnement de la STEP) que s'inscrit notre étude. Nous souhaitons mettre en place le Gymnotox, un outil de surveillance complètement automatisé à la station d'épuration de Maxéville. L'objectif global est de déterminer si l'utilisation du Gymnotox peut être une solution pour anticiper sur l'influence néfaste que pourraient avoir des déversements accidentels dans le réseau de collecte des eaux usées. Il s'agit donc de travailler sur les effluents en entrée de station (*i.e.* en amont de tout traitement). Pour ce faire, nous aurons à répondre à 3 questions, qui sont les suivantes :

1. Quel est le taux de dilution à appliquer aux eaux usées alimentant le Gymnotox ?
2. Par quel système peut-on alimenter en continu le Gymnotox en eaux résiduaires diluées ?
3. Quelles sont les performances du Gymnotox vis-à-vis de polluants potentiels dans le réseau de collecte des eaux usées ?

C'est donc autour de ces 3 interrogations que s'articule l'étude qui suit.

---

## II. RECHERCHE D'UNE GAMME DE DILUTIONS DES EAUX USEES EN CIRCUIT HYDRAULIQUE FERME

---

### A. Protocole expérimental

L'objectif est de **définir le taux de dilution des eaux résiduaires (entrée de STEP) compatible avec la vie d'*Apteronotus albifrons***. Pour ce faire, 3 aquariums en verre, d'un volume unitaire de 40 litres, ont été installés. Ils sont équipés chacun d'une résistance

---

## VI. CONCLUSION GENERALE

---

L'enjeu du travail ici réalisé était de démontrer s'il était envisageable et opportun de recourir au biodétecteur Gymnotox pour la surveillance des eaux résiduaires entrée de station d'épuration, l'objectif étant de détecter des pollutions accidentelles pouvant perturber gravement le fonctionnement de la filière biologique. La réponse est clairement 'oui' et voyons pour cela dans le détail l'ensemble des résultats recueillis au cours de cette étude.

**Concernant la recherche d'une gamme de dilutions des eaux usées applicables aux poissons électriques**, on a réalisé des tests en circuit fermé . Ils montrent les points suivants :

- Des **effluents entrée de STEP dilués au 1/100** sont **immédiatement tolérés** par *A. albifrons*, sans qu'il y ait besoin au préalable d'une phase d'acclimatation.
- Les poissons **électriques s'accommodent d'eaux usées diluées au 1/25 et même au 1/10**, après une phase d'acclimatation d'une dizaine de jours.
- Logiquement, la **phase d'acclimatation** est d'autant plus longue que les dilutions sont faibles.
- L'essentiel de l'information est donné par l'**étude du comportement alimentaire** des poissons.
- **Aucune pathologie** externe n'a été observée sur la durée des tests (2 mois) et au cours des semaines qui ont suivi l'expérimentation.

Au terme de cette première phase expérimentale, on soulignait qu'il ne s'agissait là que d'une première approche pour la définition d'une gamme de dilutions envisageable dans le contexte d'une alimentation en eaux usées du Gymnotox. On abordait alors une seconde étape, pour la définition — dans un premier temps — d'un mode d'alimentation du biodétecteur en eaux résiduaires.

Nous sommes parvenus — après plusieurs étapes de développement et de validation — **à la définition ainsi qu'à la conception d'un préleveur**, pouvant fournir de très faibles quantités d'eaux usées. Divers aménagements, qui contribueraient à améliorer encore le fonctionnement



futur de cet appareil, ont aussi été proposés (*i.e.* la pose d'une grille de filtration amovible et une diminution du volume du bol préleveur).

Un système adéquat d'alimentation en eaux usées vers le Gymnotox étant défini, la troisième étape de l'étude a débuté pour **définir une gamme de dilution des eaux résiduaires applicable à l'entrée du biodétecteur**. A la différence de la première phase expérimentale, on travaille à présent **en circuit ouvert** (*i.e.* dans des conditions réelles d'utilisation du Gymnotox). On a obtenu les résultats suivants :

- Une **très nette différence en ce qui concerne la tolérance** des poissons électriques vis-à-vis d'eaux usées diluées apparaît suivant que l'on fonctionne **en circuits hydrauliques ouvert ou fermé**.
- Des **mortalités** sont enregistrées dès les premiers jours d'exposition à **des eaux usées diluées au 1/25 et au 1/30**, chez les poissons situés en tête de la cascade (essentiellement au niveau du bac n°1).
- Un **déficit en oxygène** dans l'eau, lié à la présence d'une quantité non négligeable de matières organiques, serait responsable des mortalités enregistrés chez les poissons électriques.
- Pour un fonctionnement du Gymnotox en eaux usées entrée de STEP, **il est possible d'appliquer une dilution au 1/40** ; dans ces conditions, il est préconisé d'assurer une bonne oxygénation du milieu environnant les poissons (en particulier dans le bac n°1 où les dépôts en matières organiques sont les plus importants).
- Pour travailler avec une certaine marge, **il est raisonnable de recourir à une dilution des eaux usées au 1/50**.
- Nos résultats témoignent de la grande **variabilité temporelle de la qualité des effluents**.
- Avec cette nouvelle application, l'encrassement du Gymnotox **ne nécessite pas une maintenance plus soutenue** que celle préconisée lors d'une utilisation classique (eau brute de rivière).

La dernière phase de l'étude avait pour objectif la **définition des performances de détection du Gymnotox vis-à-vis de pollutions accidentelles simulées sur les eaux brutes**. Ces essais ont été entrepris avec diverses substances représentatives des risques majeurs pouvant survenir au niveau des stations d'épuration : ce sont des métaux lourds (cuivre, chrome

hexavalent), un solvant (trichloroéthylène) et un détergent (Cerodor). Le dopage des eaux usées en toxiques a été réalisé selon deux procédures expérimentales et dans tous les cas, une dilution au 1/40 a été appliquée. Les résultats enregistrés au cours des divers essais sont les suivants :

- Compte tenu de la variabilité qualitative dans le temps des eaux résiduaires, il est conseillé de **paramétrer la sensibilité de l'appareil aux niveaux 'standard' ou 'peu sensible'**. En effet, dans le cadre d'une exploitation du Gymnotox pour la surveillance des eaux usées entrée de STEP, il est nécessaire de prendre en compte les particularités des effluents qui sont :
  - ✓ la complexité. Un effluent est un mélange d'un grand nombre de molécules qui interagissent entre elles dans le milieu mais aussi au niveau des cibles biologiques et sa toxicité est le résultat des ces interactions (additivité, synergie, antagonisme).
  - ✓ Les conditions physico-chimiques non relatives à la toxicité *stricto sensu* (pH, turbidité, couleur, salinité, *etc.*) et qui peuvent interférer avec la mise en évidence des effets des toxiques présents.
- Divers phénomènes de **volatilité des produits** et d'**absorption de substances toxiques sur les matières en suspension** ont été rencontrés, expliquant les différences entre les valeurs des concentrations mesurées dans la cuve de mélange eau usée – polluant et celles attendues au sein du biodétecteur.
- Il existe aussi une **variabilité intraspécifique des poissons électriques vis-à-vis des agressions physico-chimiques extérieures**.
- L'**adoption d'un schéma hydraulique particulier a des répercussions sur les résultats enregistrés**. On montre ainsi que le recours à la boucle de mélange favorise vraisemblablement une installation progressive de la pollution au niveau des poissons ainsi qu'un léger phénomène de dilution, diminuant par là même les performances de détection du Gymnotox.
- Malgré ces deux phénomènes (dilution et installation progressive des pollutions au niveau des poissons), **le Gymnotox affiche une bonne sensibilité vis-à-vis de pollutions des eaux usées :**
  - ✓ **par du cuivre** (46 mg/l détectés en 48 minutes dans le meilleur des cas, soit une concentration de 285 µg/l au niveau des poissons),

- ✓ **et par du détergent** (1,8 mg/l détectés en 80 minutes dans le meilleur des cas toujours, soit une concentration de 270 µg/l au niveau des poissons).
- Une modification de la procédure expérimentale (alimentation directe sans passer par la boucle de mélange) conduit à de meilleurs résultats, soit **la détection de 0,255 mg/l de détergent en 29 minutes seulement** (soit une concentration de 6 µg/l seulement au niveau des poissons).

**En résumé, cette étude démontre qu'il est tout à fait envisageable de recourir au Gymnotox pour la surveillance des effluents qui entrent dans les stations d'épuration, et que cela répondrait à l'objectif précis d'une protection de la filière biologique du traitement des eaux usées.**