**RECHERCHE DE LA TOXICITE
DES ALCOOLS GRAS SUPÉRIEURS
SUR LA TRUITE ARC-EN-CIEL
(*SALMO IRIDEUS*)
ÉTUDE PARTICULIÈRE
DES EFFETS DE L'HEXADECANOL
ET DE L'OCTADECANOL
SUR LA FONCTION RESPIRATOIRE**

par J. GORIN*, B. CORREIA-DEREUMAUX*, Françoise ERB**
et P. HARICHAUX *

1. INTRODUCTION

L'intérêt des films monomoléculaires d'alcools gras supérieurs utilisés en milieu aquatique pour inhiber l'évaporation de plans d'eau a été souligné par de nombreux auteurs (v. notamment : GRUNDY, 1957 ; VINES *et al.*, 1959 ; LA MER *et al.*, 1965 ; SNEAD *et al.*, 1968 ; BEAN *et al.*, 1968 ; FRAZIER *et al.*, 1968), ainsi que par certains organismes officiels (v. rapport bibliographique de Madame RIGAUD, 1977).

* *Laboratoire de Physiologie, Professeur Pierre HARICHAUX, Faculté de Médecine, 12, rue Frédéric Petit, 80036 AMIENS Cédex.*

** *Laboratoire d'Hydrologie, Professeur Madame Françoise ERB, Faculté de Pharmacie, rue du Professeur Laguesse, 59045 LILLE Cédex.*

Cette propriété, à laquelle on a rattaché récemment celle d'inhiber la formation de brouillards, a suscité de nombreuses études sur les propriétés physiques de ces films (DOWNING et al., 1957 ; MANSFIELD, 1959 ; GOODRICH, 1962 ; KANWISHER, 1963 ; SADA et al., 1967 ; SCHOOLEY et al., 1971 ; GARRET, 1972 ; LISS, 1973).

Du point de vue biologique, l'influence des alcools gras supérieurs a été étudiée *in situ* par le Bureau of Reclamation à Denver, Colorado (1958-1959) avec la collaboration de SILVEY (1960). Les études effectuées sur le lac Hefner et le Kid Lake ont abouti aux constatations suivantes :

- absence d'altérations des populations planctoniques et de la faune benthique par l'hexadécanol
- absence de modifications du rendement de la pêche
- absence de variations de croissance des algues bleues et brunes imputables à la substance
- accroissement des bactéries du genre *Pseudomonas* sp et *Alcaligènes* sp, en présence de l'hexadécanol, non préjudiciable à la qualité de l'eau du Kid Lake.

En revanche, pour MESHKOVA (1966) des études menées d'une part en laboratoire et, d'autre part, dans des conditions naturelles ont montré que l'utilisation en milieu aquatique des alcools gras supérieurs était préjudiciable à la croissance d'insectes aquatiques et des daphnies et, en corollaire, au repeuplement des poissons se nourrissant de ces espèces.

Plus récemment BILLARD (1978), a mis en évidence une toxicité relative des alcools gras sur les gamètes et la fécondation de la truite arc-en-ciel.

En revanche, selon GILLET et al. (1978), les teneurs en gonadotrophines plasmatiques et hypophysaires, les rapports gonadosomatique et hépatosomatique et la croissance des poissons rouges ne sont pas modifiés par l'hexadécanol.

Pour notre part, et en vue d'une utilisation de ces alcools gras en milieu aquatique, nous avons été amenés à développer nos travaux sur les répercussions biologiques de l'utilisation des alcools gras en milieu aquatique (HARICHAUX et al., 1977).

Deux tests ont été utilisés afin de déterminer les perturbations éventuelles provoquées par les alcools gras supérieurs sur un poisson d'eau douce : la truite arc-en-ciel (*Salmo irideus*).

Le premier est le test conventionnel de toxicité permettant la détermination de la DL 50 sur 96 heures.

Le second, plus spécifique, consiste à évaluer l'influence de ces substances sur une fonction physiologique du poisson, en l'occurrence la fonction respiratoire.

2. RECHERCHE DE LA TOXICITE DES ALCOOLS GRAS SUPERIEURS SUR LA TRUITE ARC-EN-CIEL

2.1. Technique

Le dispositif expérimental comprend un bassin de 50 litres d'eau pourvu

d'une agitation par circulation d'eau et d'un dispositif de régulation thermique maintenant l'eau à 17°C.

Toutefois, compte tenu de la faible densité des alcools gras qui, remontant rapidement en surface, interdisent l'aération de l'eau par bullage d'air, le problème de l'homogénéisation du milieu et de son aération a été résolu de la manière suivante : une pompe, à fort débit, immergée, aspire l'eau au fond du bassin et la refoule à la surface sous un angle de faible incidence par un tuyau de 1,5 cm² de section, dont l'ouverture est à demi immergée. Il se forme alors à la surface de l'eau un cône de dépression dans lequel l'eau refoulée entraîne d'une part l'air qui éclate en fines bulles dans le bassin, d'autre part les alcools gras rassemblés par les courants de surface.

Avec ce dispositif, la réaération de l'eau est satisfaisante et relativement peu d'alcools séjourne en surface.

2.2. Protocole expérimental

Trois truitelles à jeun de 20 à 30 grammes sont utilisées ensemble au cours de chaque expérience. Après 5 jours d'adaptation, les truitelles sont exposées pendant 96 heures à la présence d'alcools gras finement broyé et mis en suspension comme décrit *supra*. Plusieurs doses d'hexadécanol et d'octadécanol ont été utilisées (1, 10, 100 et 1000 ppm).

2.3. Résultats

2.3.1. Effet toxique

Nous n'avons pas observé de toxicité : sur les 48 truitelles utilisées par groupe de 3, nous avons seulement dénombré au bout de 96 heures et les jours suivants 3 morts avec l'hexadécanol et 2 avec l'octadécanol, sans relation avec la dose utilisée.

2.3.2. Comportement alimentaire

Nous n'avons pas noté de modification du comportement alimentaire chez les poissons après une exposition de 96 heures aux différentes doses d'alcools gras. Le volume de la prise de nourriture en granulé s'est révélé pratiquement constant chez tous les poissons.

2.3.3. Devenir des alcools gras dans le milieu

Dans nos conditions expérimentales, nous avons noté une aptitude des truitelles à clarifier le milieu par agglutination de particules d'alcools gras en une gelée muqueuse adhérente aux parois du bassin.

Il ne semble pas que les truitelles se nourrissent de ces substances à en juger par l'absence de déjections autres que des débris d'épithélium intestinal normalement observés au cours d'un jeûne prolongé.

2.3.4. Remarque

De fortes concentrations d'alcools gras, 50 à 100 ppm, semblent avoir eu un effet bénéfique sur certaines affections cutanées après deux semaines d'exposition.

2.4. Discussion

Au cours de ces expériences préliminaires, il semble que les alcools gras supérieurs soient bien supportés par la truite arc-en-ciel, même à des concentrations très élevées.

Toutefois, dans la présente étude, il s'est agi d'évaluer globalement les effets de ces substances ; c'est pourquoi, et à l'inverse de ce test classique de toxicité, nous avons recherché les effets des alcools gras sur la fonction respiratoire de la truite.

3. INFLUENCE DES ALCOOLS GRAS SUPERIEURS SUR LE COMPORTEMENT RESPIRATOIRE DE LA TRUITE ARC-EN-CIEL

L'étude a été conduite simultanément sous deux aspects : nous avons étudié les effets des alcools gras supérieurs d'une part, dans les conditions du confinement aquatique et, d'autre part, dans celles du semi-confinement aquatique (ou en circuit ouvert).

3.1. En milieu confiné

3.1.1. Méthodologie et protocole expérimental

La méthodologie et le protocole expérimental ont été décrits dans le rapport préliminaire et publiés (HARICHAUX *et al.*, 1977). Nous en rappelons ici brièvement le principe.

On étudie les variations du point d'oxygène-dépendance et celles de la consommation d'oxygène chez des poissons soumis à des conditions hypoxiques sévères et répétées. Ce test est pratiqué sur des poissons témoins et traités par l'un et l'autre des alcools gras à des concentrations croissantes (1, 10, 100 et 1000 ppm).

3.1.2. Résultats

Ils portent sur 142 truitelles d'un poids compris entre 30 et 70 grammes. 38 animaux ont servi de témoins, et 13 ont été utilisés pour chacune des 4 concentrations.

Par ailleurs, nous avons relevé un taux de mortalité relativement faible : 6 morts parmi les témoins, 7 dans la série de l'hexadécanol et 5 dans celle de l'octadécanol, la mortalité survenant toujours au cours des deux premières épreuves, sauf 3 cas.

Sur les poissons survivants, nous avons calculé et comparé successivement la moyenne des valeurs du point d'oxygène-dépendance (planches 1 et 2) et de la consommation d'oxygène des poissons témoins et traités aux différentes concentrations d'alcools gras (planches 3 et 4).

Il ressort de ces résultats les constatations suivantes :

- un abaissement significatif ($p < 5\%$) du point d'oxygène-dépendance en présence de 1 000 ppm d'octadécanol (3^e épreuve) et au cours de la 4^e épreuve en eau pure, traduisant une plus grande aptitude du poisson à extraire l'oxygène au niveau de la plage critique de PO_2 .

- un accroissement significatif de la consommation d'oxygène ($p < 5 \%$) pour des concentrations de 10, 100 et 1 000 ppm de l'un et l'autre des alcools gras uniquement au cours de la 4^e épreuve en eau pure, évoquant un effet de type retardé.

3.2. En semi-confinement (circuit ouvert)

3.2.1. Principe

Une chaîne de mesure de pression partielle d'oxygène comprend : une électrode PO_2 , plongeant dans un aquarium, un analyseur d'oxygène et un enregistreur potentiométrique qui transcrit en continu les variations de la pression partielle d'oxygène de l'aquarium alimenté en eau courante et où vit un poisson.

Connaissant par ailleurs la courbe de réoxygénation de l'aquarium déterminée expérimentalement, il est possible de calculer à tout instant du jour ou de la nuit la consommation d'oxygène du poisson (HARICHAUX *et al.*, 1976 ; GORIN *et al.*, 1977).

3.2.2. Technique

3.2.2.1. L'aquarium, ouvert à l'air libre, de dimensions suffisantes pour qu'un poisson puisse s'y retourner, est alimenté par une pompe à débit constant en eau pure, préalablement filtrée et tonométrée sur l'air ; un trop plein permet de maintenir le niveau de l'eau à une hauteur déterminée (figure 1).

3.2.2.2. Un dispositif d'agitation assure plusieurs fonctions :

- répartition homogène des constantes physico-chimiques du milieu (température, PO_2 , substances introduites dans le milieu).
- entraînement de débris éventuels dans un cône de décantation avec possibilité d'élimination à l'extérieur.
- apport complémentaire d'oxygène atmosphérique par renouvellement de la surface de l'eau.
- balayage permanent et efficace de la membrane de l'électrode PO_2 , indispensable à une bonne précision des mesures.

Ce dispositif comprend un turbulent entraîné par un plateau aimanté, situé sous l'aquarium et tournant à vitesse fixe (contrôlée par effet stroboscopique). Le turbulent est protégé par un cylindre de plexiglass haut de 5 cm et de 6 cm de diamètre, collé sur le fond de l'aquarium (ceci empêche également le contact de l'animal avec le turbulent) ; l'ouverture supérieure est coiffée d'un déflecteur incliné, reposant sur trois pieds collés sur l'épaisseur de la paroi, ménageant ainsi une fente dont la plus petite hauteur est de 0,5 cm et la plus grande de 1 cm. Ce déflecteur évite la formation d'un cône étroit d'agitation, susceptible d'être fréquemment brisé ou désaxé par le poisson, et, en outre, permet un appel d'eau plus régulier au sein du milieu ; quant à son inclinaison, elle évite le piégeage de bulles lors des opérations de nettoyage et de bullage d'azote (v. plus loin). L'évacuation de l'eau s'effectue par des fenêtres de $1,5 \text{ cm}^2$ d'ouverture, découpées en créniaux obliques dans l'épaisseur et à la base du cylindre, afin de réduire les turbulences des courants d'eau à leur sortie. Sur une des fenêtres vient s'aboucher un tube en plexiglass, dont un des segments est collé sur le fond de l'aquarium et l'autre remonte sur la paroi pour venir déboucher à 1 cm sous la surface de l'eau au niveau de l'électrode oxygène ;

la membrane est ainsi balayée par le courant d'eau ascendant engendré par le turbulent qui fonctionne alors comme une petite pompe. Ainsi se trouvent éliminés les risques de formation de couches de diffusion gazeuse au niveau de la membrane de l'électrode, qui conduiraient à des mesures erronées et les perturbations électromagnétiques provoquées par la proximité de la rotation des aimants.

3.2.2.3. En outre, l'aquarium est suspendu par deux barres longitudinales reposant sur des tampons en caoutchouc, afin de soustraire le poisson, au moins partiellement, aux vibrations diverses transmises par les pièces solides et un cache translucide isole visuellement le poisson de l'extérieur.

3.2.2.4. Enfin, nous avons jugé utile de doter un des aquariums d'un dispositif actographique avec enregistrement en continu. Le principe en est le suivant : on enregistre les oscillations de la surface de l'eau par l'intermédiaire d'un flotteur porté par un des bras du balancier, l'autre étant lui-même porteur d'un aimant plongeant librement dans un induit où les courants engendrés sont enregistrés simultanément aux variations de la pression partielle d'oxygène, sur un enregistreur bicanal.

3.2.3. Protocole expérimental

Il est le suivant : les truitelles, après leur capture dans les bassins piscicoles, sont placées en observation 4 à 5 jours en aquarium de réserve situé également dans la salle thermo-régulée. L'eau de l'aquarium est renouvelée en continu le jour. Des morceaux de briques creuses servent d'abri aux truites.

Durant les quelques jours précédant l'expérience, les animaux privés de nourriture se libèrent totalement de leur contenu intestinal.

Les truitelles sont alors introduites dans les aquariums d'expérience et y resteront 2 à 3 semaines à jeun. Pendant la première semaine, les animaux sont maintenus en eau pure, afin que leur niveau respiratoire se stabilise (en général deux jours suffisent). Après ce laps de temps, on injecte en continu la substance à tester, l'arrêt de l'injection pouvant intervenir à tout moment, suivant le schéma expérimental.

L'adjonction des substances est réalisée en continu à l'aide d'une pompe à galets. En fonction de la concentration d'équilibre souhaitée dans l'aquarium, on ajuste les débits d'eau pure et de solution mère, ainsi que la concentration de cette dernière. En outre, des contrôles de la concentration d'équilibre peuvent être pratiqués à tout moment sur des prélèvements d'eau.

Toutefois, l'étude de l'influence des alcools gras en milieu aquatique a d'emblée posé le problème du choix de la concentration.

En effet, compte tenu de leur aptitude remarquable à s'étaler à la surface de l'eau, de leur faible densité, des phénomènes d'agglutination en présence des sécrétions muqueuses, de leur absorption éventuelle par le poisson et leur biodégradation probable (bien que lente semble-t-il), il est impossible de déterminer, par le calcul, la concentration souhaitée dans le milieu.

Aussi avons-nous eu recours à des dosages chromatographiques après extraction chloroformique et acétylation des alcools gras sur des échantillons d'eau prélevés au cours des expériences.

Ainsi, pour des concentrations prédéterminées par le calcul de 10 ppm d'alcool gras, $2,34 \pm 1,35$ ppm d'hexadécanol et $2 \pm 0,9$ ppm d'octadécanol

ont été retrouvés par l'analyse chromatographique dans les aquariums avec poisson, et respectivement $2,86 \pm 1,2$ ppm d'hexadécanol et $3,2 \pm 1,8$ ppm d'octadécanol dans les aquariums sans poisson. Ce sont ces valeurs qui ont été retenues pour cette étude.

Par ailleurs, étant donné les propriétés tensio-actives de ces substances, des courbes de réoxygénation du milieu ont dû être réalisées en présence de l'un et l'autre de ces alcools gras et de nouvelles constantes de réoxygénation calculées.

3.2.4. Résultats

3.2.4.1. Calcul des constantes de vitesse de réoxygénation des aquariums en présence et en absence d'alcool gras

Les résultats sont consignés dans le tableau 1. Pour chaque aquarium, nous avons indiqué le nombre de courbes, les valeurs des constantes de réoxygénation ainsi que l'écart-type et le pourcentage d'inhibition de la vitesse de la réoxygénation.

	AQUARIUM 1		AQUARIUM 2	
	eau pure	eau pure + hexadé- canol 2,86 ppm	eau pure	eau pure + octadé- canol 3,2 ppm
Nombre de mesures	27	9	14	11
Constante de réoxygénation $K = (mn^{-1})$	- 0,02241 $\pm 0,00136$	- 0,0154 $\pm 0,0016$	- 0,02091 $\pm 0,00119$	- 0,0172 $\pm 0,0011$
% inhibition	31,3 %		17,7 %	

Tableau 1 : Effets des alcools gras supérieurs sur la constante de réoxygénation des deux aquariums

3.2.4.2. Calcul des variations métaboliques

Nous nous sommes essentiellement attachés à la détermination des valeurs du métabolisme de repos en faisant entrer dans les calculs les différentes valeurs de la constante de réoxygénation déterminée en eau pure, et en présence des alcools gras.

Par ailleurs, le choix des relevés graphiques de la PwO_2 a été fait en tenant compte :

- des variations brutales de l'activité respiratoire qui peuvent altérer, pendant plusieurs heures, le profil respiratoire ; c'est pourquoi les relevés ont été faits la nuit, exceptionnellement au cours de la période diurne.

- du taux de NH_4^+ qui, d'une part, témoigne d'une pollution organique éventuelle du milieu (facteur d'erreur dans l'estimation de la VO_2), et d'autre part, affecte le niveau respiratoire par sa toxicité propre et ceci d'autant plus que le milieu est alcalin.

Trois schémas expérimentaux ont été suivis :

- injection en continu d'hexadécanol et d'octadécanol réalisant des concentrations respectives de 2,34 et 2 ppm, après stabilisation du niveau respiratoire (figures 2 et 3).
- injection des mêmes quantités d'alcool gras, mais en début d'expérience, avec retour en eau claire une semaine après (figures 4 et 5).
- introduction ponctuelle d'une quantité massive d'hexadécanol et d'octadécanol, réalisant une concentration de 200 ppm d'alcool gras dans chaque aquarium, prolongée par l'injection en continu de la quantité d'alcool gras nécessaire à l'obtention des concentrations d'hexadécanol et d'octadécanol ci-dessus.

Les résultats sont regroupés dans les tableaux 2 et 3.

concentration d'Hexadécanol	Poids g.	1 ^{re} semaine	2 ^e semaine	≠ significative p < 5 %
		$\dot{\text{V}}\text{O}_2$ ml.mn ⁻¹ . kg ⁻¹	$\dot{\text{V}}\text{O}_2$ ml.mn ⁻¹ . kg ⁻¹	
2,34 ppm en continu	40	sans Hexadécanol 1,19	avec Hexadécanol 1,04	*
	51	0,73	0,8	
	63	1,12	1,02	
	63	1,28	1,01	
2,34 ppm en continu (début d'expérience)	45	avec Hexadécanol 1,2	sans Hexadécanol 1,2	
200 ppm (1 dose) + 2,34 ppm en continu	59	sans Hexadécanol 1,2	avec Hexadécanol 1,07	*

Tableau 2 : Effets de l'hexadécanol sur la consommation d'oxygène de repos de la truite arc-en-ciel

concentration d'Octadécanol	poids g.	1 ^{re} semaine	2 ^e semaine	≠ significative p < 5 %
		VO ₂ ml.mn ⁻¹ . kg ⁻¹	VO ₂ ml.mn ⁻¹ . kg ⁻¹	
2 ppm en continu	38	sans Octadécanol 1,42	avec Octadécanol 1,17	*
	33	1,2	1,11	
	64	0,91	0,83	
	34	1,35	1,24	
2 ppm en continu (début d'expérience)	65	avec Octadécanol 1,17	sans Octadécanol 1,26	
200 ppm (1 dose) + 2 ppm en continu	66	sans Octadécanol 1,1	avec Octadécanol 1,07	

Tableau 3 : Effets de l'octadécanol sur la consommation d'oxygène de repos de la truite arc-en-ciel

La lecture des tableaux montre peu de différences significatives des variations métaboliques (2 avec l'hexadécanol, 1 avec l'octadécanol).

En revanche, toutes les valeurs, excepté deux, du métabolisme de repos des animaux traités par l'un ou l'autre des alcools gras, sont inférieures à celles calculées en eau claire.

4. DISCUSSION

Sur le plan physiologique, notre étude menée sur les effets des alcools gras sur la fonction respiratoire de la truite implique plusieurs axes de discussion.

4.1. En milieu confiné

La réaction respiratoire, liée à la manipulation, peut être considérée comme une réaction inhabituelle dans les conditions naturelles et en conséquence toute

substance qui provoquerait en laboratoire une modification respiratoire dans les conditions de stress, pourrait être sans effet sur l'animal placé dans son milieu. De même, le test de fatigue respiratoire par exposition à des conditions hypoxiques sévères peut apparaître inapproprié à l'égard de la truite, qui recherche précisément les eaux riches en oxygène.

Toutefois, chez la truite arc-en-ciel, le stress lié à la manipulation provoque chez cet animal un état particulier et constant qui devient propice à l'étude des effets de substances et notamment des alcools gras.

4.2. Méthodologie appliquée à un circuit ouvert

Celle-ci permet, en revanche, une observation directe, fine et continue des variations respiratoires spontanées ou provoquées.

De plus, la consommation d'oxygène, notamment celle de repos, peut être calculée à n'importe quel moment avec une précision qui dépend :

- de celle des appareils de mesure, toutes autres précautions étant prises par ailleurs : stabilisation de l'alimentation électrique, nettoyage des aquariums entre les expériences, changement fréquent des tuyaux de pompe, enregistrement en continu de la pression atmosphérique, dont la valeur influe sur la pression partielle d'équilibre, un des paramètres de calcul de la $\dot{V}O_2$.
- de la pollution organique éventuelle du milieu ; c'est pourquoi les animaux sont maintenus 3 à 4 jours à jeun avant d'être utilisés et y restent au cours de l'expérience, et un contrôle du taux de NH_4^+ est pratiqué fréquemment.

Toutefois, les conditions de jeûne et d'espace relativement réduit offert au poisson peuvent être discutables, bien que la truite d'élevage, comme nous l'avons remarqué au cours d'études antérieures, supporte bien les contraintes.

5. CONCLUSION

En considérant seulement la fonction respiratoire, objet de notre étude, et en accord avec les tests classiques de toxicité, nous pouvons admettre que les alcools gras supérieurs (hexadécanol et octadécane!) n'affectent pas sensiblement la respiration de la truite arc-en-ciel, en particulier le point d'oxygénéodépendance (méthodologie en confinement) et le métabolisme de repos (technique de semi-confinement), et, ceci à des concentrations ne dépassant pas 3 à 10 ppm.

PLANCHE 1

Planche 1 : Moyennes et écarts-types des valeurs du point d'oxygène-dépendance des truites témoins (----) et des truites soumises à des concentrations de 1, 10, 100 et 1000 ppm d'Hexadécanol (—) au cours de la troisième épreuve du test d'hypoxie répétée. (V. texte)

PLANCHE 2

Planche 2 : Moyennes et écarts-types des valeurs du point d'oxygène-dépendance des truites témoins (----) et des truites soumises à des concentrations de 1, 10, 100 et 1000 ppm d'octadécanol (—) au cours de la troisième épreuve du test d'hypoxie répétée. (V. texte)

* Différence significative : $p < 5\%$

PLANCHE 3

Planche 3 : Moyennes et écarts-types des valeurs de la consommation d'oxygène ($\dot{V}O_2$) des truites témoins (---) et des truites soumises à des concentrations de 1, 10, 100 et 1000 ppm d'hexadécanol (—), au cours de la troisième épreuve du test d'hypoxie répétée. (V. texte)
Différence significative : $p < 5\%$

PLANCHE 4

Planche 4 : Moyennes et écarts-types des valeurs de la consommation d'oxygène ($\dot{V}O_2$) des truites témoins (---) et des truites soumises à des concentrations de 1, 10, 100 et 1000 ppm d'octadécanol (—), au cours de la troisième épreuve du test d'hypoxie répétée. (V. texte)
 * Différence significative : $p < 5\%$.

Figure 1 : Aquarium expérimental suspendu (technique du semi-confinement)

- 1 protection du turbulent
- 2 déflecteur
- 3 tube d'arrivée d'eau au niveau de l'électrode de mesure PO_2
- 4 décanteur
- 5 tuyau d'alimentation de l'aquarium en eau, préalablement filtrée et tonométrée
- 6 trop-plein
- 7 tuyau d'alimentation en continu des substances à étudier
- 8 électrode PO_2
- 9 plateau aimanté avec système stroboscopique
- 10 dispositif actographique

- FIGURE 2 -

Figure 2 : Enregistrement en continu des activités respiratoires ($\dot{V}O_2$ traduite par les variations de PwO_2) et motrice (actographie) de la truite arc-en-ciel. Effet de l'hexadécanol, à la concentration de 2,34 ppm, injecté en continu en cours d'expérience.

- FIGURE 3 -

Figure 3 : Enregistrement en continu de l'activité respiratoire (VO_2 traduite par les variations de PwO_2) de la truite arc-en-ciel. Effet de l'octadécanol, à la concentration de 2 ppm, injecté en continu en cours d'expérience.

Poids 45 g

- FIGURE 4 -

Figure 4 : Enregistrement en continu des activités respiratoires (VO_2 traduite par les variations de PwO_2) et motrice (actographie) de la truite arc-en-ciel.

Effet de l'hexadécanol, à la concentration de 2,34 ppm, injecté au début de l'expérience et sur une semaine.

- FIGURE 5 -

Figure 5 : Enregistrement en continu de l'activité respiratoire ($\dot{V}O_2$ traduite par les variations de PwO_2) de la truite arc-en-ciel. Effet de l'octadécanol, à la concentration de 2 ppm, injecté au début de l'expérience et sur une semaine.

RESUME

Après une étude classique de toxicité, les effets de l'utilisation, en milieu aquatique, des alcools gras supérieurs (hexadécanol et octadécanol) ont été étudiés sélectivement sur la fonction respiratoire de la truite arc-en-ciel selon deux techniques.

1. Dans les conditions du confinement aquatique, seules des concentrations massives (1000 ppm) d'octadécanol provoquent en aigu un abaissement significatif du point d'oxygène-dépendance aussi bien durant la phase d'exposition qu'après deux heures de récupération en eau pure.

Par ailleurs, la consommation d'oxygène est augmentée seulement pendant la phase de récupération en eau pure et ceci 2 heures après une exposition à des concentrations de 10, 100 et 1000 ppm d'alcools gras.

2. Dans les conditions du semi-confinement aquatique, les alcools gras supérieurs ne semblent pas affecter la valeur globale du métabolisme de repos du poisson pour des concentrations de 2 à 3 ppm d'alcools gras.

SUMMARY

Following a standard study of toxicity, effects of use, in water, of fatty alcohols (hexadecanol and octadecanol) were experimented on the respiratory function of rainbow trout by two selective techniques :

1. under aquatic confinement conditions, a significant drop of the oxygeno-dependance level occurs only with high concentrations (1000 ppm) of octadecanol, during the exposure period as well as after two hours recuperation in pure water.

On the other hand, oxygen consumption increases only during the recuperation period in pure water and two hours following exposure at 10, 100 and 1000 ppm of fatty alcohols.

2. under aquatic semi-confinement conditions, fatty alcohols do not seem to affect the total value of the rest metabolism of fish at concentrations of 2 to 3 ppm.

REMERCIEMENTS

Ce travail a été partiellement financé par la Météorologie Nationale : convention n° 3/77 « Répercussions physiques et biologiques de l'utilisation d'inhibiteurs d'évaporation (alcools gras) en milieu aquatique ».

Par ailleurs, nous remercions tout particulièrement Monsieur P. COLEIN d'avoir réalisé les dosages chromatographiques des alcools gras au Laboratoire d'Hydrologie de la Faculté de Pharmacie, rue du Professeur Laguesse, 59045 LILLE Cédex.

BIBLIOGRAPHIE

- BEAN B.R., FLOREY Q.L. (1968). A field study of effectiveness of fatty alcohol mixtures as evaporation reducing monomolecular films. *Water Resource Res.*, 1, (4), 206.
- BILLARD R. (1978). Effets des alcools gras sur la fécondation et les gamètes de la truite arc-en-ciel. *Bull. Fr. Pisc.*, 271, 3-8.
- BUREAU OF RECLAMATION (1959). Water loss investigations. Lake Hefner 1958. Final report June 1959.
- BUREAU OF RECLAMATION (1962). Water loss investigations. Lake Cachuma 1961. Evaporation reduction investigations. Report SI-33, 1-1-62.
- DOWNING A.L., MELBOURNE K.V. and BRUCE A.M. (1957). The effect of contaminants on the rate of aeration of water. *J. Appl. Chem.* 7, 590-596.
- FRASIER G.W., MYERS L.E., ASCE F. (1968). Stable alkanol dispersion to reduce evaporation. *J. of Irrig. and Drainage Div.*, IR1, 79.
- GARRETT W.D. (1972). Impact of natural and man-made surface films on the properties of the air-sea interface. *Nobel Symp. Swed.* (20) 75-91.
- GILLET C. et BILLARD R. (1978). Effets de l'hexadécanol incorporé à l'eau d'élevage sur la gamétogénèse, les niveaux gonadotropes hypophysaires et plasmatiques et la croissance du poisson rouge. *Bull. Fr. Pisc.*, 271, 9-20.
- GOODRICH F.C. (1962). On the damping of water waves by monomolecular films. *J. Phys. Chem.*, 66, (10), 1858-1863.
- GORIN J., FREVILLE M., DEREUMAUX B. et HARICHAUX P. (1977). Méthodes de détermination de la consommation d'oxygène d'un poisson dans les conditions du semi-confinement aquatique. *Ann. Hydrobiol.*, 8, (3), 355-362.
- GRUNDY F. (1957). The use of cetyl alcohol to reduce reservoir evaporation. *J. Inst. of water Eng. G.B.*, 11, (5), 429.
- HARICHAUX P. et GORIN J. (1976). Comportement respiratoire du poisson d'eau douce dans les conditions du confinement et semi-confinement aquatiques. *Rev. Int. Océan. Med.*, 47, 97-110.
- HARICHAUX P. et GORIN J. (1976). Mesure en continu et de longue durée de la fonction respiratoire chez la truite arc-en-ciel (*Salmo irideus*). *Ann. Hydrobiol.*, 7, (2), 97-104.
- HARICHAUX P., GORIN J., DEREUMAUX B. (1977). Etude de l'influence des inhibiteurs d'évaporation sur la fonction respiratoire de la truite arc-en-ciel (*Salmo irideus*). *Bull. Fr. Pisc.*, 50, (267), 85-90.
- KANWISHER (1963). On the exchange of gases between the atmosphere and the sea. *Deep. Sea Research*, Pergamon Press Ltd, 10, 195-207.
- LA MER V.K., HEALY T.W. (1965). Evaporation of water, its retardation by monolayers. *Science*, 148, 36-42.
- LISS P.S. (1973). Processes of gas exchange across an air-water interface. *Deep Sea Research*, Pergamon Press Ltd., 20, 221-238.

- MANSFIELD W.W. (1959). The influence of monolayers on evaporation from water storages. *Aust. J. Appl. Sci.*, 10, (1), 73-84.
- MESHKOVA T.M. (1966). On the effect of a monomolecular film of fatty alcohol used as an evaporation depressor, on the biological regim of basins. *Gidrobiol. Zh.*, 2, (2), 3-8.
- RIGAUD Arlette (1977). « Inhibition de l'évaporation et prévention des brouillards ». Note interne de l'Etablissement d'Etudes et de Recherches Météorologiques, n° 384, Secrétariat d'Etat aux Transports, Direction de la Météorologie, 1 pl. offset, 43 p.
- SADA E., HIMMELBLAU D.M. (1967). Transport of Gases through insoluble monolayers. *Aiche J.*, 13, 860-865.
- SCHOOLEY A.H. (1971). Diffusion sublayer thickness over wind disturbed water surfaces. *J. Phys. Ocean.*, (1) 221.
- SILVEY J.K.G. (1960). Physical, chemical and biological effects of hexadecanol on Lake Hefner 1958. *J. Am. Water Works Assoc.*, 52, (6), 791.
- SNEAD C.C., ZUNG J.T. (1968). The effect of insoluble films upon the evaporation kinetics of liquid droplets. *J. Colloid. and Interf. Sci.*, 27, (1), 25.
- VINES R.G., MEAKINS R.J. (1959). Phase transformation in commercial cetyl alcohols for water conservation. *Aust. J. Appl. Sci.*, 34, (9), 1006.