ÉTUDE PRÉLIMINAIRE SUR L'UTILISATION DE L'AQUI'S® COMME ANESTHÉSIQUE POUR LA MANIPULATION ET L'ÉCHANTILLONNAGE DE TRUITES ARC-EN-CIEL (*ONCORHYNCHUS MYKISS*) ET DE TRUITES FARIO (*SALMO TRUTTA*).

B. AUPERIN, L. GOARDON, A. QUÉMÉNEUR, J.L. THOMAS, J. AUBIN, C. VALOTAIRE, Y. ROUGER et G. MAISSE

INRA, Laboratoire de Physiologie des Poissons, Campus de Beaulieu, 35042 Rennes Cedex, France.

RÉSUMÉ

La cinétique d'anesthésie de truites arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*) avec de l'Aqui'S® a été suivie sur des animaux de différents poids (9, 25 et 200 g). La vitesse d'anesthésie augmente avec la dose d'Aqui'S® utilisée. Aucune mortalité n'a été observée lorsque les concentrations utilisées sont inférieures à 60 ml/m³ d'eau pour une durée d'anesthésie inférieure à 30 min. La cinétique de réveil est également dose dépendante.

L'anesthésique a également été testé avec succès sur des truites fario (*Salmo trutta*) de 190 g.

L'anesthésie de truites arc-en-ciel dans le bassin d'élevage (sans pêche des animaux) avec une concentration de 40 ml d'Aqui'S®/m³ d'eau ou dans un bac (après une pêche rapide des animaux) avec une concentration de 100 ml d'Aqui'S®/m³ d'eau ne provoque pas d'augmentation des concentrations plasmatiques de cortisol par rapport à celles mesurées chez des animaux anesthésiés avec une concentration de 1 l de 2-phénoxyéthanol/m³.

Lors d'un transport de truites arc-en-ciel à une densité de 145 kg/m³ pendant 6 heures, l'addition d'Aqui'S® ou de 2-phénoxyéthanol à l'eau des cuves permet d'avoir des animaux en légère sédation. Les concentrations plasmatiques de cortisol sont significativement plus faibles que celles mesurées chez les animaux transportés sans anesthésique. Cependant, ces concentrations sont significativement supérieures à celles des animaux restés dans le bassin d'élevage. Les animaux transportés sous sédation légère ont repris l'alimentation plus rapidement que les animaux non anesthésiés.

Ces travaux, bien que préliminaires, montrent que l'Aqui'S® permet d'obtenir le même type d'anesthésie qu'avec le 2-phénoxyéthanol pour un prix de revient légèrement inférieur.

Mots-clés : truite, anesthésique, Aquis®, cortisol, transport, stress.

PRELIMINARY STUDY ON THE USE OF AQUI'S® AS ANESTHETIC FOR HANDLING AND SAMPLING OF RAINBOW TROUT (*ONCORHYNCHUS MYKISS*) AND BROWN TROUT (*SALMO TRUTTA*).

ABSTRACT

The kinetic of anesthesia with Aquis® was followed on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) of different weight (9, 25 and 200 g). Aquis® allowed fish anesthesia in a dose

dependent manner and did not induce any mortality when used less than 30 min at concentrations below 60 ml/m³. Recovery kinetic was also dependent on the Aqui'S concentrations used.

Some data obtained with the brown trout (*Salmo trutta*) are also presented.

When rainbow trout were transferred in a tank containing a high concentration of Aqui'S (100 ml/m³), this anesthesia enabled a satisfactory sampling since plasma cortisol concentrations were not significantly different from those of fish anesthetized with 1 l 2-phenoxyethanol/m³. Anesthesia with 40 ml Aqui'S/m³ water in the rearing tanks gave the same results.

Trout were transported 6 hours at a 145 kg/m³ water density. The use of very low concentrations of Aqui'S or 2-phenoxyethanol in the transport tanks induced a slight anesthesia of the fish. Plasma cortisol concentrations were significantly lower than those of fish transported without anesthesia but remained higher than those of fish kept in the rearing tanks. The fish slightly anesthetized during transport resumed feeding earlier than fish transported without anesthesia.

Although these results are preliminary, they suggested that Aqui'S® allows the same anesthesia as 2-phenoxyethanol with a slightly lower cost.

Key-words : trout, anesthetic, Aqui'S, cortisol, transport, stress.

INTRODUCTION

Le stress lié aux manipulations des poissons est inévitable en pisciculture mais également dans les travaux d'expérimentation de laboratoire. Ces manipulations peuvent, chez certaines espèces, être à l'origine de baisses de performance : diminution de la croissance, altération de la reproduction (PANKHURST et VAN DER KRAAK, 1997) mais être également à l'origine de mortalités immédiates ou plus tardives liées à l'apparition de maladies (BALM, 1997).

L'analyse et la caractérisation d'un état de stress ont été rendues possibles par le développement de dosages hormonaux comme celui du cortisol. Les concentrations plasmatiques de ce stéroïde augmentent rapidement dans le plasma suite à un stress (PICKERING, 1992). Sa mesure est fréquemment utilisée comme indicateur de stress aigu (DONALDSON, 1981 ; PICKERING et POTTINGER, 1989 ; SUMPTER, 1997).

L'utilisation d'anesthésique en vue de réduire ce stress lié aux pratiques piscicoles ou de laboratoire s'est développée aussi bien en élevage qu'en laboratoire. En élevage, elle s'applique à différentes opérations telles que le tri, le marquage, le prélèvement de gamètes. En laboratoire, l'anesthésie est également utilisée lors d'opérations de chirurgie, de prélèvements de sang ou de gamètes, pour améliorer le confort des animaux et pour essayer de minimiser l'altération de paramètres physiologiques liée aux manipulations des animaux (THOMAS et ROBERTSON, 1991). A l'inverse, le prélèvement de sang sur des poissons non anesthésiés pêchés un à un dans un bassin provoque par exemple une augmentation progressive des concentrations plasmatiques de cortisol (STRANGE *et al.*, 1977).

Cependant, bien que l'anesthésie soit utilisée pour minimiser le stress, elle peut elle-même, dans certaines conditions, induire un stress (augmentation des concentrations plasmatiques de cortisol chez le saumon chinook anesthésié avec des faibles doses de MS-222 - STRANGE et SCHRECK, 1978 - ou chez le saumon coho juvénile anesthésié avec du CO₂, du MS-222 ou du 2-phénoxyéthanol - D. MacKINLAY cité par IWAMA *et al.*, 1989 - ou induire un stress lors du réveil des animaux - BARTON et PETER, 1982).

De plus, comme chez les mammifères, il existe différentes réponses physiologiques des poissons aux différentes classes d'agents anesthésiants utilisés (WEDEMEYER, 1970). Ainsi, de par la nature très variée des différents anesthésiques utilisables aujourd'hui et des réponses qu'ils engendrent selon l'espèce, la taille, le stade physiologique des animaux, il est nécessaire de caractériser les doses efficaces à utiliser selon le type de paramètre pris en compte et selon le type de manipulation à effectuer et donc le niveau d'anesthésie à obtenir.

Malgré la diversité des anesthésiques disponibles, l'utilisation de certains d'entre eux est ou sera rendue impossible en élevage. Par contre, l'apparition d'un nouvel anesthésique tel que l'Aqui'S® ayant obtenu une Autorisation de Mise sur le Marché (AMM) en Nouvelle-Zélande, en Australie et en Amérique du Nord, laisse présager que ce produit pourra être utilisé en France s'il obtient également une AMM. Il nous est donc paru important de faire une étude préliminaire des potentialités de cet anesthésique. Pour ce faire nous avons mesuré les cinétiques d'anesthésie et de réveil, analysé ses potentialités à réduire le stress lors d'un transport, et finalement recherché s'il était utilisable en recherche pour prélever des animaux sans induire de stress. Pour ces 2 derniers points, les concentrations plasmatiques de cortisol (réponse primaire au stress) sont prises comme index de stress.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Dans une 1^{ère} expérience des truites arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*) de 9, 25 et 200 g de poids moyen, des truites fario (*Salmo trutta*) de 190 g de poids moyen élevées à la pisciculture expérimentale du Drennec (Sizun, Finistère, France) à une température de 10 °C (mars 1997) et des truites arc-en-ciel de 2,5 g produites en circuits fermés à Rennes (Ille-et-Vilaine, France) à une température de 12 °C ont été anesthésiées avec de l'Aqui'S®.

Dix de ces animaux ont été pêchés dans leur bassin d'élevage, transférés dans des bacs en plastique contenant 40 l d'eau à la température du site d'élevage et différentes doses d'Aqui'S® (0,2, 0,4, 0,6, 0,7 et 1 ml d'Aqui'S®/10 l d'eau). L'eau était oxygénée par bullage d'oxygène. L'évolution de l'anesthésie a été suivie par la mesure du temps nécessaire à l'apparition **1)** du premier poisson déséquilibré, **2)** de 50 % des poissons déséquilibrés, **3)** de 100 % des poissons déséquilibrés, **4)** de l'arrêt complet de la nage de tous les animaux, **5)** de l'arrêt de ventilation de tous les animaux. Quel que soit le niveau d'anesthésie obtenu, les animaux sont restés dans la solution anesthésiante pendant 10 min avant d'être transférés dans leur bassin d'origine pour suivre leur réveil. La phase de réveil n'a donc pas toujours commencé avec des animaux au même stade d'endormissement. Le réveil a été suivi par la mesure du temps nécessaire à l'apparition **1)** du 1^{er} poisson ayant une nage équilibrée, **2)** de 50 % des poissons ayant une nage équilibrée, **3)** de 100 % des poissons ayant une nage équilibrée. Les mortalités ont été notées.

Dans une 2^{ème} expérience des truites arc-en-ciel de 250 g de poids moyen (pisciculture expérimentale du Drennec) ont été acclimatées pendant 15 jours à des bassins de 1 m² à raison de 10 animaux par bassin. Les 10 animaux d'un même bassin ont alors été anesthésiés avec l'une des doses d'anesthésique suivantes :

- 10 ml de 2-phénoxyéthanol/10 l d'eau dans un bac contenant 40 l d'eau,
- 0,8 ml d'Aqui'S/10 l d'eau dans un bac contenant 40 l d'eau,
- 1 ml d'Aqui'S/10 l d'eau dans un bac contenant 40 l d'eau,
- 0,4 ml d'Aqui'S/10 l d'eau dans le bassin d'élevage de 300 l.

Après anesthésie, un prélèvement de sang au niveau du sinus veineux caudal a été réalisé à l'aide de seringues héparinées. Le prélèvement des 10 poissons a été effectué en moins de 5 min après l'anesthésie complète (arrêt de la nage dont l'apparition dépend de la dose, voir 1^{ère} expérience). Le plasma a été obtenu par centrifugation du sang à 2000 g pendant 15 min à 4 °C et le cortisol dosé dans le plasma en utilisant un dosage radio-immunologique (AUPERIN *et al.*, 1997).

Dans une 3^{ème} expérience nous avons cherché à analyser si l'addition d'Aqui'S® ou de 2-phénoxyéthanol dans des cuves de transport permettait lors du transport *sensus stricto* d'atténuer plus rapidement que chez des animaux non traités la montée de cortisol liée aux opérations de regroupement et de pêche.

Des truites arc-en-ciel de 160 g de poids moyen (pisciculture expérimentale du Drennec) pêchées dans un bassin en béton de 6 m de diamètre ont été transportées à une charge de 125 kg de poids vif/m³ (soit 145 kg de poids vif/m³ d'eau en considérant que 1 kg de poissons correspond à 1,1 l d'eau) dans des cuves de 400 l pendant une durée de 6 heures. Les traitements ont été les suivants : une cuve n'a pas reçu d'anesthésique, une cuve contenait du 2-phénoxyéthanol à la concentration de 0,3 ml/10 l et une cuve contenait de l'Aqui'S® à la concentration de 0,02 ml/10 l. Ces doses ont été choisies puisqu'elles ne provoquent pas de déséquilibre des poissons, ce qui leur permet de se positionner dans les cuves de transport. De plus, un lot est resté dans le bassin d'élevage (témoin non transporté).

Après 6 heures de transport, 10 animaux pêchés dans chaque cuve et dans le bassin d'élevage ont été anesthésiés à l'aide d'une dose forte de 2-phénoxyéthanol (10 ml/10 l). Le sang a été prélevé au niveau du sinus veineux caudal à l'aide de seringues héparinées.

Pendant la durée du transport les concentrations d'oxygène ont été maintenues à environ 300 % de saturation, la température de l'eau a augmenté de 9,3 °C à 9,7 °C au cours du transport et les concentrations en ammoniac total étaient de 0,7 mg/l lors de la mise en charge et de 2,7, 3,4 et 3,6 mg/l pour les cuves témoins, contenant du 2-phénoxyéthanol et de l'Aqui'S® respectivement en fin de transport.

RÉSULTATS - DISCUSSION

La cinétique d'anesthésie est dose dépendante (Tableau I). Ainsi, la nage déséquilibrée de 50 % des truites de 200 g, élevées à une température de 10 °C, apparaît après 4, 1,7, 1,2 et 0,4 min pour des concentrations respectives de 0,2, 0,4, 0,6 et 1 ml d'Aqui'S® pour 10 l d'eau.

Tableau I

Cinétique d'anesthésie et de réveil (après 10 min dans l'anesthésique) en fonction de la dose d'Aqui'S® utilisée, de la taille des animaux et de l'espèce utilisée. Les cinétiques d'anesthésie et de réveil sont caractérisées comme décrit à la Figure 1.

NO : niveau d'« anesthésie » non observé pendant la période de 10 min.

Table I

Anesthesia kinetic and recovery kinetic (after a 10 mn period in anesthetic) as a function of the AquìS® concentration, the fish weight and the fish species. The kinetics are characterized as described on Figure 1.

NO : not observed during the 10 min period in anaesthetic.

[illegible]

Toutes les doses utilisées induisent une anesthésie suffisante de tous les animaux pour permettre de réaliser des mesures de poids et de longueur et pour effectuer des prises de sang. Cependant, seules les concentrations de 0,6 et 1 ml d'Aqui'S® pour 10 l d'eau permettent d'obtenir un arrêt complet des mouvements natatoires. Un arrêt des mouvements operculaires n'a été noté que chez les animaux exposés à des concentrations d'Aqui'S® de 1 ml pour 10 l d'eau.

Lorsque les poissons sont transférés dans une eau renouvelée sans anesthésie après une exposition de 10 min à de l'Aqui'S®, le temps nécessaire au réveil augmente avec la dose d'anesthésique utilisée lors de l'anesthésie (Tableau I). Lorsque la dose d'Aqui'S® utilisée est inférieure à 0,6 ml/10 l d'eau, aucune mortalité n'a été notée à la température de 10 °C. Pour une dose de 1 ml/10 l, 50 % de mortalités ont été notés.

Si les animaux sont laissés 30 min dans l'anesthésique avant d'être transférés dans une eau renouvelée sans anesthésique, alors le temps nécessaire pour la reprise de la nage équilibrée est supérieur ou égal à celui mesuré lorsque les animaux sont maintenus 10 min avec la même concentration d'anesthésique (résultats non présentés). De plus, 30 % de mortalités ont été observés dès la dose de 0,6 ml/10 l d'eau. On note 100 % de mortalités pour la dose de 1 ml/10 l.

Des effets doses similaires pour les cinétiques d'anesthésie et de « réveil » ont été obtenus avec des alevins de truites arc-en-ciel (2,5, 9 et 25 g) et des truites fario (190 g) (Tableau I). Cependant, pour des poids très voisins, les truites fario présentent des anesthésies plus profondes (arrêt de la nage avec une dose de 0,2 ml d'Aqui'S®/10 l, Tableau I) que les truites arc-en-ciel (arrêt de la nage avec une dose de 0,6 ml d'Aqui'S®/10 l). De même, à poids équivalents, les truites fario mettent plus de temps que les truites arc-en-ciel à se réveiller.

Chez les alevins de truites arc-en-ciel, on peut noter que le temps nécessaire pour obtenir une anesthésie avec une dose donnée d'Aqui'S® augmente avec la taille des animaux alors que le temps de « réveil » diminue avec la taille.

Par ailleurs, des essais ponctuels réalisés sur des géniteurs de truites arc-en-ciel (1 à 2 kg) n'ont pas mis en évidence de mortalité pour des doses de 0,4 ml d'Aqui'S®/10 l d'eau (résultats non montrés). D'autre part, aucune mortalité n'a été notée lors d'un tri de truites arc-en-ciel (500 g) anesthésiées avec cette même dose de 0,4 ml d'Aqui'S®/10 l d'eau pendant 20 min à 17 °C.

L'ensemble de ces résultats montre que sur les différentes tailles d'animaux et les 2 espèces testées, l'efficacité d'anesthésie de l'Aqui'S® augmente avec la concentration. Un tel effet a déjà été décrit pour différents anesthésiques (métomidate, étomidate, MS-222) et dans différentes espèces de poissons (AMEND *et al.*, 1982 ; *Ictalurus punctatus* - LIMSUN *et al.*, 1983 ; *Alosa sapidissima* - ROSS *et al.*, 1993 ; *Salmo salar* - OLSEN *et al.*, 1995). Il est intéressant de noter que pour des doses permettant des cinétiques d'anesthésie comparables, l'Aqui'S® permet un réveil rapide des poissons comparable à celui obtenu avec du MS-222 ou du 2-phénoxyéthanol et plus rapide que celui obtenu avec l'étomidate ou le métomidate (ROSS *et al.*, 1993 ; AMEND *et al.*, 1982).

Cette expérience démontre le pouvoir anesthésiant tout à fait satisfaisant de l'Aqui'S® avec des doses de 0,2 à 0,6 ml/10 l d'eau sur des truites allant du stade alevin au stade géniteur. Ces doses permettent de ne plus observer d'agitation des poissons en réponse à des stimulations extérieures qui pourraient gêner la collecte des gamètes, les tris, la chirurgie, le prélèvement de sang. Nous avons également montré que lorsqu'une anesthésie rapide n'est pas nécessaire, l'utilisation de faibles concentrations de cet anesthésique (0,2 ou 0,4 ml/l) permet des manipulations longues sans risque de mortalité.

Le but de la 2^{ème} expérience était de déterminer si l'anesthésie des poissons avec de l'Aqui'S® permettait de les prélever sans stress et quelles doses étaient utilisables. Nous avons choisi d'utiliser les concentrations plasmatiques de cortisol comme indicateur de stress car leur augmentation apparaît être une réponse générale à différents types de stress et en particulier ceux liés à la manipulation et à l'anesthésie (PICKERING, 1993).

L'anesthésie en bac, après la pêche dans les bassins d'élevage, avec de l'Aqui'S® à des concentrations élevées de 0,8 ou 1 ml/10 l d'eau (anesthésie de tous les poissons en moins de 40 secondes), ne provoque pas d'augmentation significative des concentrations plasmatiques de cortisol par rapport à des animaux anesthésiés avec du 2-phénoxyéthanol (Figure 1). De même, lorsque les animaux sont anesthésiés directement dans les bassins d'élevage avec des concentrations faibles d'Aqui'S® (0,4 ml/10 l), on ne note pas d'augmentation des concentrations plasmatiques de cortisol par rapport à celles mesurées chez les animaux anesthésiés au 2-phénoxyéthanol en dehors des bassins (Figure 1). L'anesthésie au 2-phénoxyéthanol (10 ml/10 l d'eau) a été prise comme témoin puisque de telles doses de 2-phénoxyéthanol ont été montrées comme n'induisant pas d'augmentation des concentrations de cortisol.

Figure 1

Concentrations plasmatiques de cortisol chez des truites arc-en-ciel de 250 g : soit après transfert du bassin d'élevage à un bac contenant du 2-phénoxyéthanol (10 ml/10 l), ou de l'Aqui'S (0,8 et 1 ml/10 l), soit dans le bassin d'élevage avec de l'Aqui'S (0,4 ml/10 l d'eau).

Les données représentent la moyenne + erreur standard. N = 10. Aucune différence significative n'a été mise en évidence par le test de Wilcoxon.

Le sang a été prélevé en moins de 5 min après l'anesthésie de l'ensemble des poissons. Le plasma a été préparé par centrifugation du sang.

Figure 1

Plasma cortisol concentrations of 250 g rainbow trout after anesthesia. One group was transferred from the rearing pond into a tank containing either 10 ml 2-phenoxyethanol/10 l or 0.8 ml Aqual'S/10 l or 1 ml Aqual'S/10 l water. The other group was maintained in the rearing pond and Aqual'S was added at the final concentration of 0.4 ml/10 l water.

Blood was collected in less than 5 min after all the fish were anesthetized. Plasma was obtained after blood centrifugation.

Data are mean + SE (n = 10). No significant difference was observed (Wilcoxon test).

L'absence d'augmentation des concentrations plasmatiques de cortisol, que nous avons observée dans nos expériences, lors d'anesthésie avec de fortes doses d'Aqui'S® a également été décrite lors de l'utilisation de fortes doses d'anesthésiques tels que le métomidate, l'étomidate, le MS-222 sur différentes espèces de poissons (DAVIS *et al.*, 1982 ; IWAMA *et al.*, 1989).

Avec le métomidate, l'inhibition de l'augmentation des concentrations plasmatiques de cortisol se fait par une action directe de l'anesthésique sur l'interrénaire en bloquant la sécrétion de cortisol (OLSEN *et al.*, 1995). Chez les mammifères il a de plus été montré que l'étomidate inhibe l'activité de la 11 β -hydroxylase et de l'enzyme de clivage de la chaîne latérale du cholestérol (VANDEN BOSSCHE *et al.*, 1984).

Des expériences complémentaires visant à comprendre le mode d'action de l'Aqui'S® devront être réalisées afin de savoir à quel niveau cet anesthésique agit : en bloquant la transmission sensorielle vers le cerveau ou en bloquant le métabolisme du cortisol comme cela se produit avec le métomidate. Si le maintien de niveau faible de cortisol après manipulation est dû à une absence de transmission sensitive, on pourra alors envisager que de nombreuses autres fonctions physiologiques ne seront pas non plus affectées. Cet anesthésique présentera donc un intérêt indéniable pour étudier diverses fonctions physiologiques en l'absence de perception du stress de manipulation par les poissons.

Le maintien de faibles concentrations plasmatiques de cortisol lors de l'anesthésie en bassin d'élevage observée dans notre expérience avec l'Aqui'S® a également été décrit lors de l'utilisation de faibles concentrations de MS-222 ou de 2-phénoxyéthanol sur des truites arc-en-ciel (déséquilibre des poissons en 4-7 min - IWAMA *et al.*, 1989). Par contre, si les poissons (*Oncorhynchus kisutch*) sont transférés de leur bassin d'élevage dans un bac contenant de faibles doses de MS-222, une augmentation des concentrations plasmatiques de cortisol est observée (D. MacKINLAY cité par IWAMA *et al.*, 1989).

Ainsi, ces résultats suggèrent que si l'on veut utiliser de faibles doses d'anesthésique afin d'anesthésier de manière prolongée les poissons mais aussi ne pas avoir d'augmentation des concentrations plasmatiques de cortisol, on peut anesthésier les poissons avec de faibles concentrations d'Aqui'S® directement dans le bassin d'élevage afin de ne pas les manipuler avant la mise en place lente de l'anesthésie. L'utilisation de ces faibles doses pendant des périodes prolongées présente également l'avantage de réduire le risque de mortalité observé avec des doses plus fortes d'anesthésique.

Dans la 3^{ème} expérience nous avons voulu tester si une sédation légère pendant le transport permettait aux poissons de récupérer plus vite du stress induit par les manipulations nécessaires au chargement des animaux dans les cuves. C'est en effet cette étape de manipulation qui a été décrite comme étant la plus stressante dans les opérations de transport (MAULE *et al.*, 1988 ; BARTON *et al.*, 1980) mais qui est également une étape durant laquelle il est difficile d'anesthésier les poissons compte tenu des grands volumes dans lesquels ils sont pêchés.

Lors du transport de courte durée que nous avons effectué, la comparaison des concentrations plasmatiques de cortisol entre les animaux transportés sans anesthésie (témoins transportés) et les animaux non transportés (Figure 2) met en évidence que c'est bien l'ensemble des manipulations liées au transport (chargement des animaux dans les cuves, renouvellement d'eau dans les cuves après chargement, transport proprement dit...) qui est à l'origine de l'augmentation hautement significative des concentrations plasmatiques de cette hormone (75 ng/ml contre 5 ng/ml chez les témoins). De telles augmentations ont déjà été décrites chez la truite arc-en-ciel (pic de 50-65 ng/ml lors de transport d'alevins de 30 g à une densité de 32 kg/m³ - BARTON *et al.*, 1980 - ou d'alevins

de 10-14 g à une densité de 70 kg/m³ - BARTON et PETER, 1982). Une augmentation des concentrations circulantes de cortisol a également été observée lors du transport de saumons coho (120-170 ng/ml selon la durée et la densité utilisée pour le transport - SPECKER et SCHRECK, 1980) et d'ombrines (*Sciaenops ocellatus* - 100-160 ng/ml - ROBERTSON *et al.*, 1988).

Figure 2

Concentrations plasmatiques de cortisol chez des truites arc-en-ciel après 6 heures de transport à une densité de 145 kg/m³ dans des cuves de 400 l soit sans anesthésique, soit avec des doses calmantes de 2-phénoxyéthanol (0,3 ml/10 l d'eau) ou d'Aqui'S® (0,02 ml/10 l d'eau). Le lot « non transporté » correspond à des prélèvements effectués sur des animaux issus du même lot et maintenus dans le bassin d'élevage.

Les données présentent la moyenne + erreur standard. N = 10. Les différences significatives à 0,05 et 0,01 par rapport aux animaux transportés sans anesthésique sont représentées par * et ** respectivement (test de Wilcoxon).

Figure 2

Plasma cortisol concentrations of rainbow trout after a 6 hours transport at a 145 kg/m³ density in 400 l tanks.

Fish were transported either without or with very low concentrations of 2-phenoxyethanol (0.3 ml/10 l water) or Aqui'S® (0.02 ml/10 l water). The « non transporté » group corresponds to fish from the same group kept in the rearing pond.

Data are mean + SE (n = 10). Significant differences $p < 0.05$ or $p < 0.01$ between fish transported with or without anesthetic are indicated by * and ** respectively (Wilcoxon test).

En fin de transport et en présence de faibles doses d'anesthésique dans les cuves de transport, les poissons présentent des concentrations plasmatiques de cortisol significativement plus faibles que les poissons témoins. Le 2-phénoxyéthanol et l'Aqui'S® ont le même effet sur la chute des concentrations plasmatiques de cortisol.

Cependant, les concentrations plasmatiques élevées de cortisol (40 à 50 ng/ml) en fin de transport ne corroborent pas les résultats publiés antérieurement. En effet, il a été décrit que le transport en lui-même permettait aux animaux de « récupérer » du stress de manipulation (BARTON *et al.*, 1980 ; MAULE *et al.*, 1988 ; ROBERTSON *et al.*, 1988). Dans ces travaux néanmoins, les densités d'animaux utilisées étaient beaucoup plus faibles que celles utilisées dans nos expériences. La très forte densité que nous avons utilisée peut induire un stress de confinement comme cela a été décrit par POTTINGER et PICKERING (1992).

Suite au transport, l'élevage des animaux en bassin pendant 15 jours n'a pas mis en évidence de mortalité. Par contre, il a été constaté une meilleure reprise de l'alimentation chez les animaux en sédation légère lors du transport que chez les animaux transportés sans sédation (résultats non montrés). Ce résultat suggère que l'utilisation d'anesthésique pendant le transport a permis de minimiser globalement le stress lié à l'ensemble des manipulations.

CONCLUSION

L'Aqui'S® s'avère donc efficace pour l'anesthésie d'au moins 2 espèces de salmonidés, que ce soit pour des immobilisations brèves ou plus prolongées en vue de manipulation ou pour réaliser des prélèvements sans stress (concentrations plasmatiques de cortisol faibles). Ce produit permet d'obtenir des anesthésies semblables à celles obtenues avec le 2-phénoxyéthanol. Par contre, le fait qu'il ne contienne que des substances utilisées dans l'alimentation (BREMNER *et al.*, 1996) permet d'envisager l'obtention d'une autorisation de mise sur le marché européen, ce qui le rendrait alors beaucoup plus intéressant que l'ensemble des anesthésiques aujourd'hui disponibles en pisciculture. Cependant, de nombreux essais complémentaires sont nécessaires pour généraliser son utilisation à d'autres espèces de poissons et pour acquérir des données supplémentaires sur la sécurité d'utilisation de cet anesthésique.

BIBLIOGRAPHIE

- AMEND D.F., GOVEN B.A., ELLIOT D.G., 1982. Etomidate : effective dosages for a new fish anesthetic. *Transactions of the American Fisheries Society*, 111, 337-341.
- AUPERIN B., BAROILLER J.F., RICORDEL M.J., FOSTIER A., PRUNET P., 1997. Effect of confinement stress on circulating levels of growth hormone and two prolactins in freshwater-adapted tilapia (*Oreochromis niloticus*). *General and Comparative Endocrinology*, 108, 35-44.
- BALM P.H.M., 1997. Immune-endocrine interactions. In *Fish stress and health in aquaculture*, edited by Iwama G.K., Pickering A.D., Sumpter J.P. and Schreck C.B., 197-221, Cambridge University Press, Cambridge.
- BARTON B.A., PETER R.E., PAULENCU C.R., 1980. Plasma cortisol levels in fingerling rainbow trout (*Salmo gairdneri*) at rest, and subjected to handling, confinement, transport and stocking. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 37, 805-811.
- BARTON B.A., PETER R.E., 1982. Plasma cortisol stress response in fingerling rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson, to various transport conditions, anaesthesia, and cold shock. *Journal of Fish Biology*, 20, 39-51.
- BREMNER H.A., GOODRICK G.B., PATERSON B.D., 1996. Conditions of adaptation for live sales. In *Refrigeration and aquaculture*, edited by International Institute of Refrigeration, 89-100.
- DAVIS K.B., PARKER N.C., SUTTLE M.A., 1982. Plasma corticosteroids and chlorides in stripped bass exposed to tricaine methanesulfonate, quinaldine, etomidate, and salt. *The Progressive Fish-Culturist*, 44, 205-207.
- DONALDSON E.M., 1981. The pituitary-interrenal axis as an indicator of stress in fish. In *Stress and fish*, edited by Pickering A.D., 11-47, Academic Press, London.
- IWAMA G.K., McGEER J.C., PAWLUK M.P., 1989. The effects of five fish anaesthetics on acid-base balance, hematocrit, blood gases, cortisol, and adrenaline in rainbow trout. *Canadian Journal of Zoology*, 67, 2065-2073.

- LIMSUWAN C., GRIZZLE J.M., PLUMB J.A., 1983. Etomidate as an anesthetic for fish : its toxicity and efficacy. *Transactions of the American Fisheries Society*, 112, 544-550.
- MAULE A.G., SCHRECK C.B., BRADFORD S., BARTON B.A., 1988. Physiological effects of collecting and transporting emigrating juvenile chinook salmon past dams on the Columbia river. *Transactions of the American Fisheries Society*, 117, 245-261.
- OLSEN Y.A., EINARSDOTTIR I.E., NILSSEN K.J., 1995. Metomidate anaesthesia in Atlantic salmon, *Salmo salar*, prevents plasma cortisol increase during stress. *Aquaculture*, 134, 155-168.
- PANKHURST N.W., VAN DER KRAAK G., 1997. Effects of stress on reproduction and growth of fish. In *Fish stress and health in aquaculture*, edited by Iwama G.K., Pickering A.D., Sumpter J.P. and Schreck C.B., 73-94, Cambridge University Press, Cambridge.
- PICKERING A.D., 1992. Rainbow trout husbandry : management of the stress response. In *The rainbow trout*, edited by Gall G.A.E., 125-139, Elsevier, Amsterdam.
- PICKERING A.D., 1993. Husbandry and stress. Recent Advances. In *Aquaculture*, Vol. 4, Muir. J.F., Roberts R.J. eds, 155-169, UK Blackwell. Scientific. Publications, Oxford. (Abstract).
- PICKERING A.D., POTTINGER T.G., 1989. Stress responses and disease resistance in salmonid fish : effects of chronic elevation of plasma cortisol. *Fish Physiology and Biochemistry*, 7, 253-258. (Abstract).
- POTTINGER T.G., PICKERING A.D., 1992. The influence of social interaction on the acclimation of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) to chronic stress. *J. Fish. Biol.*, 41, 435-447.
- ROBERTSON L., THOMAS P., ARNOLD C.R., 1988. Plasma cortisol and secondary stress responses of cultured red drum (*Sciaenops ocellatus*) to several transportation procedures. *Aquaculture*, 68, 115-130.
- ROSS R.M., BACKMAN T.W.H., BENNETT R.M., 1993. Evaluation of the anesthetic metomidate for the handling and transport of juvenile American shad. *The Progressive Fish-Culturist*, 55, 236-243.
- SPECKER J.L., SCHRECK C.B., 1980. Stress responses to transportation and fitness for marine survival in coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) smolts. *Canadian Journal of Fish and Aquatic Sciences*, 37, 765-769.
- STRANGE R.J., CARL B.S., GOLDEN J.T., 1977. Corticosteroid stress responses to handling and temperature in salmonids. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 106, 213-218.
- STRANGE R.J., SCHRECK C.B., 1978. Anesthetic and handling stress on survival and cortisol concentration in yearling chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Journal of Fisheries Research Board Canadian*, 35, 345-349.
- SUMPTER J.P., 1997. The endocrinology of stress. In *Fish stress and health in aquaculture*, edited by Iwama G.K., Pickering A.D., Sumpter J.P. and Schreck C.B., 95-118, Cambridge University Press, Cambridge.
- THOMAS P., ROBERTSON L., 1991. Plasma cortisol and glucose stress response of red drum (*Sciaenops ocellatus*) to handling and shallow water stressors and anesthesia with MS-222, quinaldine sulfate and metomidate. *Aquaculture*, 96, 69-86.
- VANDEN BOSSCHE H., WILLEMSSENS G., COOLS W., BELLENS D., 1984. Effects of etomidate on steroid biosynthesis in subcellular fractions of bovine adrenals. *Biochemical Pharmacology*, 33, 3861-3868.
- WEDEMEYER G.A., 1970. Stress of anesthesia with MS-222 and benzocaine in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Journal of Fisheries Research Board of Canada*, 27, 909-914.