



**HAL**  
open science

## Formulaire thérapeutique et chimique

Pierre de Kinkelin, Christian Michel, Marc Morand

► **To cite this version:**

Pierre de Kinkelin, Christian Michel, Marc Morand. Formulaire thérapeutique et chimique. Santé des poissons, 2018, 10.15454/1.5332133205538613E12 . hal-02790136

**HAL Id: hal-02790136**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02790136v1>**

Submitted on 5 Jun 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

# 10

## Formulaire thérapeutique et chimique

### Substances, produits et procédés utilisés pour le maintien de la santé des poissons et la lutte contre leurs agents pathogènes

---

La qualité commune que doivent posséder les substances à usage thérapeutique employées chez les poissons procède d'une triple innocuité : pour le poisson, pour le milieu aquatique et pour l'homme en tant qu'effecteur du traitement et que consommateur du poisson traité. L'innocuité pour le poisson s'exprime par un indice thérapeutique<sup>1</sup> élevé, de préférence égal ou supérieur à 2 qui réduit le risque de surdosage. Le passage dans l'environnement de résidus indésirables doit être nul ou le plus bref possible du fait de la dégradation de la substance concernée ou de sa transformation en molécules normalement présentes dans les écosystèmes aquatiques. La manipulation de la substance thérapeutique doit être sans danger pour l'homme. En fait, la plupart des substances nécessitent des précautions (protection de la peau, des yeux, des voies respiratoires, ventilation des locaux) pour être manipulées et employées en toute sécurité. Concernant le consommateur, la substance thérapeutique ne doit laisser aucun résidu ou seulement sous un seuil de concentration connu et jugé dépourvu d'effet sur la santé, la limite maximum de résidu (LMR). Une clairance élevée est donc particulièrement souhaitable. C'est l'autorisation de mise sur le marché (AMM) qui garantit la conformité du médicament avec ces paramètres d'innocuité et l'inscription de la substance active dans le tableau 1 de l'annexe du règlement (Union européenne) n° 37/2010 de la Commission, du 22 décembre 2009 (la mention « Ann-Tabl 1 », dans la suite de ce formulaire, signalera les produits concernés). La même annexe précise dans un tableau 2 (« Ann-Tabl 2 ») la liste des substances définitivement interdites d'emploi chez les animaux destinés à la consommation.

Les propriétés physico-chimiques et toxicologiques des substances présentées dans le formulaire sont accessibles par leur numéro CAS dans la base de données PubChem du NIH.

Pour l'utilisation de ce formulaire, il faudra tenir compte des éléments et principes développés dans le chapitre consacré à la thérapeutique du manuel « Gestion de la Santé

---

<sup>1</sup>L'indice thérapeutique (ou index thérapeutique) est mesuré par le rapport entre la dose à laquelle se manifestent les effets toxiques d'un produit et la dose jugée médicalement la plus efficace (on compare généralement la DL<sub>50</sub> à la dose efficace pour 50 % des sujets).

des poissons<sup>2</sup> » (abrégé en « GSP » dans les pages suivantes) à propos des conditions d'emploi et de l'administration des médicaments :

- Sauf spécification contraire et pour les espèces nommément désignées, les posologies sont indiquées en poids ou volume de substance active, rapporté au volume d'eau ou au poids vif (PV) de poisson.
- Si les poissons à traiter appartiennent à des espèces ou familles dont l'opérateur connaît mal la tolérance au traitement, il faut préalablement se documenter sur leur sensibilité ou procéder à un essai préalable (bioessai) dans les conditions locales de milieu.
- Pour l'euthanasie par surdosage d'un produit employé pour l'anesthésie rapide, la concentration usuelle sera multipliée par un facteur de 3 à 10 selon l'espèce considérée.
- Tout traitement devra évidemment être opéré en conformité avec les réglementations relatives au médicament vétérinaire, qui en définit notamment les conditions de prescription, et à l'emploi des biocides destinés à l'usage vétérinaire. Dans les détails, ces réglementations peuvent évidemment varier en fonction des pays. Sauf mention particulière, ce sont surtout les normes de l'Union européenne et leur transcription en droit français qui ont servi de référence pour ce formulaire.
- Il convient enfin de signaler la parution du décret n° 2016-317 du 16 mars 2016, relatif à la prescription de substances antibiotiques d'importance critique, qui soumet l'emploi de certaines molécules antibiotiques d'importance à la fois médicale et vétérinaire à des indications très strictes. Parmi les substances préconisées en santé des poissons, certaines quinolones s'en trouvent concernées et seront signalées à l'article adéquat.

#### **Sources d'information permanentes**

Agence nationale du médicament vétérinaire :

<https://www.anses.fr/fr/thematique/medicament-veterinaire-anmv>

---

<sup>2</sup> De Kinkelin P., Michel C., Calvez S., 2018. La thérapeutique chez les poissons. In : *Gestion de la santé des poissons* (C. Michel coord.), collection Savoir faire, éditions Quae, Versailles, p. 381-465.

# 1. La gestion des médicaments et des produits médicamenteux

Si elle répond à des exigences réglementaires très strictes, la bonne gestion d'une pharmacie fait appel avant tout au bon sens. En conditions d'élevage, le suivi rigoureux d'une pharmacie fait partie intégrante du bon usage des médicaments.

Ce bon usage est essentiel pour prévenir différents types de dangers comme la présence de résidus de médicaments dans un poisson ou l'inefficacité d'un traitement. Cette dernière, qui résulte le plus souvent d'une mauvaise utilisation ou du non-respect de la posologie du médicament, peut entraîner la persistance ou la reprise de la pathologie dans l'élevage. Il faut aussi prendre en compte les dangers humains et environnementaux (rejets de produits toxiques) que représentent une mauvaise manipulation ou de mauvaises conditions de stockage.

## Stockage des médicaments

*Médicaments délivrés sans ordonnance* : stockage libre, en assurant leur séparation de tout autre type de produits.

*Médicaments prescrits* : conservation en armoire ou en local dédiés, fermés à clé, maintenus propres et à l'abri de la lumière, ventilés et pourvu d'étagères à une température de 6 à 25 °C (2 à 8 °C s'il s'agit de vaccins). Les médicaments prescrits classés comme substance vénéneuse dans les listes 1 ou 2 du Code de la santé publique (anesthésiques par exemple) ne doivent pas être accessibles à des personnes extérieures à l'établissement.

Noter que la détention de kétamine, classée dans les stupéfiants en 2016, est limitée à 28 jours. Elle impose en outre un système d'alarme et la déclaration de toute tentative d'effraction.

Dans les établissements à vocation expérimentale, les entrées et les sorties doivent être portées chronologiquement dans un registre tenu par le responsable de la pharmacie. Indiquer la date d'entrée, le nom du produit, la quantité et le numéro du lot. Les enregistrements sont à conserver 10 ans.

Cette disposition n'est pas obligatoire pour les élevages mais constitue une utile précaution : le document, éventuellement validé par le vétérinaire, pourra être produit en cas de visite officielle.

Dans tous les cas, il est conseillé de noter d'entrée la date de péremption des produits et de les éliminer au fur et à mesure de leur fin de validité.

## Autres précautions de stockage

*Stockage des aliments médicamenteux* : à opérer en sacs, également dans une zone séparée des autres aliments.

*Stockage et élimination des déchets d'activités de soins* : il convient de suivre les précautions suivantes :

- Les déchets d'activité de soin (flacons de médicaments, gants, aiguilles, etc.) ne doivent pas être brûlés par l'éleveur. Aiguilles et matériels tranchants doivent être collectés dans des collecteurs appropriés.
- L'éleveur qui confie ses déchets à un prestataire en vue de leur élimination doit établir une convention avec celui-ci.
- On peut toujours demander conseil au vétérinaire, qui peut aussi rédiger des « bons de reprise » de flacons périmés, etc.

## 2. Produits et procédés de traitement des poissons

### Acide acétique glacial

N° CAS 64-19-7. Ann-Tabl 1.

Biocide, employé comme microparasiticide externe.

*Propriétés.* Masse moléculaire : 60,05 g/mol ; liquide incolore de forte odeur piquante, cristallisant au-dessous de 16 °C ; densité 1,049 (forme liquide) ou 1,266 (forme solide) ; hydrosolubilité : totale.

*Indications.* En eau douce surtout : protistes ectoparasites mais aussi digènes et sangsues. Employé en association avec d'autres molécules dans des produits antiseptiques (Incimaxx Aquatic®) ou désinfectants (P3 Oxonia® Active) ; voir acide peroxyacétique.

*Posologie et administration.* Balnéation hétérotopique dans une solution aqueuse à 2 g/L pendant 30 s.

*Mise en garde.* Toxique pour certaines espèces de poissons tropicaux de petite taille. Produit corrosif, nocif pour l'homme par contact avec la peau et les yeux et par inhalation.

*Précautions.* Port d'équipement de protection de la peau, des yeux et des voies respiratoires conforme à la législation du travail.

Délai d'attente. Néant.

### Acide oxolonique.

Voir quinolones.

### Acide peroxyacétique (a. peracétique)

N° CAS 79-21-0. Ann-Tabl 1.

Biocide (bactéricide, fongicide) employable contre les microparasites externes mais généralement associé à d'autres molécules peroxydées.

*Propriétés.* Produit de la famille des substances peroxydées. Masse moléculaire : 76,05 g/mol ; liquide incolore à forte odeur vinaigrée fortement hydrosoluble. Moins stable en solution que le peroxyde d'hydrogène, il est fourni en pratique dans des solutions en équilibre avec de l'eau, du peroxyde d'hydrogène et de l'acide acétique :

- P3 Oxonia® Active : produit désinfectant renfermant : acide peroxyacétique 45 g/l, acide acétique 67 g/L, peroxyde d'hydrogène 255 g/L.
- Incimaxx Aquatic® : solution renfermant les constituants précédents (mais en proportions différentes) additionnés d'acide peroxyoctanoïque (acide peroxyacétique 51,06 g/L et acide peroxyoctanoïque 3,76 g/L).

*Indications.*

- P3 Oxonia® Active : désinfection des supports et matériels non oxydables.
- Incimaxx Aquatic® : en milieux dulçaquicole et marin, traitement des colonisations tégumentaires et branchiales par les ciliés, les monogènes, et les bactéries ; en milieu dulçaquicole, traitement des infections par *Ichthyophthirius multifiliis* et par les oomycètes (agents des « mousses »).

### *Posologie et administration.*

- P3 Oxonia<sup>®</sup> Active : désinfection d'une durée de 1 h par une solution à 1 % appliquée par trempage ou pulvérisation.
- Incimaxx Aquatic<sup>®</sup> : traitement des poissons dans leur milieu sous surveillance clinique et de préférence en flux continu. Pour la truite arc-en-ciel, 10 mg/L (10 mL/m<sup>3</sup>) pendant 1 h ; 1 application par jour pendant 5 j ; en cas d'ichthyophthiriose clinique, renouvellement pendant 7 j mais en prévention, 2 traitements par semaine ; pour le turbot, 45 mg/L.

*Mise en garde.* Concentrations toxiques inconnues pour un grand nombre d'espèces de poissons. Produits corrosifs, dangereux pour l'homme, nocifs par inhalation, contact avec la peau et les yeux et ingestion.

*Précautions.* Bioessai préalable dans les conditions locales de milieu généralement nécessaire. Port d'équipement de protection de la peau, des yeux et des voies respiratoires.

*Délai d'attente.* Néant.

*Commentaire.* L'usage des substances peroxydogènes tend à gagner en importance.

### **Acriflavine neutre**

N° CAS. 8048652-0.

Biocide, antiseptique, microparasiticide mais d'emploi thérapeutique non autorisé pour les poissons producteurs de denrées.

*Propriétés.* Masse moléculaire : 259,73 g/mol ; poudre rouge orangé à rouge foncé faiblement hydrosoluble.

*Indications.* En eau douce et en eau de mer : infections tégumentaires et branchiales par protistes, bactéries et oomycètes.

1. *Posologie et administration.* Balnéation homotopique permanente des poissons (aquariums, bassins, pièces d'eau) dans 0,02 mg/L d'eau 3 j de suite, suivie d'un renouvellement de l'eau le 4<sup>e</sup> j. Autre préconisation : utiliser une concentration de 1 à 2 mg/L d'acriflavine neutre. Balnéation des poissons après capture dans 500 mg/L pendant 15 min avec renouvellement le jour suivant.

*Mise en garde.* Toxicité pour la végétation ; nocivité pour l'homme : allergisant par contact avec la peau.

*Précautions.* Port de gants nécessaire.

*Noms déposés.* Figure dans la composition de diverses spécialités pour le traitement des poissons d'ornement.

### **Ail**

*Allium sativum.* Broyat total de bulbes, riche en enzymes et en lipides.

*Indications.* Infections tégumentaires et branchiales par les protistes ciliés.

*Posologie administration.* Balnéation : 200 mg/L de broyat pendant 24 h à 25 °C pour des anguilles de poids supérieur à 1 g infectée par *Trichodina* (Madsen *et al.*, 2000) ; vis-à-vis de l'ichthyophthiriose, tue les thérontes à partir de 100 mg/L et la totalité des tomones à 575 mg/L (Buchmann *et al.*, 2003).

*Mise en garde.* Reproductibilité des résultats non assurée du fait de nombreux facteurs

de variations (mode préparation du broyat, état de maturation de l'ail, variété d'ail utilisée, espèce des poissons, température) ; traitement non adapté aux installations de grande capacité d'eau.

*Commentaires.* Se situe dans la tendance à l'utilisation des produits naturels et intéresse principalement l'aquariophilie, secteur dans lequel l'ail suscite de nombreux débats en ligne.

### **Amoxicilline**

Voir pénicillines.

### **Ampicilline**

Voir pénicillines.

### **Ammoniums quaternaires**

Biocides.

*Indications.* Traitement classique mais peu actif, sinon dangereux, des infections bactériennes branchio-cutanées. Désinfection à large spectre. Algicides.

Chlorure de benzalkonium (ou alkyl dimethyl benzyl ammonium) N° CAS 8001-54.

Poudre très hydrosoluble donnant des solutions légèrement alcalines, moussant fortement à l'agitation.

Traitement des infections bactériennes tégumentaires et branchiales : 1 à 2 mg/L d'eau pendant 30 à 60 min en balnéation statique ou en flux continu, ou encore balnéation rapide dans 100 mg/L pendant 2 min.

*Mise en garde et précautions.* Indice thérapeutique voisin de 2 chez la truite arc-en-ciel et encore réduit par l'élévation thermique ; activité bactéricide réduite par la dureté de l'eau et sa teneur en matières organiques et en matières en suspension ; une différence d'activité de 1 à 10 peut exister entre traitements menés en eau distillée et en eau minéralisée !

Produits désinfectants à base d'ammoniums quaternaires.

Désinfection de l'habitat des poissons (parois et fonds de bassins, auges d'alevinage et aquariums), des canalisations, des locaux (sols, murs, surfaces de travail), du matériel de nettoyage et de manutention (brosses, balais, épuisettes, gants, vêtements de protection) et remplissage des pédiluves et rotoluves.

*Composition.* Voir tableau 1. *Dosages et administration.* Pulvérisation (laisser sécher les surfaces traitées), inondation (sols, fonds) et trempage (matériels). Emploi de dilutions allant de 0,5 % pour le seul effet bactéricide à 1,5-2 % (pour tous les organismes pathogènes). Durée de contact de 30 min ou moins selon les résultats recherchés. Voir les instructions du fabricant.

*Mise en garde.* Produits généralement corrosifs et irritants par inhalation.

*Précautions.* Éviter le rejet direct des solutions dans les eaux de l'élevage. Port d'équipement de protection de la peau, des yeux et des voies respiratoires et autres précautions conformes à la législation du travail et ventilation des locaux.

Traitement algicide. Usage préconisé mais ayant surtout abouti à rejeter des micropolluants et favoriser l'apparition d'algues résistantes.



**Tableau 1.** Composition de formules commerciales d'ammoniums quaternaires.

Molécules actives	Concentration de chaque molécule dans le produit commercialisé (g/L)		
	Vibafo n	Virakil 02	Désogerme aquaculture
Chlorure de benzalkonium [8001-54-5] ou chlorure de n-alkylbenzyl dimethyl ammonium	40	40	100
Chlorure de didecyl dimethyl ammonium [7173-51-5]	50		28
Perborate de sodium tétrahydraté [10486-00-7]		80	
Tétraacétylènediamine		140	
Glutaraldéhyde [111-30-8]	17,5		100

*Commentaires.* À réserver à la désinfection.

*Noms déposés.* Roccal-D Plus<sup>®</sup>, Vibafon<sup>®</sup>, Virakil02<sup>®</sup>.

### Antibiotiques

Voir ceftiofur, fumagilline, kanamycine, macrolides, nitrofuranes, phénicolés, pénicillines A ; pénicillines M, quinolones, sulfamides, sulfamides associés, tétracyclines.

### Antiparasitaires (médicaments).

Voir tableau 2. Les noms de produits renvoient aux articles du formulaire.

### Azamethiphos

N° CAS 59217-99-1. Ann-Tabl 1.

Insecticide organophosphoré.

*Propriétés.* Poudre faiblement hydrosoluble (1 g/L) ; activité pharmacologique : inhibiteur de cholinestérase.

*Indications.* En eau douce et marine : traitement des infections tégumentaires par les crustacés parasites adultes et pré-adultes ; il a été étendu au traitement des infections par les monogènes (Pretti *et al.*, 2002).

*Posologie et administration.* Pour le saumon atlantique, baignade en solution aqueuse à 0,1 mg/L, pendant 30 min ; ne pas excéder 30 min à température > 10 °C mais à des températures inférieures une prolongation est possible sous surveillance du comportement des poissons ; indice thérapeutique pour le saumon atlantique : 5.

*Mise en garde et Précautions.* Toxique pour l'utilisateur. Port d'équipement de protection de la peau, des yeux et des voies respiratoires et autres précautions conformes à la législation du travail et ventilation des locaux.

*Temps d'attente.* De 2 j (Canada) à 4 j (Norvège).

*Nom déposé.* Salmosan<sup>®</sup> (Novartis).

**Tableau 2.** Les médicaments antiparasitaires et leurs indications en aquaculture (les produits biocides ne sont pas pris en compte).

<b>Famille</b>	<b>Principe actif (voir entrées spécifiques)</b>	<b>Indications principales</b>
Origine phytothérapeutique	Ail Oignon Quinine	Protistes ciliés Crustacés Ichthyophthiriose
Antibiotique	Fumagilline	Microsporidioses, myxosporidioses
Avermectines	Emamectine	Insectes, crustacés
Benzimidazoles	Fenbendazole Levamisole Mebendazole	Anthelminthique nématocide Nématodes Nématodes
Benzoylurées	Diflubenzuron Teflubenzuron	Insectes, crustacés
Nitroimidazoles	Dimétridazole Métronidazole	Protistes
Organophosphorés	Azamethiphos Dichlofenthion Dichlorvos Fenthion Malathion Trichlorfon (métrifonate)	Insectes, crustacés
Pyréthrinoïdes de synthèse	Cyperméthrine Deltaméthrine	Insectes, crustacés
Divers	Bithionol Itraconazole Niclosamide Praziquantel Pyrantel Toltrazuril	Anthelminthique Antifongique Plathelminthes (ténias) Plathelminthes Nématodes Protistes, monogènes

*Commentaires.* Usage en recul du fait de son mode d'administration, de sa toxicité potentielle pour l'utilisateur et surtout, de la commercialisation du benzoate d'émamectine administrable par voie orale.

### **Benzocaïne (éthylaminobenzoate)**

N° CAS 94-09-7. Ann-Tabl 1.

Anesthésique. Ester éthylique de l'acide para-aminobenzoïque.

*Propriétés.* Poudre faiblement hydrosoluble (0,8 g/L) nécessitant l'emploi de solvants intermédiaires.

*Pharmacocinétique.* Identique à la tricaïne : absorption branchiale, distribution et élimination rapides (tant de la substance active par voie branchiale que des métabolites par voie urinaire) ; chez la truite arc-en-ciel, à 7 et 16 °C, la musculature ne contient plus de benzocaïne 24 h après le traitement (Stehly *et al.*, 2000).

*Indications.* En eau douce et marine : tranquillisation pendant le transport et les manipulations ; euthanasie. Les poissons pouvant conserver certaines fonctions locomotrices durant tous les stades de l'anesthésie, le produit convient mal à la chirurgie.

*Posologie, administration.* Pré-dissoudre dans l'éthanol 95 % ou l'acétone. Anesthésie en balnéation à des concentrations comprises entre 25 et 100 mg/L : salmonidés, 25-50 mg/L ; carpe et tilapia du Mozambique, 50-100 mg/L ; black-bass, 55-85 mg/L.

*Mise en garde et précautions.* Irritant pour les voies respiratoires ; ne pas inhaler, porter des gants. Essai préalable généralement nécessaire. Conserver la solution mère dans un flacon de couleur sombre placé à l'obscurité.

*Temps d'attente.* 21 j (Norvège).

*Commentaires.* Produit moins coûteux que la tricaïne et d'activité identique. S'inactive en quelques heures dans l'environnement.

*Nom déposé :* Benzoak<sup>®</sup> (Norvège). Pas d'AMM en France.

### **Bicarbonate de sodium**

N° CAS 144-55-8.

Générateur de dioxyde de carbone (voir dioxyde de carbone).

### **Bithionol**

N° CAS 7-18-7.

Anthelminthique d'emploi thérapeutique non autorisé pour les poissons producteurs de denrées.

*Propriétés.* Masse moléculaire : 356,05 g/mol ; aspect : poudre cristalline blanche ou grise ; densité : 1,73 ; hydrosolubilité : nulle.

*Indications.* Traitement des infections par les acanthocéphales ; activité également démontrée contre le monogène *Gyrodactylus* chez la truite arc-en-ciel ; de même contre la trichodinose chez l'anguille européenne, mais avec un indice thérapeutique assez faible (Madsen *et al.*, 2000).

*Posologie et administration.* Acanthocéphalose chez la truite arc-en-ciel : 200 mg/kg PV/j par voie orale, pendant 2 j consécutifs (Gérard et de Kinkelin, 1971) ;

gyrodactylose chez la truite arc-en-ciel : balnéation dans 12 mg/L d'eau pendant 60 min (Santamarina *et al.*, 1991) ; trichodinose de l'anguille : 0,1 mg/L 24 heures.

*Noms déposés.* Actamer, Anafongine, Bacteriostat CS-1, Lorotheidol, Bithin.

### **Bleu de méthylène**

N° CAS 61-73-4.

Biocide d'emploi thérapeutique non autorisé pour les poissons producteurs de denrées.

*Propriétés.* Masse moléculaire : 319,86 g/mol (367,86 g si trihydraté) ; aspect : poudre vert foncé ; hydrosolubilité : forte ; colorant, persistant dans les tissus.

*Indications.* Traitement des infections des téguments et des branchies par les protistes flagellés et ciliés dont *Ichthyophthitius multifiliis* vis-à-vis duquel le bleu de méthylène est une des rares substances actives ; certains gyrodactyles seraient également sensibles.

*Posologie et administration.* Balnéation homotopique permanente dans 2 à 3 mg/L, 3 fois à 2 j d'intervalle ou davantage, jusqu'à disparition des organismes pathogènes ; pour *I. multifiliis*, traitements quotidiens pendant 20 j (à 22 °C).

*Mise en garde.* Toxicité pour les plantes des aquariums ; prix élevé limitant l'emploi du produit aux traitements en aquariums ; provoque des taches sur la peau et les surfaces traitées.

*Précautions.* Bioessai préalable recommandé dans les conditions locales de milieu et port de gants.

### **Bronopol**

N° CAS 52-51-7. Ann-Tabl 1.

Biocide dérivé du brome, actif principalement sur les bactéries et les oomycètes.

*Propriétés.* Masse moléculaire : 199,99 g/mol ; aspect : poudre cristalline blanche à jaune pâle ; présenté en pratique sous une forme liquide claire, légèrement visqueuse facilement miscible à l'eau et contenant 50 % de bronopol ; activité pharmacologique : utilisé comme conservateur dans différents secteurs industriels dont celui des cosmétiques, avant d'être introduit en thérapie piscicole.

*Indications.* En eau douce et marine : traitement préventif et curatif des infections externes des œufs et des poissons par les oomycètes ; initialement mis au point et utilisé chez les salmonidés pour remplacer le vert malachite, son usage s'est étendu progressivement aux poissons d'autres familles ainsi qu'au traitement des infections bactériennes tégumentaires et branchiales. Employable pour le traitement des œufs de gadidés (Treasurer *et al.*, 2005) et vraisemblablement de bien d'autres familles de poissons.

*Posologie et administration.* Œufs de salmonidés : traitement par balnéation en conditions statiques, en recirculation ou en flux continu, administré quotidiennement à la concentration de 50 mg/L d'eau, pendant 30 min, à partir du jour suivant la fécondation ; poissons (à partir de 5 cm) : concentration de 20 mg/L en balnéation statique de 30 min, répétée jusqu'à 14 j consécutifs ; mise en œuvre du traitement : 1/ le produit commercialisé étant une solution de bronopol à 50 %, les concentrations thérapeutiques de 50 mg/L et 20 mg/L sont obtenues en diluant 1 mL de solution commerciale dans respectivement 10 et 25 L d'eau ; 2/ une surveillance clinique de l'activité du traitement permet de réduire sa périodicité. Indice thérapeutique > 5 pour les œufs de gadidés.

*Mise en garde.* Emploi contre-indiqué au moment de la smoltification et en cas de traitement simultané par un autre produit administré par bain. Pour l'utilisateur : irritant par contact avec la peau, les yeux et par inhalation. Le produit liquide non dilué est corrosif pour les surfaces en plastique.

*Précautions.* Port d'équipement de protection de la peau, des yeux et des voies respiratoires et autres précautions conformes à la législation du travail ; ventilation des locaux. Préparer une solution stock partiellement diluée avant le mélange au volume d'eau à traiter.

*Délai d'attente.* Néant mais ne pas traiter les œufs destinés à la consommation humaine (caviar de salmonidés).

*Nom déposé.* Pycèze®.

### **Ceftiofur.**

N° CAS 80370-57-6 (produit pur) ; 104010-37-9 (forme sodique).

Céphalosporine de synthèse de 3<sup>e</sup> génération réservée à l'usage vétérinaire.

*Propriétés.* Forme pure : poudre blanchâtre. Masse : 523,55 g/mol ; hydrosolubilité : 23 mg/L (à 25 °C).

Ceftiofur sodique. Masse : 544,53 g/mol ; très soluble dans l'eau.

La stabilité est assez limitée, comme pour tous les  $\beta$ -lactames, et exige la conservation à l'abri de la chaleur et de lumière.

*Mode d'action.* Bloque la synthèse de la paroi bactérienne, comme les pénicillines mais est insensible à l'action des  $\beta$ -lactamases sécrétées par certaines bactéries.

*Indications.* C'est un antibiotique à large spectre, actif sur les bactéries à Gram positif et négatif, qui a été conseillé et employé en aquariophilie pour le traitement des aéromonoses rebelles aux traitements usuels.

Les résistances sont rares, d'où l'inscription du produit parmi les antibiotiques d'importance critique définis par le décret n° 2016-317 du 16 mars 2016. Le ceftiofur ne peut être prescrit que dans le cadre de la cascade et dans des conditions bien spécifiées.

La pharmacocinétique est mal documentée chez les poissons et ne peut être extrapolée de celle des homéothermes, chez lesquels plus de 50 % du produit injecté est éliminé par voie urinaire.

*Mode d'administration.* Les préparations commerciales sont présentées en ampoules de poudre active et de solvants conditionnés séparément et à reconstituer à raison de 50 mg/mL avant injection intramusculaire. La dose usuelle est de 1 à 2 mg/kg de poids vif en produit actif.

*Temps d'attente.* En absence d'AMM, ce serait 500 degrés-jours mais les animaux traités ne sont pas destinés à la consommation.

*Mise en garde et précautions.* Précautions à observer (gants, masque) dans la manipulation du produit pour les personnes allergiques à la pénicilline.

*Noms déposés.* Cefenil® Cevaxel® Excenel® Naxcel®.

### **Chloramine T (sel sodium de la N-chlorotosylamide)**

N° CAS 127-65-1. Ann-Tabl 1.

Biocide chlorogène employé comme topique bactéricide ou comme désinfectant.

*Propriétés.* Masse moléculaire : 227,64 g/mol ; poudre blanche hydrosoluble (150 g/L à 25 °C) ; activité bactéricide due à son analogie moléculaire avec l'acide para-aminobenzoïque et à la libération d'hypochlorites.

*Indications.* Poissons dulçaquicoles : bactérioses tégumentaires et branchiales ; préconisé aussi contre les monogénoses.

*Posologie et administration.* Balnéation homotopique en général ; pour les salmonidés, concentrations de chloramine T ajustées en fonction du pH et de l'alcalinité de l'eau (tableau 3 ci-dessous) ; il est possible de réduire la durée du traitement en jouant sur la concentration de chloramine T mais pour les monogénoses, utiliser des concentrations 4 à 5 fois supérieures à durée d'administration inchangée.

**Tableau 3.** Posologie de la chloramine T (mg/L) en fonction du pH et de l'alcalinité (dureté calcique) de l'eau pour un traitement d'une durée de 1 heure.

pH	Alcalinité de l'eau (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	
	< 40	≤ 100
6	2,5	7
6,5	5	10
7	10	15
7,5	18	18
8	20	20

*Mise en garde.* Sensibilité particulière de certaines espèces aux posologies ci-dessus.

*Dangers.* L'élévation thermique au-delà de l'optimum pour la croissance de l'espèce traitée engendre un risque de toxicité. Présence de matières organiques.

*Précautions.* Préalablement au traitement, effectuer une vérification bibliographique de la sensibilité de l'espèce des poissons à traiter et/ou un bioessai dans les conditions locales de milieu.

*Temps d'attente.* Néant.

### **Chlore et composés chlorogènes**

Élément chimique de la famille des halogènes. À l'état de corps simple, c'est un gaz dense (2,5) de formule Cl<sub>2</sub>, de masse moléculaire 35,5 g/mol, d'odeur suffocante désagréable, et très toxique (gaz de combat). Divers composés, dits générateurs de chlore ou chlorogènes, renferment un atome de chlore et libèrent en solution des molécules chlorées biocides : ion hypochlorite (ClO<sup>-</sup>), chlore gazeux Cl<sub>2</sub>, et surtout acide hypochloreux (HOCl) également gazeux. L'activité biologique de ces molécules réside dans la destruction des protéines de la membrane plasmique, notamment après diffusion dans la paroi des bactéries, et dans la destruction des liaisons amides des protéines virales, d'où leur puissance biocide. Parmi les composés chlorogènes figurent : les hypochlorites, les chloroisocyanurates, les chlorites et la chloramine T qui sont utilisés de manière générale comme désinfectants et comme antiseptiques. En pisciculture les hypochlorites et les chloroisocyanurates servent à la désinfection, les chlorites sont employés comme antiparasitaires tandis que la chloramine T sert au traitement des infections tégumentaires et branchiales par les bactéries et les monogènes.

Le pouvoir désinfectant des composés chlorogènes s'exprime en pourcentage de chlore actif (ou chlore disponible) c'est-à-dire la masse de Cl<sub>2</sub> produite par une masse de solution chlorogène, exprimée en pourcentage. Cette valeur est indispensable à connaître pour calculer les dilutions biocides quand les modes d'emploi des produits ne

les donnent pas directement. Le degré chlorométrique n'est plus employé.

**Tableau 4.** Concentration et emploi de solutions désinfectantes d'hypochlorite de sodium obtenues à partir de l'eau de Javel à 2,6 % de chlore actif.

Points d'application	Modes d'application	Concentration en chlore actif (g/L)	Dilution en eau froide	Durée
Sols, surfaces, matériels propres (nettoyés)	Trempage, immersion, pulvérisation suivie de séchage,	0,2	1/130	60 min ou plus
		1,0	1/25	15 min
Sols, surfaces, matériels souillés (avant nettoyage)	Trempage, immersion	5	1/5	15 min

*Indications.* Désinfection à large spectre.

*Posologie.* Concentrations en chlore actif, variables de 0,2 g/L à 5 g/L selon les cibles de la désinfection. Le tableau 4 ci-dessus indique les concentrations qui couvrent tous les organismes pathogènes présentant un risque sanitaire en pisciculture et la manière de les réaliser à partir de l'eau de Javel à 2,6 % de chlore actif. De telles concentrations peuvent s'obtenir à partir de tous les composés chlorogènes du commerce, dont le mode d'emploi indique toujours la quantité de chlore actif libéré par une forme de présentation donnée.

***Eau de Javel : solution d'hypochlorite de sodium NaClO***

*Propriétés.* Liquide jaunâtre à forte odeur de chlore et de pH alcalin (11,5 à 12,5) commercialisé sous 2 présentations :

- l'eau de Javel à 2,6 % de chlore actif contenant 26,73 g/L Cl<sub>2</sub> et conservant son activité 1 an à compter de sa fabrication ;
- le concentré à 9,6 % de chlore actif, qui ne se conserve pas plus de 3 mois et sert à la préparation de la forme précédente par dilution dans l'eau froide. Il doit être utilisé sans délai.

*Mise en garde.* Opérateur : produit caustique, corrosif pour la peau. Matériel : corrosion des métaux non inoxydables. Produit lui-même : dégradation de l'activité biocide par la lumière, la chaleur (températures > 25 °C) et la présence de métaux (cobalt, cuivre, fer, nickel, plomb), qui accélèrent l'oxydation de l'eau par les hypochlorites ; incompatibilité avec les acides (emploi de produits détartrants avant ou après désinfection) provoquant la libération de chlore gazeux ; coût du transport et du stockage.

*Précautions.* Ne pas utiliser sur des matériaux oxydables ; conserver dans le flaconnage d'origine à températures fraîches ; vérifier les délais de conservation. Port d'équipement de protection de la peau, des yeux et des voies respiratoires et autres précautions conformes à la législation du travail et ventilation des locaux.

*Noms déposés.* Nombreuses préparations commerciales de NaClO.

Pour en savoir plus sur l'eau de Javel, voir : CSNEJ, 2010 (Gengler et Amsellem-Dubourget, 2013).

***Dichloroisocyanurate de sodium (DCCNa), synonyme ; troclosène de sodium***

N° CAS 2893-78-9.

*Propriétés.* Solide cristallin blanc très hydrosoluble formant des solutions acides par libération rapide d'acide hypochloreux et de cyanurate de sodium non toxique. Activité

biocide identique à celle de l'eau de Javel, et même supérieure vis-à-vis des mycobactéries et des spores. Présenté en poudre, comprimés, blocs et granulés et stable si conservé au sec dans son emballage d'origine.

*Posologie.* À définir d'après le tableau ci-dessus selon les caractéristiques de chaque présentation.

*Noms déposés.* Klorosept 87, Actichlor.

### **Hypochlorite de calcium**

N° CAS 7778-54-3.

*Propriétés.* Solide blanchâtre de formule  $\text{Ca}(\text{OCl})_2$  (masse moléculaire 143 g/mol), très hydrosoluble. Présenté en poudre, comprimés, granulés. Mêmes indications que les produits précédents.

*Posologie.* Concentration des solutions à définir d'après la teneur en chlore actif des différentes présentations.

*Mise en garde.* Opérateur : produit caustique, dangereux au contact et à l'inhalation.

*Précautions.* Port d'équipement de protection de la peau, des yeux et des voies respiratoires et autres précautions conformes à la législation du travail. Rinçage soigneux des surfaces et des matériels en inox après javellisation.

*Nom déposé.* HTH (*high test hypochlorite*) sous différentes marques de produits contenant autour de 70 % de chlore actif.

### **Chlorite de sodium.**

N° CAS 7758-19-2. Ann-Tabl 1.

Biocide oxydant générateur de dioxyde de chlore.

*Propriétés.* Masse moléculaire : 90,44 g/mol ; aspect : solide blanc ; densité : 2,5 ; hydrosolubilité : 390 g/L à 19 °C.

*Indications.* Infections par *Lernaea* mais aussi par *Epistylis* et *Ichthyophthirius* dans des installations recyclées de grands volumes (jusqu'à 300 m<sup>3</sup>) (Dempster *et al.*, 1988).

*Posologie et administration.* En eau douce : maintien d'une concentration 20 à 40 mg/L d'ion chlorite ( $\text{ClO}_2^-$ ).

*Mise en garde.* Ne pas employer à des pH < 6.

*Précautions.* Bioessai dans les conditions locales de milieu et ventilation des locaux.

### **Chlortétracycline.**

Voir tétracyclines.

### **Chlorure de calcium**

N° CAS 10043-32-4. Ann-Tabl 1.

*Propriétés.* Formule :  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  ou  $\text{CaCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  ; masse moléculaire : 110,99 g/mol (forme anhydre), 147,02 g/mol (forme dihydratée), 219,08 g/mol (forme tétrahydratée) ; aspect : solide blanc ou incolore, très hygroscopique ; densité : 2,15 ; hydrosolubilité : 740 g/L à 20 °C.

*Indications.* Prévention des ovo-mortalités en eau peu minéralisée ; prévention du choc osmotique pendant le transport des poissons (voir aussi chlorure de sodium).



*Posologie.* Minéralisation de l'eau : dissoudre 1,5 ‰ de CaCl<sub>2</sub> (soit 330 mg/L de la forme tétrahydratée) voire plus, dans l'eau des cuves de transport.

*Mise en garde.* Irritant par contact pour la peau, les yeux et par inhalation.

*Précautions.* Port d'équipement de protection de la peau, des yeux et des voies respiratoires et autres précautions conformes à la législation du travail.

### **Chlorure de sodium appelé « sel »**

N °CAS 7647-14-5. Ann-Tabl 1.

*Propriétés.* Masse moléculaire : 58,44 g/mol ; cristaux blancs ou incolores très hydrosolubles (359 g/L à 25°C) ; activité biologique : responsable majeur de la pression osmotique des organismes ; en eau douce sa dissolution en excès crée un milieu hypertonique à effet nocif pour divers organismes ectoparasites.

*Indications.* En eau douce : traitement des parasitoses et des oomycoses tégumentaires et branchiales ; traitement adjuvant de l'osmorégulation. Organismes pathogènes cibles : microparasites externes, saprolégniacées mais aussi *Ichthyophthirius multifiliis* et les crustacés copépodes du genre *Lernaea*.

*Posologie et administration.* Utiliser le sel non iodé.

Usage antiparasitaire et antifongique : balnéation de durée variable selon la concentration de NaCl choisie ; 15 à 60 s en solution à 30 ‰ avant introduction de nouveaux poissons ; 30 min en solution aqueuse de 10 à 25 ‰, ou jusqu'à ce que les poissons extériorisent les premiers signes d'inconfort nécessitant le renouvellement immédiat de l'eau ; pour les lernées adultes, maintien des poissons pendant 3 j dans 5 ‰ de sel ; pour *I. multifiliis*, l'élevage des poissons dans un milieu salé à 2 à 3 ‰ de NaCl est recommandé malgré de rares cas de résistance du parasite.

Adjuvant d'osmorégulation : 1 à 2 ‰ dans l'eau pendant les transports.

*Mise en garde.* Nocivité pour certaines espèces de poissons aux conditions d'emploi ci-dessus ; le prix du produit réserve son emploi aux installations renfermant un volume d'eau peu important.

*Temps d'attente.* Néant.

### **Ciprofloxacin**

Voir quinolones.

### **Cuivre chélaté**

Complexe organique du sulfate de cuivre doté des mêmes propriétés que ce dernier.

*Indications.* Identiques à celles du sulfate de cuivre.

*Posologie et administration.* Traitement de l'eau conformément aux instructions du fabricant.

*Contre-indications.* Identiques à celles du sulfate de cuivre, en particulier concernant les faibles valeurs d'alcalinité de l'eau.

*Avantages sur le sulfate de cuivre.* Plus hydrosoluble aux valeurs élevées d'alcalinité, plus longtemps actif, un peu moins toxique pour le poisson et moins corrosif pour le matériel.

*Nom déposé.* Cutrine<sup>®</sup>.

*Temps d'attente.* Néant.

### **Cyperméthrine**

N° CAS 97955-44-7. Ann-Tabl 1.

Insecticide de la famille des pyréthrinoïdes de synthèse.

*Propriétés.* Très faible hydrosolubilité (0,01 mg/L à 20 °C) ; neurotoxique inhibant l'activité des canaux sodium des cellules nerveuses, de toxicité très élevée pour les espèces aquatiques et à sang froid, moindre pour les homéothermes, chez lesquels la pénétration cutanée est médiocre.

*Indications.* Initialement, infections du saumon atlantique par les crustacés copépodes caligidés à tous les stades parasitaires. A été étendu au traitement des crustacés isopodes et à celui d'autres espèces d'aquaculture (daurade royale et bar).

*Posologie et administration.* Une baignade dans 5 µg/L d'eau (5 mg/m<sup>3</sup>) pendant 1 h (Hart *et al.*, 1997). Indice thérapeutique > 100 chez le saumon atlantique.

*Précautions.* Se conformer aux instructions d'emploi et bien noter la teneur en substance active du produit commercial. Bioessai dans les conditions locales de milieu. Port d'équipement de protection de la peau, des yeux et des voies respiratoires et autres précautions conformes à la législation du travail.

*Temps d'attente.* 3 j (Norvège, États-Unis).

*Nom déposé.* Excis™ Vericore Ldt (Novartis), produit renfermant 10 mg/mL de cyperméthrine, et un agent mouillant biodégradable facilitant la dispersion de la substance active dans l'eau de mer. Utiliser à raison de 0,5 mL/m<sup>3</sup> d'eau. AMM déposées en Norvège, Royaume-Uni, Irlande.

*Commentaires.* Le plus actif des insecticides topiques.

### **Cyperméthrine (High cis-)**

N° CAS 52315-07-8. Ann-Tabl 1.

Insecticide de la famille des pyréthrinoïdes de synthèse.

*Propriétés.* Masse moléculaire : 416,3 g/mol ; très faible hydrosolubilité (0,01 mg/L à 20° C) ; inhibiteur de l'activité des canaux sodium des cellules nerveuses très toxique pour les animaux aquatiques et à sang froid, beaucoup moins pour les homéothermes chez lesquels la pénétration cutanée est médiocre.

*Indications.* Initialement, infections du saumon atlantique par les crustacés caligidés à tous les stades parasitaires. Étendu au traitement des crustacés isopodes, ainsi que chez d'autres espèces d'aquaculture (daurade royale *Sparus auratus* et bar *Dicentrarchus labrax*).

*Posologie et administration.* Baignade unique dans 15 µg/L (15 mg/m<sup>3</sup>). Indice thérapeutique > 100 chez le saumon atlantique.

*Précautions.* Bioessai à effectuer dans les locales de milieu. Port d'équipement de protection de la peau, des yeux et des voies respiratoires et autres précautions conformes à la législation du travail.

*Temps d'attente.* 3 j (Norvège, États-Unis).

*Nom déposé.* Betamax® (Novartis) renfermant 50 mg/L de high cis-cyperméthrine et un agent mouillant facilitant la dispersion dans l'eau de mer. Utilisé à 0,2 mL/m<sup>3</sup>. AMM

pour la Norvège.

### **Danofloxacin**

Voir quinolones.

### **Deltaméthrine**

N° CAS 52918-63-5. Ann-Tabl 1.

Insecticide pyréthriinoïde de synthèse.

*Propriétés.* Non hydrosoluble (0,2 µg/L) mais soluble dans les solvants organiques. Activité antiparasitaire identique celle des cyperméthrines précédentes. Diminution importante de l'activité aux températures inférieures à 6 °C.

*Indications.* Infections à crustacés caligidés adultes et pré-adultes.

*Posologie et administration.* Balnéation dans 2 à 3 µg/L, (2-3 mg/m<sup>3</sup>), pendant 1 h. Indice thérapeutique > 3,5.

*Précautions.* Bioessai dans les conditions locales de milieu. Port d'équipement de protection de la peau, des yeux et des voies respiratoires et autres précautions conformes à la législation du travail.

*Temps d'attente.* 3 j.

*Nom déposé.* AlphaMax<sup>®</sup> (Alpharma), renfermant 10 mg/mL de deltaméthrine). Utilisé à raison de 0,2 mL/m<sup>3</sup> d'eau. AMM pour la Norvège et le Royaume-Uni.

### **Dichlofenthion**

N° CAS 97-17-6.

Insecticide apparenté aux organophosphorés, nématicide. Non autorisé dans l'Union européenne.

*Propriétés.* Produit liquide ; masse moléculaire : 315,15 g/mol ; hydrosolubilité nulle. Durée de vie extrêmement brève dans l'eau.

A été employé dans les élevages de tilapia en Afrique.

*Posologie.* Carpe, tilapia : 0,12-0,15 ppm, directement employé en balnéation en étang.

*Nom déposé.* Bromex 50<sup>®</sup>.

### **Dichlorvos**

N° CAS 62-73-7.

Insecticide organophosphoré dont la fabrication est très réduite ; il a été utilisé pour le traitement topique des infections par les crustacés parasites.

*Propriétés.* Masse moléculaire : 221 g/mol ; insoluble dans l'eau ; soluble dans les solvants organiques.

*Indications.* Peut encore constituer un recours en cas d'apparition de résistance des crustacés aux autres traitements.

*Précautions.* Cancérogène possible chez l'homme. Mesures de protection habituelles.

*Noms déposés.* Nuvan<sup>®</sup> 500 EC ; Aquagard SLT<sup>®</sup> (Novartis).

## **Diflubenzuron**

N° CAS 35367-38-5. Ann-Tabl 1.

Insecticide.

*Propriétés.* Poudre très faiblement hydrosoluble (0,08 mg/L) ; masse moléculaire : 310,68 g/mol ; activité pharmacologique : interférence avec la synthèse de la chitine et antagonisme envers l'ecdysone, s'exerçant principalement sur les stades subissant des mues mais aussi au moment de la formation des œufs. Absorption intestinale faible.

*Indications.* Traitement des infections par crustacés parasites ; initialement employé en élevage marin, chez le saumon atlantique contre les copépodes caligidés des genres *Lepeophtheirus* et *Caligus*, qui restent les indications majeures.

*Posologie et administration.* Voie orale : 3 mg/kg PV/j pendant 14 j. Activité la plus élevée vis-à-vis des larves chalimus bien que tous les autres stades puissent être atteints, y compris les adultes chez lesquels la fertilité et la ponte sont perturbées. Indice thérapeutique > 4.

*Temps d'attente.* 60 j (Norvège).

*Noms déposés :* Lepsidon<sup>®</sup> (Ewos, Norvège) ; Dimillin<sup>®</sup> T.H. (Agricultural and Nutrition Company, États-Unis).

## **Dimétri-dazole**

N° CAS 551-92-8. Ann-Tabl 2

Emploi interdit pour le traitement des poissons producteurs de denrées. Voir métronidazole.

## **Dioxyde de carbone (anhydride carbonique ou gaz carbonique)**

N° CAS 124-38-9.

Anesthésie. Peu employé actuellement.

*Propriétés.* Masse moléculaire : 40 g/mol ; gaz incolore et inodore très hydrosoluble (1,7 L/L à 0 °C et pression atmosphérique normale).

*Indications.* Sédation chez de nombreuses espèces de poissons.

*Posologie, administration.*

Sous la forme gazeuse : injection dans l'eau de 200 à 1500 mg/L de CO<sub>2</sub> dans un mélange gazeux à parts égales de CO<sub>2</sub> et d'oxygène, soit 0,20 à 1,65 L du mélange par litre d'eau ; convient aux salmonidés et carpes pré-adultes et adultes.

Sous la forme solide : addition à l'eau de bicarbonate de sodium (N° CAS 144-55-8), 140 à 640 g/L, 5 min, dégagement de gaz plus rapide à pH < 7.

*Mise en garde.* Activité anesthésique mal contrôlable en raison de la difficulté à maintenir à la fois des pressions partielles élevées d'oxygène et de dioxyde d'oxygène. Risque d'asphyxie pour l'opérateur quand la teneur aérienne dépasse 6 %.

*Précautions.* Ventilation des locaux.

*Commentaires.* À utiliser plutôt comme traitement préalable à l'abattage, combiné à l'hypothermie.

## **Diquat (dibromure de)**

N° CAS 2764-72-9.

Herbicide de contact. Emploi réservé au traitement des eaux closes privées dont les poissons ne sont pas producteurs de denrées.

*Propriétés.* Substance active : l'ion diquat  $C_{12}H_{12}N_2^-$  ; masse moléculaire : 184,24 g/mol ; aspect : poudre jaune très hydrosoluble (700 g/L) donnant une solution de couleur brun rouge sombre.

*Indications.* Destruction de la végétation immergée et émergée ainsi que des algues filamenteuses.

*Posologie et administration.* Traiter au moment où l'eau est la plus limpide possible (printemps) et la température < 20 °C ; épandage ou injection à 5,4 g/m<sup>3</sup>, dans la masse d'eau pour la végétation immergée, en pulvérisation directe sur la végétation de surface.

*Mises en garde.* Nocivité pour l'utilisateur : produit irritant par contact (peau, yeux) et par inhalation. Danger potentiel pour l'écosystème : la mortalité massive de végétaux et une température trop élevée du fait du choix de la date de traitement peuvent entraîner une déplétion en oxygène et des troubles asphyxiques chez les poissons ; toxicité possible : DL<sub>50</sub> 96 h de 15-20 ppm pour la truite et le brochet.

*Précautions.* Port d'équipement de protection de la peau, des yeux et des voies respiratoires pour l'utilisateur. Choix du moment du traitement en fonction du niveau de développement de la végétation et de la température (proscrire l'intervention en saison chaude).

*Délai d'utilisation de l'eau.* Variable : abreuvement du bétail, 3 j ; arrosage des pelouses, 3 j ; arrosage des cultures, 5 j ; baignade, aucun (Masser *et al.*, 2006). En 1993, la FDA préconisait 14 j.

*Noms déposés.* Réglone<sup>®</sup>, Reglox<sup>®</sup>, Aquacid<sup>®</sup>, Destrone<sup>®</sup>, Weedtrine-D<sup>®</sup>.

## **Doxycycline**

Voir tétracyclines.

## **Électronarcose**

*Indications.* Capture des poissons en milieu naturel à des fins d'études écologiques et éthologiques ; méthode de pêche utilisée depuis plus de 60 ans ; les salmonidés y sont très sensibles...

*Obtention.* Généralement, emploi d'un courant continu (Ross et Ross, 1999) n'induisant qu'une tétanie musculaire modérée, la ventilation operculaire étant conservée ; nécessite un appareillage spécialisé ; peu utilisée en pratique vétérinaire.

*Mise en garde.* Induit l'étourdissement mais non l'anesthésie des poissons ; risque d'hémorragies musculaires et de fractures vertébrales ; pratique pouvant être dangereuse pour un opérateur souffrant de cardiopathie.

*Précautions (et obligations).* Formation spécifique et certification de l'opérateur et autorisations administratives requises pour l'emploi dans les écosystèmes naturels.

## **Émamectine (benzoate d')**

N° CAS 155569-91-8. Ann-Tabl 1.

Insecticide de la famille des avermectines ; lactones macrocycliques produites par

fermentation par un actinomycète du sol, *Streptomyces avermitilis*. La modification chimique du produit de fermentation a engendré des centaines d'analogues chimiques dont l'ivermectine, la doramectine, l'abamectine, toutes substances largement utilisées dans le traitement des parasites humains, animaux et végétaux. Synthétisée à partir des avermectines naturelles B<sub>1a</sub> et B<sub>1b</sub>, l'émamectine est une lactone à 16 macrocycles formée du mélange de deux composés homologues, les 4'-déoxy-4'-épi-méthylamino-avermectine B<sub>1a</sub> (90 %) et B<sub>1b</sub> (10 %).

*Propriétés.* Non hydrosoluble mais fortement liposoluble. Activité pharmacologique : chez les arthropodes l'acide  $\gamma$ -aminobutyrique (GABA) est un neuromédiateur de l'influx nerveux libéré au niveau des jonctions neuro-musculaires. L'émamectine (comme toutes les avermectines en général) entre en compétition avec le GABA et se fixe sur ses récepteurs et sur ceux du glutamate H, provoquant l'ouverture des canaux ion chlore et une décontraction irréversible des muscles entraînant la paralysie.

*Indications.* En eau douce et marine : infections par les crustacés parasites ; initialement dédié aux infections du saumon atlantique élevé en mer par les caligidés des genres *Lepeophtheirus* et *Caligus* à tous leurs stades évolutifs, son usage s'est étendu à d'autres crustacés (Hakalhati *et al.*, 2004).

*Posologie et administration.* Voie orale : 50  $\mu$ g/kg PV/j pendant 7 j (Stone *et al.*, 2000). Indice thérapeutique : 7.

*Temps d'attente.* 10 j.

*Nom déposé.* Slice<sup>®</sup> (Schering Plough) ; AMM déposée dans certains pays membres de l'Union européenne (Espagne, Finlande, Irlande Norvège, Royaume-Uni), en Amérique du Nord et au Chili. Fourni en prémélange à incorporer à un aliment à raison de 5 kg de prémix pour 1 t d'aliments, à distribuer à raison de 0,5 % du poids vif pendant 7 j.

*Commentaires.* Produit actif sur tous les stades parasitaires, d'administration facile et d'indice thérapeutique permettant une bonne sécurité d'emploi ; devient prépondérant dans le traitement des parasitoses dues aux crustacés.

## **Enrofloxacin**

Voir quinolones.

## **Érythromycine**

Voir macrolides.

## **Étomidate**

N° CAS 33125-97-2.

Anesthésique à propriétés hypnotiques. Ester méthylique de l'acide 1-(1-phényléthyl)-1H-imidazole-5-carboxylique].

*Propriétés.* Cristaux incolores et inodores, hydrosolubles ; masse moléculaire : 244,3 g/mol.

*Indications.* Eau douce et marine : interventions de longue durée.

*Posologie, administration.* Salmonidés, 1 à 7 mg/L ; bar rayé 1 mg/L ; channel catfish, 1,35 à 2,2 mg/L (Amend *et al.*, 1982). Une meilleure efficacité à pH alcalin l'a fait préférer pour les poissons marins et d'ornement. Durée d'induction assez courte, durée de réveil longue (> 30 min). Référence : Gilderhus et Marking, 1987.

*Nom déposé.* Hypnomidate<sup>®</sup>.

*Commentaire.* En France, produit à usage humain de prescription restreinte accessible aux vétérinaires.

### **Fenbendazole**

N° CAS 43210-67-9. Ann-Tabl 1.

Anthelminthique nématocide dérivé du benzimidazole.

*Propriétés.* Poudre insoluble dans l'eau et très peu soluble dans les solvants organiques, mais soluble dans le diméthylsulfoxyde (DMSO) et le diméthylformamide (DMF).

*Activité pharmacologique.* Bloque l'absorption du glucose par les nématodes ; persiste moins de 4 jours dans les organismes traités.

*Indications.* Infections du tube digestif par les vers nématodes adultes. Également actif contre la glugéose à *Glugea anomala* (Schmahl et Benini, 1998).

*Posologie et administration.*

Nématodes. Voie orale : 50 mg/kg/j pendant 2 j, à renouveler après 2 semaines ; balnéation : 2 mg/L dans l'eau en permanence pendant 7 j, 3 fois à 7 j d'intervalle.

Glugea : balnéation dans 10 mg/L pendant 6 h.

*Temps d'attente.* ≥ 500 degrés jours.

*Noms déposés.* Panacur® (Hoechst).

### **Fenthion.**

N° CAS 55-38-9.

Pesticide organophosphoré. Masse moléculaire : 278,3 g/mol.

*Indications.* En eau douce : utilisée aux États-Unis pour la destruction des insectes prédateurs et des écrevisses, ainsi que pour le traitement des infections par les crustacés parasites des genres *Lernaea* et *Argulus*.

*Posologie et administration.* Administré en épandage à partir d'une solution concentrée, pour une concentration finale de 25 mg/L d'eau ; diminuer la concentration de 35 % en présence de centrarchidés ; majorer la concentration de 50 % aux températures < 16 °C.

*Mise en garde.* Toxicité pour l'utilisateur.

*Précautions.* Port d'équipement de protection de la peau, des yeux et des voies respiratoires et autres précautions conformes à la législation du travail.

*Noms déposés.* Bayer 29493®, Baytex®, Téguvon®.

### **Florfénicol**

Voir phénicolés.

### **Fluméquine**

Voir quinolones.

### **Fluoroquinolones**

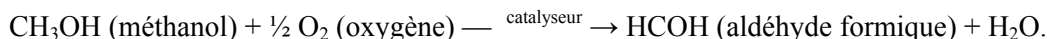
Voir quinolones.

## Formol

N° CAS 50-00-0. Ann-Tabl 1.

Contrôle des ectoparasites.

*Propriétés.* Forme dissoute de l'aldéhyde formique ou méthanal, préparée par l'oxydation généralement partielle du méthanol en présence d'un catalyseur :



Le produit résultant est un mélange d'aldéhyde formique dissous dans une solution de méthanol et d'eau. Le formol du commerce, dit « formol pur », renferme 37 % d'aldéhyde formique (poids/poids), ainsi que 10 à 15 % de méthanol. L'aldéhyde formique lui-même est un gaz incolore d'odeur caractéristique, irritant, lacrymogène, qui n'est pas disponible dans le commerce. L'aldéhyde formique en solution tend à polymériser. Les polymères de moins de 8 molécules restent solubles, mais au-delà ils précipitent d'autant plus vite que la température est inférieure à 20 °C. L'aldéhyde formique est un des composés les plus employés de la chimie organique. La thérapeutique des poissons n'est qu'un aspect insignifiant de ses applications.

*Indications.* Employé surtout en eau douce.

Chez les poissons : infections par les protistes ectoparasites (amibes, flagellés, ciliés) et les monogènes.

Sur les œufs : longtemps employé dans la prévention des infections par les oomycètes et l'amélioration du taux d'éclosion chez les espèces à petits œufs.

*Posologie et administration.* Traitement des poissons et des œufs par baignation de durée limitée ou permanente dans leur milieu, à des concentrations variant de 15 à 1500 mg/L.

Traitement des œufs de salmonidés. Traitement quotidien statique ou en flux continu, à 1,5 g/L pendant 15 min, pendant la période d'incubation ou dès la détection d'une oomycose ; arrêt 2 j avant la date présumée de l'éclosion.

Traitement des poissons. Traitement de nombreuses espèces, après capture ou dans le milieu d'élevage, à des concentrations dépendant de la température et du type d'élevage ; 250 mg/L (1/4000) aux températures  $\leq 12$  °C ; 200 mg/L de 13 à 18 °C ; 160 mg/L (1/6000) au-dessus de 18 °C, en minorant encore ces valeurs au-delà de 23 °C ou lors de traitements permanents.

Élevages en eau courante. Traitement statique de 20 min suivi d'une vidange rapide, éventuellement renouvelé après contrôle de l'activité antiparasitaire.

Eaux stagnantes ou faiblement renouvelées. Contre les microparasites externes, une application de 15 à 25 mg/L laissée en place est généralement suffisante ; contre les monogènes, 40 mg/L ; contre les formes libres de *I. multifiliis* (présentes pendant les 3/10<sup>e</sup> de la durée du cycle) traiter 3 fois, à 3 j d'intervalle à des températures de 15-20 °C ou toutes les 2 semaines à températures 10°C (Hoffman, 1999).

*Mise en garde.* Grande sensibilité de certaines espèces de poissons : traitement contre-indiqué en cas de lésions branchiales ; incompatible avec le permanganate de potassium. Environnement : peut engendrer d'importantes mortalités d'algues associées à une déplétion de l'eau en oxygène. Chez l'homme : irritant pour les téguments et les voies respiratoires ; reconnu comme agent cancérogène.

*Précautions.* Préalablement au traitement, effectuer des bioessais dans les conditions locales de milieu. Opérateur : port d'équipement de protection de la peau, des yeux et



particulièrement des voies respiratoires et ventilation des locaux. Conserver le produit à l'obscurité et à une température proche de 20 °C (jamais à 5 °C).

*Temps d'attente.* Aucun.

*Noms déposés.* Union européenne : Aquacen Formaldehido (AMM Espagne). États-Unis : Parasite-S<sup>®</sup> (Water Chemical), Paracide-F<sup>®</sup> (Argent), Formalin-F<sup>®</sup> (Natchez Animal Supplies) ; figure dans la composition de diverses spécialités commerciales pour poissons d'ornement.

*Commentaires.* Produit très largement utilisé et inscrit au tableau 1 de l'arrêté du 7 février 2007, le formol est encore accepté comme biocide à usage vétérinaire mais son interdiction dans certaines catégories de désinfectants et sa non-inscription dans les listes de produits de protection des denrées alimentaires laissent augurer des changements imminents.

## **Fumagilline**

N° CAS 23110-15-8

Antibiotique sécrété par *Aspergillus fumigatus*. Emploi thérapeutique non autorisé pour les poissons producteurs de denrées.

*Propriétés.* Masse moléculaire : 458,5 g/mol ; cristaux jaunes non hydrosolubles mais solubles dans la plupart des solvants organiques.

*Indications.* Infections par les microsporidies et les myxozoaires.

*Posologie, administration.* Voie orale : 2 à 15 mg/kg/j selon les espèces, généralement pendant plus de 5 semaines.

Myxozoaires. Prévention de l'infection expérimentale de la carpe par *Sphaerospora renicola* avec 10 mg/kg/j pendant 3 semaines ; prévention de l'infection expérimentale du saumon chinook par *Tetracapsuloides bryosalmonae* (PKX) avec 5 à 10 mg/kg/j pendant 7 semaines ; traitement de la truite arc-en-ciel contre *T. bryosalmonae* en conditions de terrain dans une douzaine de sites de pisciculture, 3 mg/kg/j pendant 10 j (Le Gouvello *et al.*, 1999).

Microsporidies. Prévention de l'infection expérimentale de l'anguille japonaise par *Pleistophora* sp. et du saumon chinook par *Loma salmonae* (Kent et Dawe, 1994, dont l'article fait la revue de tous les travaux antérieurs).

*Mise en garde.* Difficulté de transposition des résultats expérimentaux au terrain, où l'activité thérapeutique est limitée par l'infection permanente des poissons placés dans un milieu renfermant des sources de parasites. Traitement pouvant se montrer toxique et engendrer des troubles locomoteurs et trophiques (baisse d'appétit, retards de croissance), des altérations sanguines (composition cellulaire et plasmatique), une réduction des tissus hémato-lymphopoiétique rénal et splénique (voir Kent et Dawe, 1994 ; Le Gouvello *et al.*, 1999). Risque de toxicité s'accroissant avec l'augmentation de la durée et de la dose du traitement et variant selon l'espèce de poisson.

*Précautions.* Bioessai impératif dans les conditions locales de milieu ; prise en compte de la prévalence de l'infection au début du traitement.

*Nom déposé.* Fumidil<sup>®</sup>.

*Commentaires.* Molécule coûteuse dont le choix n'est pas toujours justifié par les résultats.

## **Furaltadone**

Voir nitrofuranes.

## **Furazolidone**

Voir nitrofuranes.

## **Huile de girofle**

Extraite des fleurs (clous de girofle) du giroflier *Syzygium aromaticum* (*Eugenia aromatica*).

*Propriétés.* Composée de 90 à 95 % d'eugénol et d'isoeugénol, molécules de la famille des phénols ; produit huileux jaune clair peu hydrosoluble, mais soluble dans l'éthanol 95 % qui sert de solvant intermédiaire avec l'eau ; activité anesthésique pour les poissons redécouverte vers la fin des années 1980. L'eugénol est transformé en isoeugénol par action de la potasse.

*Indications.* En eau douce et marine : tranquillisation pendant le transport, anesthésie pour manipulations, prélèvements et chirurgie ; euthanasie.

*Posologie, administration.* Balnéation à une concentration comprise entre 25 et 150 mg/L selon l'espèce et le degré d'anesthésie désiré.

Cyprinidés : anesthésie dose dépendante 15-100 mg/L ; tranquillisation, 2-8 mg/L.

Centrarchidés : tranquillisation, 20 mg/L ;

Salmonidés, 20-60 mg/L (Anderson *et al.*, 1997) ;

Pomacentridés (*Pomacentrus amboinensis*) en eau de mer à 29 °C, 100 mg/L. Réaliser les concentrations thérapeutiques à partir d'une solution mère à 10 % en éthanol 95°.

*Commentaires.* Produit peu coûteux, d'emploi facile et doté d'une marge de sécurité correcte, permettant d'induire une narcose rapide qui se prolonge 2 à 3 fois plus longtemps que celle des autres anesthésiques. En pratique, certains utilisateurs observent des variations de l'activité attendue, sans doute du fait que les proportions d'eugénol, d'isoeugénol et de méthyleugénol peuvent différer d'un lot d'huile de girofle à un autre.

## **Isoeugénol**

N° CAS 97-54-1. Ann-Tabl 1.

Substance active de la famille des guaïacolés, naturellement produits par des arbustes de la famille des Zygophyllacées (créosotiers en particulier).

*Propriétés.* Substance huileuse ; masse moléculaire ; 164,2 g/mol.

*Indications.* Identiques à celles de l'huile de girofle.

*Posologie, administration.* Concentration : 5 à 20 µL/L d'Aqui-S selon l'espèce et le degré d'anesthésie désiré ; marge de sécurité de 1,5 à 2,5 selon les espèces et les classes d'âge (Stehly et Gingerich, 1999).

*Temps d'attente.* Aucun.

*Nom déposé.* Commercialisé sous le nom d'Aqui-S® (New Zealand Ltd). AMM pour Nouvelle Zélande, Australie et Chili.

*Commentaires.* Seuls les 3 pays précités disposent d'AMM. Malgré les qualités et avantages de la substance active, vantés par le fabricant, son avenir semble menacé en raison d'un pouvoir carcinogène mis en évidence chez les rongeurs (National Toxicology Program, 2010). Son autorisation d'emploi pour les poissons producteurs de

denrées a donc été abrogée aux États-Unis.

### **Hydroxyde de calcium (chaux éteinte)**

N° CAS 1305-62-0. Ann-Tabl 1.

Ca(OH)<sub>2</sub>. Biocide désinfectant.

*Propriétés.* Solide blanc inodore très hygroscopique mais peu hydrosoluble : 1,73 g/L à 20 °C ; masse moléculaire : 74,09 g/mol ; pH 12,1 en solution saturée (eau de chaux).

*Indication.* Désinfection des sols en terre et des surfaces anfractueuses et grumeleuses.

*Posologie.* Épandage de la chaux fraîchement fabriquée, sur le sol humide, à raison de 2 à 5 t/ha.

*Mise en garde.* S'hydrate en perdant son activité biocide. Poussières irritantes pour les yeux et voies respiratoires.

*Précautions.* Stockage dans un endroit sec entre 5 et 25 °C. Port de gants et de lunettes, et d'un masque si nécessaire.

*Commentaires.* Emploi plus théorique que pratique vu le coût en pisciculture d'étang.

### **Hydroxyde de sodium (soude caustique)**

N° CAS 131073-2. Ann-Tabl 1.

NaOH. Biocide.

*Propriétés.* Base forte de masse moléculaire 40 g/mol ; solide blanc hydrosoluble à 111 g/L ; caustique.

*Indications.* Désinfectant des surfaces résistantes (pierre, béton, ciment), même de surface irrégulière ou pouvant comporter des fissures (murs, parois et fonds de bassins) ; actif vis-à-vis de tous les organismes pathogènes.

*Posologie et administration.* Employé en mélange désinfectant contenant un agent tensio-actif et un colorant permettant de suivre la répartition de l'application ; composition :

- hydroxyde de sodium 100 g,
- teepol<sup>®</sup> 10 g,
- lait de chaux 2 000 g,
- eau q.s.p. 10 L.

Appliquer par pulvérisation à raison de 1 L/10 m<sup>2</sup> et laisser sécher pendant 48 h.

*Mise en garde.* Produit très caustique causant des brûlures.

*Précautions.* Port d'équipement de protection de la peau, des yeux et des voies respiratoires et autres précautions conformes à la législation du travail.

### **Hypochlorite de calcium**

Voir chlore et composés chlorogènes.

### **Hypothermie ou cryoanesthésie**

*Indications.* Sédatation réduisant la réactivité aux stimuli.

*Obtention.* Abaissement rapide de la température, de l'ordre de 20 °C. Les espèces d'eau chaude telles que le tilapia ou le channel catfish peuvent être anesthésiées par un

passage de 26-28 °C à 6-8 °C ; réveil obtenu en 2 à 3 min en restaurant la température initiale. Pour les espèces d'eaux tempérées, immersion dans de l'eau maintenue à 0 °C par de la glace fondante ou séjour de quelques minutes dans un congélateur à -30 °C (recommandé pour les anguilles).

*Mise en garde.* Pratique déconseillée par de nombreux auteurs car elle induit autant de stress qu'une manipulation sans anesthésie et des effets secondaires importants.

*Commentaires.* Utilisable quand la réponse de stress ne risque pas d'obérer l'avenir du poisson ou d'altérer la portée du travail réalisé sur lui (prélèvements sérologiques par exemple). Associée éventuellement à l'emploi du dioxyde de carbone pour l'abattage des poissons.

### **Incimaxx Aquatic®**

Voir acide peracétique.

### **Iode**

Élément chimique de la famille des halogènes.

*Propriétés.* Formule : I<sub>2</sub> ; masse mol : 127 g/mol ; aspect : cristaux bleu noir brillant ; hydrosolubilité : très faible, se dissout dans l'alcool (teinture d'iode) mais devient hydrosoluble une fois lié ou complexé à des polymères appelés iodophores. L'iodophore le plus employé est le poly (N-vinyl-2-pyrrolidone) ou PVP avec laquelle l'iode forme un complexe tri-iodé, la PVPI. Les iodophores utilisés en pisciculture sont commercialisés sous forme de solutions aqueuses ou alcooliques.

*Indications.* Désinfection des œufs et prévention de la transmission d'infections dues à leur contamination externe par les virus et les bactéries ; désinfection du petit matériel.

*Posologie, administration.*

Traitement des œufs : trempage pendant 15 à 30 min dans une solution d'iodophore titrant 100 mg/L d'iode.

*Mode opératoire* (œufs de salmonidés).

#### Traitement après fécondation.

1. Collecte des ovules dans une passoire et du liquide cœlomique dans un récipient de recueil où il sera ultérieurement stérilisé puis éliminé ;
2. rinçage des ovules à l'aide d'une solution de chlorure de sodium à 0,9 % pendant 30 à 60 s et rejet du liquide de rinçage dans le récipient de recueil contenant déjà le liquide cœlomique ;
3. fécondation des ovules ;
4. nouveau rinçage par la solution de chlorure de sodium : 30-60 s ;
5. rinçage dans une solution iodée à 100 mg/L recouvrant juste les œufs pendant 1 min,, éliminée à son tour dans le récipient de recueil ;
6. désinfection proprement dite dans une nouvelle solution iodée à 100 mg/L pendant 15 à 30 min, à raison de 4 volumes de solution pour 1 volume d'œufs ; une recirculation de cette solution d'iodophores est possible ;
7. vidange finale de la solution désinfectante dans le récipient de recueil auquel est ajouté du thiosulfate sodium ;
8. rinçage des œufs pendant 30 à 60 s avec de l'eau exempte d'organismes pathogènes

spécifiques (eau stérile, eau de ville déchlorée ou eau de l'écloserie) ;

9. laisser durcir les œufs fécondés dans de l'eau de même qualité, supplémentée en oxygène si nécessaire, pendant 90 min ; l'eau est contenue dans un bac assez vaste pour y placer les plateaux ou les seaux contenant les œufs.

#### Traitement d'œufs embryonnés.

Les opérations sont semblables à celle développées ci-dessus à partir du point 5.

*Mise en garde, précautions.* Prévoir un excès de solution aqueuse d'iode, de l'ordre de 40 l/100 000 œufs ; opérer à un pH de 6 à 7 pour garantir l'activité virucide du traitement car à pH < 6, il y a risque de toxicité pour les œufs et à pH > 8, le pouvoir germicide est progressivement aboli (Dorson *et al.*, 1996). Mis au point pour les œufs de salmonidés, le traitement est applicable à ceux d'autres espèces, après essai préalable s'il n'existe pas de données pour l'espèce concernée. Un traitement est également recommandé 3 à 4 jours avant la date prévue pour l'éclosion. Ne pas rejeter les solutions iodées sans les avoir neutralisées préalablement (voir neutralisation des halogènes).

*Noms déposés.* Bétadine<sup>®</sup> ; Ovadine<sup>®</sup>.

### **Iodophores**

Voir iode.

### **Itraconazole**

N° CAS 84625-65-7.

Antifongique structurellement apparenté au kétoconazole, d'emploi thérapeutique non autorisé pour les poissons producteurs de denrées.

*Propriétés.* Masse moléculaire : 705,63 g/mol, pratiquement insoluble dans l'eau.

*Indications.* Infections systémiques par les champignons et les mésomycétozoaires.

*Posologie administration.* Voie orale : 1 à 10 mg/kg d'aliments pendant 1 à 7 j (Wildgoose et Lewbart, 2001).

*Commentaires.* Présentations équivalentes à usage humain : Itrizole (solution), Sporanox (gélules), Triasporin (capsules), toutes en administration orale.

### **Kanamycine**

N° CAS 25389-94-0.

Aminoside le plus couramment employé chez les poissons, bien que des essais expérimentaux ou des applications très ponctuelles aient pu porter sur d'autres molécules (streptomycine, néomycine et gentamycine). N'étant pas utilisées chez l'homme, la kanamycine et la gentamycine présentent surtout un intérêt vétérinaire. Ces antibiotiques ne peuvent, en revanche, être administrés que par injection, ce qui en limite l'application à des sujets de valeur et de taille déjà avancée, non destinés au marché alimentaire (cas des animaux reproducteurs et des espèces ornementales).

*Propriétés.* Composé basique, polaire et très hydrosoluble (10 mg/mL) ; forme usuelle : le disulfate ; masse moléculaire = 582,6 g ; solubilité dans l'eau.

*Indications.* Bactéries à Gram négatif, actinomycétales (mycobactéries), *Renibacterium salmoninarum* (traitement des géniteurs).

*Pharmacocinétique.* L'hydrosolubilité des aminosides s'oppose à l'absorption digestive

et à la traversée des membranes biologiques, imposant l'emploi en injection intramusculaire qui, au contraire, favorise une distribution rapide dans les compartiments extracellulaires. L'élimination est rénale et, pratiquement, la molécule injectée ne subit pas plus de transformation dans l'organisme que celle qui traverse le tube digestif. L'activité est bactéricide.

*Posologies et administration.* Injection : 10-20 mg/kg/j.

*Mise en garde et précautions.* Résistances plasmidiques fréquentes à l'égard des aminosides, appelant les précautions d'usage (réalisation du diagnostic et de l'antibiogramme). Néphrotoxicité et ototoxicité communes aux aminosides, conséquences de la très forte solubilité en phase aqueuse et de la concentration des produits dans les régions fortement irriguées. Chez les poissons, seules des atteintes réversibles du rein et du foie ont été signalées. Du point de vue de l'utilisateur, des risques d'allergie sont connus et la manipulation du produit doit s'accompagner de précautions pour éviter le contact avec la peau, les muqueuses et les yeux.

*Temps d'attente.* Aucun, officiellement, la molécule n'étant pas employée chez les poissons producteurs de denrées.

### **Kétamine (chlorhydrate de)**

N° CAS 6740-88-1. Ann-Tabl 1.

Anesthésique de la famille chimique des cycloalkylarylamines, employé couramment en médecine vétérinaire. Classée en France comme stupéfiant par arrêté du 19/01/2017.

*Propriétés.* Masse moléculaire : 237,7 g/mol ; se présente comme une poudre cristalline hydrosoluble (200 g/L à 20 °C), stable en solution aqueuse ; indice thérapeutique élevé.

*Indications.* Toutes manipulations et opérations chirurgicales, plus spécialement chez les poissons d'ornement.

*Posologie, administration.* Balnéation. 20 à 40 mg/L chez les salmonidés pour une induction anesthésique durant jusqu'à 5 min, suivie d'un réveil en 60 à 120 min. Voie intramusculaire. 30 à 60 mg/kg. L'anesthésie peut aussi être induite par balnéation et poursuivie par injection.

*Précautions.* Conditions de détention réglementées car le produit est classé comme stupéfiant.

*Noms déposés.* Imalgène® Merial ; Kétamine® Virbac.

*Commentaires.* Ne modifie pas sensiblement le rythme de la ventilation après administration par voie intramusculaire, permettant ainsi le maintien de l'irrigation branchiale lors d'anesthésies de longue durée. Permet aussi la manipulation commode de poissons d'ornement.

### **Lévamisole**

N° CAS 14769-73-A. Ann-Tabl 1.

*Indications.* Antihelminthique nématocide employé dans les infections par les nématodes adultes.

*Posologie, administration.* Délivré sous la forme de chlorhydrate. Traitement de l'anguillicolose par balnéation dans 1 mg/L pendant 24 h ou par voie orale à 385 mg/kg (voir Hoffman, 1999) ; également actif en bain, aux mêmes doses, pour traiter les aquariums contre *Camallanus* et les planaires.

Nom déposé. Concurat<sup>®</sup> (lévamisole 10 %) ; Capizol<sup>®</sup> (15 mg/L).

### Lidocaïne (chlorhydrate)

N° CAS 73-78-9.

Synonymes. Lignocaïne, xylocaïne.

Anesthésique et analgésique employé localement chez les mammifères et l'homme, parfois pour l'anesthésie des poissons (carpe, tilapia, channel catfish). La marge de sécurité semble assez bonne.

*Propriétés.* Poudre cristalline blanche ; masse moléculaire 270,8 g/mol ; soluble dans l'eau.

*Posologie, administration.* Par baignation. Association recommandée au bicarbonate de sodium à 1 mg/mL pour potentialiser son action et éviter d'importantes fluctuations des doses d'emploi selon les poissons (Carrasco *et al.*, 1984).

*Temps d'attente.* En absence de précision,  $\geq 500$  degrés-jour.

*Commentaire.* Reste d'emploi assez peu courant chez les poissons.

### Macrolides. Érythromycine et Spiramycine

Chez les poissons, tous les composés de la classe des macrolides ont fait l'objet d'essais. La kanamycine et la néomycine ont parfois été expérimentées en aquariophilie mais les développements semblent s'être limités à l'érythromycine et à la spiramycine. La première a fait l'objet d'applications variées, dans le cas en particulier de la néphrite proliférative causée par *Renibacterium salmoninarum*. La spiramycine est surtout vendue sous des formes destinées aux poissons d'ornement mais a également été employée au Japon pour traiter les streptococcies de la sériole. Il faut reconnaître à ce sujet que les bilans pratiques accessibles sont inexistantes et que la littérature s'est principalement intéressée à la détection des résidus.

*Propriétés.* Molécules macrocycliques portant des groupements sucrés dont l'action est avant tout bactériostatique, par fixation sur la sous-unité 50S des ribosomes où ils bloquent la synthèse des chaînes protéiques. Ce sont des composés basiques, altérés par la chaleur et surtout par les pH acides. L'érythromycine en particulier, la plus sensible, peut être partiellement dégradée dans la traversée de l'estomac.

Tableau 5. Les macrolides employés en aquaculture.

Produit	No CAS	Nom déposé	Aspect	Masse moléculaire (g)	Solubilité
Érythromycine	114-07-8	Maracyn <sup>®</sup> Erythro <sup>®</sup> 200	Cristaux en aiguilles blanches	734	Eau 1/500 > alcool, acétone
Spiramycine	8025-81-8		Poudre blanc-jaunâtre amère	Mélange de 3 composés	Eau 1/1000 > alcool, acétone

*Indications.* Spectre d'activité étroit, l'hydrophobicité des molécules les empêchant de traverser la membrane externe de nombreuses bactéries à Gram négatif (entérobactéries, pseudomonas, sont naturellement résistants). En revanche, beaucoup de bactéries à Gram positif sont sensibles et leur pénétration aisée à l'intérieur des cellules rend les macrolides précieux pour la neutralisation de nombreux agents à développement intracellulaire. L'apparition de mécanismes de résistances est malheureusement

fréquente et doit être surveillée.

*Pharmacocinétique.* La biodisponibilité, bonne pour les molécules dérivées, est dépendante du pH et plus variable pour l'érythromycine. La diffusion est excellente et des concentrations notables sont rapidement atteintes dans les tissus et les cellules. La pénétration dans les bactéries se fait lentement, assurant des concentrations utiles plus persistantes que ne le laisse anticiper une demi-vie assez courte.

*Posologies et administration.* La difficulté du traitement des poissons tient à la sensibilité de l'érythromycine au pH gastrique, qui limite sa biodisponibilité. C'est sans doute pourquoi les traitements les plus convaincants sont ceux qui ont été appliqués par injection à des saumons reproducteurs pour prévenir la transmission verticale de la rénibactériose, ainsi que les traitements par bain, concevables pour les œufs ou les petits poissons d'ornement. Les doses prescrites varient selon la voie d'administration :

- aliment : 50 mg/kg 6-10 j,
- injection : 20 mg/kg en intra-péritonéal,
- bain en aquariophilie : 5 mg/L 8-10 j,
- œufs : 2 mg/L pendant 1 heure.

*Mise en garde et précautions.* À doses élevées, des intolérances digestives et hépatiques peuvent être éprouvées chez l'homme, ainsi qu'une toxicité rare et réversible pour la sphère auditive. Chez les poissons il existe peu de données, mais les macrolides ne sont pas réputés dangereux. Des allergies sont possibles pour les manipulateurs, qui doivent se conformer aux précautions de protection vestimentaire classiques.

*Temps d'attente.* L'importance des concentrations atteintes dans les tissus oblige à respecter des temps d'attente assez poussés pour les macrolides. Mais les macrolides n'étant pratiquement pas employés sur des animaux livrables à la consommation, la définition de temps d'attente n'a pas été précisée. Aussi la règle du temps d'attente  $\geq 500$  degrés-jours doit-elle s'appliquer.

## **Malathion**

N° CAS 121-75-5.

Insecticide organophosphoré inhibiteur de la cholinestérase. Interdit par l'Union européenne sauf pour la désinsectisation des locaux fermés.

*Propriétés.* Masse moléculaire : 320,6 g/mol ; hydrosolubilité faible : 0,145 g/L. Action biologique : l'inhibition de la cholinestérase entraîne la paralysie de l'influx nerveux par accumulation d'acétylcholine et blocage des synapses nerveuses. Les arthropodes et les animaux hétérothermes sont particulièrement sensibles.

*Indications.* A été préconisé pour le traitement de la lernaëose (0,25 mg/L) dans les eaux closes, à des températures  $> 27$  °C, ainsi que comme piscicide sélectif (0,5 mg/L) : les cyprinidés et les siluriformes sont cependant résistants (Hoffman, 1999).

*Commentaires.* Substance de toxicité élevée et dangereuse pour l'environnement aquatique, notamment les populations d'amphibiens, malgré une rémanence relativement faible. Risques toxiques non négligeables chez l'homme, notamment par ingestion, un de ses métabolites, le malaaxon, étant 60 fois plus toxique.

## **Marbofloxacin**

Voir quinolones.



## Mébendazole

N° CAS 31431-38-7. Ann-Tabl 1.

Anthelminthique dérivé du benzimidazole.

*Propriétés.* Masse moléculaire : 293,3 g/mol ; poudre gris jaune pâle très peu hydrosoluble (< 500 mg/L) ; soluble dans le DMF (diméthylformamide) ; activité biologique : bloque l'absorption du glucose par les nématodes ; activité pharmacologique : nématocide.

*Indications.* Emploi contre les atteintes : par nématodes du tube digestif (par exemple, ceux des genres *Camallanus* ou *Capillaria*) ; par microsporidies comme *Glugea anomala* (Schmahl et Benini, 1998), par monogènes tels *Pseudogyrodactylus anguillae* et *P. bini* (Buchmann et Bjerregaard, 1990).

*Posologie et administration.* Contre les nématodes : par voie orale, 5 mg/kg PV/j, en 3 traitements à 2 j d'intervalle ; contre les microsporidies et monogènes : balnéation dans 1 mg/L pendant 6 h, à 3 reprises à 36 h d'intervalle.

*Noms déposés.* Telmin<sup>®</sup> (Janssen-Cilag santé animale), Vermox<sup>®</sup>.

## Métomidate

N° CAS 5377-20-8.

Anesthésique d'emploi non autorisé pour les poissons producteurs de denrées.

*Propriétés.* Poudre hydrosoluble, masse moléculaire : 266,7 g/mol.

*Indications.* En eau douce à pH > 6 et en eau de mer : pour des interventions ne nécessitant pas l'anesthésie chirurgicale, ceci en raison du maintien de spasmes musculaires qui ne s'observent pas avec l'étomidate.

*Posologie, administration.* Concentration de la solution anesthésiante entre 5 et 60 mg/L : truite arc-en-ciel, 5 mg/L ; bar rayé, 10 mg/L ; morue, 5 à 20 mg/L ; flétan atlantique, 10 à 60 mg/L. Durée d'induction plutôt courte mais le réveil est assez long (> 20 min). Références : Gilderhus et Marking, 1987 ; Malmstrøm *et al.*, 1993.

*Mise en garde.* La médiocre capacité à réaliser l'atonie musculaire rend difficile la réalisation de prises de sang après anesthésie. Les stades larvaires semblent également assez prédisposés aux effets toxiques. En revanche le métomidate a été très employé chez les poissons d'ornement. Conservation à l'abri de la lumière.

*Commentaires.* Produit anesthésique peu stressant mais coûteux.

*Nom déposé.* Aquacalm<sup>TM</sup> (au Canada).

## Mérifonate

Voir trichlorfon.

## Métronidazole

Emploi thérapeutique interdit pour les poissons de consommation mais restant possible pour les poissons élevés à d'autres fins.

*Indications.* En eau douce ou marine : infections tégumentaires et branchiales par les protistes parasites (flagellés, ciliés) et infections digestives par les flagellés (par exemples genre *Hexamita*, genre *Cryptobia*).

*Posologie.* Protistes tégumentaires et branchiaux : balnéation en continu à 25 mg/L dans

l'habitat des poissons, à renouveler 2 fois à 2 j d'intervalle ; parasites du tube digestif : voie orale, 100 mg/kg poids vif/j, 3 j de suite, dans l'aliment.

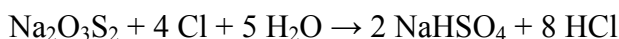
*Nom déposés.* Flagyl<sup>®</sup>.

## **Ms-222**

Voir tricaïne.

### **Neutralisation des halogènes (chlore et iode) par le thiosulfate de sodium**

Le chlore et l'iode sont de bons germicides et un large usage en est fait. Ils sont néanmoins très toxiques pour les poissons et, en prévision des accidents aigus que pourrait causer une erreur de manipulation ou simplement afin de les rejeter sans danger dans l'eau, il est conseillé de les neutraliser par le thiosulfate de sodium. Les réactions chimiques sont les suivantes :



Donc, 5 molécules de thiosulfate en neutralisent 4 de chlore et les proportions moléculaires sont les mêmes pour l'iode.

En d'autres termes, 790 g de thiosulfate se combinent soit à 280 g de chlore, soit à 1008 g d'iode. Pour effectuer la neutralisation, il faudra ajouter le thiosulfate au volume d'eau à traiter à raison de 2,85 fois le poids de chlore ou 0,78 fois le poids d'iode en solution.

En pratique, on peut utiliser une solution à 1 % de thiosulfate et ses volumes neutralisants seront les suivants (en mL) :

- pour le chlore :  $28,5 \times [\text{volume de la solution à traiter en L} \times \text{concentration de chlore en mg/L} \times 0,01]$ ,
- pour l'iode, il faut multiplier par 7,8 au lieu de 28,5. Si l'on décuple la concentration de la solution mère de thiosulfate, il faut diviser par 10 les formules précédentes.

## **Niclosamide**

N° CAS 50-65-7.

Emploi thérapeutique non autorisé pour les poissons producteurs de denrées.

*Propriétés.* Masse moléculaire : 327 g/mol ; cristaux gris jaunâtre peu hydrosolubles (8 mg/L) ; propriétés biologiques : déconnection de la chaîne de la phosphorylation oxydative chez les cestodes, d'où son action cestodicide.

*Indications.* Infections digestives par les eucestodes.

*Posologie, administration.* Voie orale : carpe et vairon *Notemigonus crysoleucas*, 50 à 100 mg/kg pendant 1 à 3 j contre *Bothriocephalus acheilognathi* ; truite arc-en-ciel, 30 mg/kg contre *Proteocephalus exiguus* en 9 distributions effectuées sur 2 semaines (Hoffman, 1999). Résorption après distribution orale : environ 30 %.

*Mise en garde, précautions.* Traiter en eau courante du fait d'un risque de toxicité du produit non absorbé excrété, qui s'accumule en milieu non renouvelé.

*Noms déposés.* Divermine<sup>®</sup>, Mansonil<sup>®</sup>, Fénasal<sup>®</sup>, Tredémine<sup>®</sup>, Yomésane<sup>®</sup>.

*Commentaires.* Du fait de sa toxicité potentielle, ce produit est peu avantageux par

rapport au Praziquantel<sup>®</sup>.

### **Niclosamide ethanolamide (sel de)**

N° CAS 1420-04-8.

Forme de la niclosamide employée comme molluscicide. Emploi interdit ou strictement encadré par les autorités en charge de l'environnement selon les pays.

*Propriétés.* Masse moléculaire 388,2 g/mol ; cristaux jaunes modérément hydrosolubles (jusqu'à 280 mg/L à 20 °C) ; même activité biologique que la niclosamide, s'étendant aux mollusques.

*Indications.* Prévention des digénoses par destruction des mollusques gastéropodes.

*Posologie, administration.* Emploi en balnéation permanente à la concentration finale de 0,5 g/L, l'apport étant assuré par des rampes d'arrosage ou d'injection sous la surface, ou par des granulés dosés à 5 % de niclosamide (120 kg/ha) répartis quotidiennement par tiers de la surface à traiter.

*Précautions.* Emploi exigeant l'autorisation des autorités en charge de l'environnement et s'effectuant sous leur contrôle. Opérateur : port d'équipement de protection de la peau, des yeux et des voies respiratoires conforme à la législation du travail.

*Nom déposé.* Bayluscid<sup>®</sup> (Bayer).

*Commentaires.* Type d'intervention tendant vers l'interdiction pour raisons sanitaires piscicoles.

### **Nifurantoïne**

Voir nitrofuranes.

### **Nifurpirinol.**

Voir nitrofuranes.

### **Nifurprazine**

Voir nitrofuranes.

### **Nitrofuranes**

Ann-Tabl 2

Composés antimicrobiens de synthèse d'emploi interdit pour le traitement des espèces productrices de denrées. Les nitrofuranes possèdent un groupement NO<sub>2</sub> lié à un noyau furane qui leur confère des propriétés antibactériennes et anticoccidiennes. Leur action repose sur l'inhibition enzymatique de certaines étapes du cycle de Krebs entraînant une déficience en acétyl-coenzyme A.

*Propriétés.* Poudres cristallines jaunes dont la solubilité dans l'eau est médiocre, sinon nulle. Seules la nitrofurantoïne et la furaltadone sont relativement hydrosolubles (tableau 6), les autres pouvant même être difficiles à dissoudre dans les solvants organiques (acétone, éthanol). Ce sont des molécules stables, qui garantissent une bonne tenue en eau de mer mais qui peuvent subir une photodégradation rapide en milieu fortement éclairé.

**Tableau 6.** Les nitrofuranes.

Produit	No CAS	Nom déposé	Aspect de la poudre	Masse moléculaire (g)	Hydrosolubilité
Furazolidone	67-45-8	Furoxone®	crystallin jaune pâle	225,16	40 mg/L (éthanol 4 g/L)
Nifurprazine chlorhydrate	1614-20-6 50832-74-1	Carofur®	jaune blanchâtre	232,2 268,66	selon présentations commerciales
Nitrofurantoïne	67-20-9	Furadantine®	crystallin jaune	238,16	0,1 g/L (DMF 50 g/L)
Furaltadone	139-91-3		crystallin jaune	324,29	0,75 g/L (éthanol 50 g/L)
Nitrofurazone	59-87-0	Nitrofurax® furacyn®	crystallin jaune	198,14	très faible → PMF, PEG
Nifurpirinol	13411-16-0	Aquafuran® Furanal® (ex-Furanace)	crystallin jaunâtre	246,2	selon la présentation commerciale

*Indications.* Antimicrobiens à large spectre intéressant les bactéries à Gram négatif et les coques positifs. Sont également actifs sur certains types de protistes parasites.

*Pharmacocinétique.* Presque tous sont employés exclusivement per os. Leur absorption intestinale n'est pas négligeable (c'est pour la furaltadone et la nitrofurantoïne qu'elle est la plus intéressante) mais leur faible liposolubilité ne les prédispose pas à traverser aisément les barrières membranaires et leurs concentrations tissulaires, toujours limitées, ne leur permettent qu'un effet bactériostatique. L'élimination en est rapide et principalement rénale.

*Posologie et administration.* Voie orale : traitement à 50 à 80 mg/kg/j, souvent prolongé pendant 15 jours. Balnéation : doses conseillées variables selon les produits et les espèces. La furaltadone peut être employée directement dans l'eau à raison de 20 mg/L pendant 6 jours mais le dosage est souvent plus modéré pour les autres produits, par exemple 2 mg/L pendant 5 à 10 j pour la nitrofurazone. Il faut évidemment mettre hors circuit les dispositifs de désinfection et assurer la protection des filtres biologiques. Le nifurpirinol se dose encore plus parcimonieusement : 0,1-0,2 mg/L. Son emploi oral n'est guère convaincant, les poissons refusant souvent l'aliment médicamenteux.

*Mise en garde et précautions.* Les effets toxiques des furanes, connus depuis longtemps, les ont souvent fait réserver à des préparations topiques et sont à l'origine de leur interdiction pour le traitement général des espèces productrices de denrées dans l'Union européenne. On a beaucoup insisté sur les cas de toxicité sanguine (anémie hémolytique) et nerveuse (polynévrites chez l'homme, encéphalopathies chez certaines espèces animales). Des effets carcinogènes et mutagènes sont également à craindre, les composés nitroaromatiques et certains de leurs métabolites intermédiaires, comme les hydroxylamines, pouvant être libérés dans les tissus traités, former des radicaux libres et présenter une forte affinité pour les acides nucléiques. À ceci s'ajoutent les inévitables risques d'irritation et de sensibilisation auxquels s'expose l'utilisateur qui négligerait les mesures de précaution usuelles. Le nifurpirinol, par exemple, est considéré comme irritant pour les yeux et le port de lunettes est conseillé pour sa manipulation.

### **Nitrofurazone**

Voir nitrofuranes.

### **Oignon (broyat total)**

Considérée comme un traitement possible des infections tégumentaires par les crustacés et spécialement les caligidés chez les salmonidés, l'utilisation des extraits d'oignon reste anecdotique et peu documentée.

### **Organophosphorés**

Pesticides caractérisés par leur action inhibitrice sur la cholinestérase, actifs sur tous les organismes mais très utilisés contre les ectoparasites.

Voir : azamethiphos, dichlofenthion, dichlorvos, fenthion, malathion, trichlorfon (métrifonate).

### **Oxyde de calcium (chaux vive)**

N° CAS 1305-78-87. Ann-Tabl 1.

Biocide. CaO. Considéré, aux États-Unis, comme un produit de traitement ne nécessitant pas de réglementation prioritaire.

*Propriétés* : masse moléculaire : 56 g/mol ; poudre blanchâtre très hydrophile, alcaline et très corrosive.

*Indication et posologie*. Infections tégumentaires des espèces d'ornement de petite taille par les protistes. Traitement en bains hétérotopiques « éclairs » (5 s) dans une solution de 2 g/L.

*Précautions*. Bioessai recommandé. Utilisateur : propriétés corrosives dangereuses pour la peau, les yeux et les voies respiratoires, imposant le port d'équipement de protection conforme à la législation du travail.

### **Oxytétracycline**

Voir tétracyclines.

### **Oxyde d'étain butylique**

N° CAS 77-58-7.

Anthelminthique d'emploi thérapeutique non autorisé pour les poissons producteurs de denrées.

*Propriétés*. Masse moléculaire : 631,56 g/mol ; cristaux peu hydrosolubles (0,1 g/L).

*Indications*. Traitement des infections intestinales par les eucestodes et éventuellement par les digènes et les acanthocéphales.

*Posologie et administration*. Voie orale : 250 mg/kg de poids vif avec un aliment supplémenté à 2,5 % et distribué à raison de 1 % du PV/j, en une seule fois ou réparti par fractions dans la ration journalière. Possibilité de réduire le pourcentage d'incorporation à l'aliment en allongeant la durée du traitement : par exemple 0,8 % distribué 3 j consécutifs.

*Mise en garde*. Substance irritante pour l'utilisateur à la manipulation.

*Précautions*. Bioessai recommandé pour prévenir les refus du traitement dus au goût et déterminer le pourcentage convenable d'incorporation à l'aliment. Port de gants pour la préparation et la distribution de l'aliment supplémenté.

## Ozone

No CAS 10028-15-6.

Agent oxydant puissant, employé comme biocide et désinfectant.

*Propriétés.* Masse moléculaire : 48 g/mol ; c'est la forme triatomique de l'oxygène, gaz d'odeur caractéristique, incolore ou bleuté selon les conditions d'observation, notamment dans l'eau, où il est très instable et où sa solubilité varie en fonction de la température et de la pression.

*Indications.* Actif sur tous les micro-organismes (viraux, bactériens, fongiques et micro-parasitaires), très employé pour la désinfection et la stérilisation en industrie agro-alimentaire et, surtout, dans le traitement des eaux, l'ozone se distingue par son absence de sélectivité et la rapidité de ses effets. C'est aussi un des rares agents germicides à pouvoir inactiver les formes sporulées de certains micro-organismes. Dans les élevages de poissons en eau recyclée l'intérêt biocide se renforce de ses propriétés oxydantes, qui évitent l'accumulation des composés organiques dissous et des nitrites.

*Dosage.* Des temps d'exposition de 1 à 10 min sont généralement suffisants pour inactiver à plus de 99 % la plupart des micro-organismes, à des doses moyennes de 0,1 à 0,2 mg/L, bien que variables en fonction de la qualité de l'eau. On emploie des générateurs qui produisent en continu des décharges électriques dans un courant gazeux contenant l'oxygène et assurent la diffusion sous pression dans l'eau de l'ozone ainsi produit.

*Mise en garde.* La toxicité de l'ozone est très élevée pour les poissons, chez lesquels elle se traduit par des mortalités aiguës. Chez l'homme, l'exposition se traduit par une irritation respiratoire et lacrymale, qui en cas de chronicité ou d'exposition massive peut aboutir à des troubles respiratoires plus ou moins sévères, allant jusqu'à des signes de dyspnée ou d'asthme.

*Précautions.* Protection usuelle des utilisateurs, notamment pour les yeux. Traitement par les UV de l'eau désinfectée avant tout contact avec les poissons.

## Pénicillines A (aminopénicillines)

**Ampicilline (Totapen<sup>®</sup>)** No CAS 98520-55-9, **amoxicilline (Clamoxyl<sup>®</sup>)** No CAS 26787-78-0.

Elles sont les deux principales molécules de la famille des pénicillines employées en médecine vétérinaire aquacole.

*Propriétés.* Ampicilline : poudre cristalline. Masse moléculaire = 349,4 g/mol ; soluble dans l'eau. Amoxicilline : *idem*. Masse moléculaire = 365,4 g/mol ; soluble dans l'eau. Ce sont des  $\beta$ -lactamines semi-synthétiques, conservant le noyau  $\beta$ -lactame responsable de l'effet inhibiteur de la synthèse du peptidoglycane chez les bactéries en croissance mais sensibles, en revanche, aux  $\beta$ -lactamases. Des modifications de structure élargissent leur spectre d'activité et augmentent leur résistance aux pH gastriques.

*Indications.* Infections bactériennes : spectre d'activité concernant les bactéries à Gram positif, des espèces à Gram négatif incluant surtout des aérobies stricts (Pseudomonadacées exclues) et quelques aéro-anaérobies facultatifs (dont *Aeromonas salmonicida* et *Photobacterium damsela* subsp. *damsela*).

*Pharmacocinétique.* Les caractéristiques pharmacocinétiques doivent être prises en compte pour une efficacité maximale. L'absorption digestive est limitée mais significative. La métabolisation est rapide, avec chez les espèces homéothermes une

demi-vie de l'ordre d'une heure, l'élimination étant essentiellement assurée par voies rénale et biliaire. Leur distribution est assez large mais ces antibiotiques ne pénètrent pas dans le cytoplasme cellulaire. Capables de franchir la membrane externe de certaines bactéries à Gram négatif en empruntant la voie des porines, ils s'accumulent dans l'espace périplasmique où s'accomplissent d'importantes étapes de la synthèse du peptidoglycane. Leur effet est de type bactéricide et temps-dépendant, ce qui autorise une certaine souplesse dans les intervalles d'administration.

La biodisponibilité est la plus marquée pour l'amoxicilline, qui de manière générale offre des performances PK/PD plus favorables que l'ampicilline.

*Posologies et administration.* L'administration peut recourir à un aliment médicamenteux ou à l'injection selon la taille et la valeur des animaux. Traitements maintenus 6 à 10 jours, à doses très variables selon les espèces : en général entre 15 et 80 mg/kg PV/j en médication orale ; 10 à 20 mg/kg/j en injection. Il ne semble pas que l'emploi en milieu marin impose des modifications particulières.

*Mise en garde et précautions.* Possibilité d'allergie, comme pour toutes les pénicillines, impliquant des précautions pour l'utilisateur.

*Temps d'attente.* LMR = 50 µg/kg. Le délai d'attente après traitement par les pénicillines est normalement calculé en fonction de notices scientifiques accompagnant le produit. En l'absence d'AMM pour les poissons, la prescription par cascade l'imposera toujours  $\geq 500$  degrés-jours.

## **Pénicillines M**

**Oxacilline** No CAS 66-79-5, **dicloxacilline** No CAS 343-55-5.

Molécules antibiotiques proches des pénicillines G que l'on a rendues résistantes à la pénicillinase des streptocoques, elles ont obtenu des AMM en Europe.

*Propriétés.* Poudres cristallines insolubles dans l'eau, solubles en solvants organiques. Oxacilline : masse moléculaire = 403,5 g/mol. Dicloxacilline : masse moléculaire = 470,3 g/mol.

*Indications.* Infections bactériennes. Spectre d'activité étroit, limité aux bactéries à Gram positif. Chez l'homme, on les réserve au traitement des staphylococcies.

*Pharmacocinétique.* Leurs propriétés PK-PD sont assez semblables à celles des aminopénicillines mais leur administration ne peut être assurée que par voie parentérale, le cycle  $\beta$ -lactame étant sensible à l'acidité de l'estomac.

*Posologies et administration.* 40 à 100 mg/kg PV en injection, selon les sources de données. À ce jour, il n'existe guère pour les poissons de renseignements fondés sur des travaux spécifiques mais, en considérant la voie d'administration et l'expérience acquise avec les aminopénicillines, une base de 40-50 mg/kg semble logique. Les modulations éventuelles tiendront à l'espèce de poisson à traiter.

*Mise en garde et précautions.* Gants et protection vestimentaire requis pour protéger le manipulateur du risque d'allergie aux pénicillines.

*Temps d'attente.* LMR = 300 µg/kg. Délai d'attente après traitement  $\geq 500$  degrés-jours.

## **Papaïne**

N° CAS 9001-73-4.

Enzyme protéolytique extraite du latex des feuilles et des fruits de *Carica papaya* ;

adjuvant d'éclosion.

*Propriétés.* Masse moléculaire : environ 23 400 g/mol ; poudre blanche ou grisâtre, très hygroscopique et partiellement hydrosoluble mais insoluble dans la plupart des solvants organiques.

*Indications.* Amélioration de l'éclosion des œufs chez certaines espèces de poissons, par digestion de la masse gélatineuse constituée par les pontes.

*Posologie.* Traitement des œufs par une solution aqueuse à 2 g/L.

*Mise en garde.* Activité dépendante de la qualité du produit, la qualité ordinaire permettant la digestion de 35 fois son poids de viande maigre.

### **Permanganate de potassium**

N° CAS 7722-64-7.

Biocide oxydant puissant d'emploi non autorisé pour le traitement des poissons producteurs de denrées dans l'Union européenne, la Norvège, le Canada, les États-Unis et le Chili.

*Propriétés.* Masse moléculaire : 158 g/mol ; cristaux violets, en aiguilles ; hydrosoluble (6,38 g/100 mL à 20 °C).

*Indications.* En eau douce et marine : infections branchiales et tégumentaires par les microparasites externes et les bactéries ; inactif vis-à-vis d'*Ichthyophthirius multifiliis*.

*Posologie et administration.* Balnéation hétérotopique ou homotopique. Doses différentes selon le mode d'administration, le point d'application du traitement et la qualité de l'eau.

- Bactérioses tégumentaires et branchiales : balnéation « éclair » de 10 à 40 s dans une solution à 1 g/L ; balnéation de 30 min à 1 h dans une solution à 5 mg/L.

- Traitement de l'ergasilose chez la carpe : balnéation de 90 min suivie par l'addition de 25 mg/L supplémentaires, maintenus pendant 1 h avant vidange, puis d'une remise en eau non contaminée à 25 mg/L.

- Balnéation homotopique permanente des pièces d'eau closes (étangs, bassins) ou à faible renouvellement ( $\leq 1$  fois/j) : appliquer 2 mg/L en sus de la valeur mesurée de l'oxydabilité à froid au permanganate (par exemple pour une oxydabilité déterminée de 2,5 mg/L, traiter par 4,5 mg/L de permanganate).

- Technique traditionnelle : distribuer uniformément le produit sur la surface d'eau à traiter à raison de 2 mg/L, de manière à ce que l'eau prenne une couleur vineuse ; si cette couleur n'apparaît pas ou ne persiste pas au moins 8 h, appliquer le permanganate par paliers de 2 mg/L jusqu'à obtention du résultat désiré et laisser en place. L'indice thérapeutique dépend de la sensibilité des espèces traitées, donc peut être faible avec certaines.

*Mise en garde.* Incompatibilités : avec le formol, car toxicité élevée ; avec les matières organiques inhibant l'activité du permanganate par leur action réductrice. Effets secondaires : possibles mortalités massives d'algues entraînant la déplétion d'oxygène. Inconvénients : tache la peau et le matériel.

*Précautions.* Bioessais dans les conditions locales de milieu. Présence de moyens d'aération de l'eau pour compenser une éventuelle déplétion d'oxygène. Port d'équipement de protection de la peau, des yeux et des voies respiratoires.

*Commentaires.* Peu coûteux, mais à utiliser avec circonspection.



## Peroxyde d'hydrogène

N° CAS7722-84-1. Ann-Tabl 1.

Biocide.

*Propriétés.* Masse moléculaire : 34 g/mol ; liquide bleu pâle, légèrement visqueux, caustique, incolore en solution et totalement hydrosoluble ; activité biologique : acide faible ( $pK_a = 11,65$ ) doté d'un fort pouvoir oxydant ; activité pharmacologique : biocide du groupe des espèces chimiques réactives de l'oxygène.

*Indications.* Produit biocide permettant de contrôler les infections des œufs par les oomycètes et les bactéries, ainsi que les infections tégumentaires et branchiales des poissons par les bactéries, oomycètes, protistes et crustacés. C'est un des substituts du vert malachite pour combattre les oomycètes, mais inactif contre l'ichthyophthiriose (Tieman et Goodwin, 2001). Initialement limité aux salmonidés, son emploi, comme celui des produits peroxydés en général, gagne actuellement en importance tant comme moyen d'atteindre les formes exposées d'ectoparasites que comme désinfectant de l'eau.

*Posologie, administration.* Administration en balnéation statique ou en flux continu d'une durée de 15 à 30 min, à des concentrations variables selon le matériel biologique à traiter, le flux continu étant préférable pour les grands effectifs.

Œufs. Salmonidés : 500  $\mu\text{L/L}$  d'eau, dès le lendemain de la fécondation (elle-même suivie d'un traitement par iodophore) et renouvelés quotidiennement jusqu'à l'éclosion en modulant en fonction de la surveillance clinique ; autres espèces : 500 à 1000  $\mu\text{L/L}$  d'eau, 1 fois par j jusqu'à l'éclosion, aux températures d'incubation propres à chaque espèce (Gailowski *et al.*, 2003).

Alevins et fingerlings de diverses espèces dulçaquicoles froides, tempérées et chaudes : 100  $\mu\text{L/L}$ , sauf pour les alevins de meunier noir, de vairon *Pimephales promelas*, de perche canadienne : 50  $\mu\text{L/L}$  (Gaikowski *et al.*; 1999). Flavobactérioses des fingerlings de walleye : 50  $\mu\text{L/L}$  ; de channel catfish : 70 à 100  $\mu\text{L/L}$  en 3 traitements à 2 j d'intervalle (Rach *et al.*, 2003).

Amyloodiniose des juvéniles de *Polydactylus sexfilis* en mer : balnéation à 75 mg/L en eau de mer pendant 30 min, suivie d'une vidange ; renouvellement possible après 6 j (Montgomery-Brock *et al.*, 2001).

Pré-adultes de saumon atlantique : 1,5 g/L, pendant 20 min contre les caligidés.

Mise en œuvre du traitement : 1/ le peroxyde d'hydrogène commercialisé étant présenté sous forme de solutions concentrées renfermant 35 %, 50 % ou 70 % de  $\text{H}_2\text{O}_2$ , il faudra respectivement multiplier les concentrations thérapeutiques choisies, exprimées en  $\text{H}_2\text{O}_2$  pure, par les facteurs 2,85 (100/35), 2 (100/50) et 1,43 (100/70) ; 2/ une surveillance clinique de l'activité du traitement permet de réduire sa périodicité.

*Mise en garde.* Sensibilité très variable selon l'espèce traitée (administration contre-indiquée aux juvéniles de brochet et de spatule *Polyodon spatula*) et la température (par exemple, pour le saumon infecté par caligidés, l'indice thérapeutique est de 3 à 6 °C et de 1,5 à 18 °C).

*Précautions.* Le stockage et la manipulation des solutions à 50 et 70 % sont potentiellement plus dangereux que ceux de la solution à 35 %, aussi est-ce cette dernière qui est autorisée aux États-Unis. Bioessais recommandés ; port d'équipement de protection de la peau, des yeux et des voies respiratoires conforme à la législation du travail.

*Temps d'attente.* 1 j au plus et le plus souvent aucun.

*Commentaires.* Ne libérant aucun résidu dans l'environnement et d'un coût jugé acceptable, sauf pour le traitement de la caligose, le peroxyde d'hydrogène est très employé en Amérique du Nord pour la prévention des infections par oomycètes et bactéries. La maîtrise de son emploi reste délicate. La molécule est un constituant de l'Incimaxx Aquatic<sup>®</sup>, qui gagne actuellement en importance.

*Nom déposé.* 35 % Perox-Aid<sup>®</sup> (Western Chemicals, Inc., États-Unis).

### **Persulfate (monopersulfate) de potassium**

N° CAS 10058-23-8.

Substance biocide peroxydogène.

*Propriétés.* Est utilisé en association avec l'acide sulfamidique N° CAS 5339-14-6 et l'acide malique N° CAS 6915-15-7, formant un ensemble de molécules peroxydogènes à fort pouvoir biocide commercialisé sous le nom de Virkon<sup>®</sup>.

*Indications.* Désinfection à large spectre des surfaces, habitats, installations (tuyauteries, pompes) matériels de manipulation, de transport, pédiluves et rotoluves. A été utilisé expérimentalement avec succès contre le cilié *Trichodina jadranica* dans des circuits recyclés d'anguilliculture intensive (Madsen *et al.*, 2000).

*Posologie et administration.* Désinfection : présentation en poudre à utiliser en solutions à 1 % dans l'eau par trempage, épandage (250 mL /m<sup>2</sup>) ou pulvérisation pendant 30 à 60 min (voir les modes d'emploi des préparations commercialisées). Trichodinose : traitement du milieu, filtre hors circuit, par le Virkon<sup>®</sup> à 40 mg/L en deux temps (25 mg pendant 1 h et ajout du complément les 2 h suivantes) (Madsen *et al.*, 2000).

*Mise en garde.* Produit irritant voire corrosif pour la peau.

*Précautions.* Port d'équipement de protection de la peau, des yeux et des voies respiratoires et autres précautions conformes à la législation du travail ; ventilation des locaux.

*Commentaires.* Produit désinfectant recommandé par l'Organisation mondiale de la santé animale, ce qui lui vaut une utilisation internationale.

*Nom déposé.* Virkon<sup>®</sup> de divers fabricants.

### **Phénicolés**

**Chloramphénicol** N° CAS 56-75-7 (interdit, Ann-Tabl 2) ; **florfénicol**, N° CAS 73231-34-2. Ann-Tabl 1

**Tableau 7.** Phénicolés.

<b>Produit</b>	<b>Nom déposé</b>	<b>Aspect de la poudre</b>	<b>Masse moléculaire (g)</b>	<b>Solubilité</b>
Chloramphénicol	Chlormycétine <sup>®</sup> Tifomycine <sup>®</sup>	Poudre cristalline blanc-jaunâtre amère	323,1	2,5 g/L > alcool, lipides
Florfénicol	Nuflor <sup>®</sup> , Aquaflor <sup>®</sup> Aquafen <sup>®</sup> , Florocol <sup>®</sup>	Poudre cristalline blanche	358,2	1,3 g/L > DMSO

*Propriétés* (tableau 7). La solubilité dans l'eau de ces produits est médiocre ou nulle mais leur liposolubilité élevée permet un passage aisé dans les tissus et les cellules, où leurs concentrations s'élèvent rapidement. De plus, ils portent des fonctions alcooliques qui permettent d'obtenir aisément des sels liposolubles ou hydrosolubles. Alors que le chloramphénicol était réputé pour sa stabilité, le florfénicol, par contre, doit être conservé à 4 °C.

*Indications.* Le très large spectre d'activité des phénicolés explique leur application précoce en médecine vétérinaire mais les résistances souvent multiples et transmissibles qui apparaissent fréquemment en présence de chloramphénicol, moins fréquemment semble-t-il pour le florfénicol, doivent inciter à la mesure. Ce devrait être des médicaments réservés à des cas spécifiques ou à des infections de traitement difficile (emploi de seconde intention).

*Pharmacocinétique.* L'absorption intestinale et la résorption tissulaire sont rapides et efficaces. La distribution s'effectue à la fois par le sang et la lymphe et les membranes cellulaires et la barrière hémato-méningée sont aisément franchies, ce qui permet d'atteindre des sites d'action généralement très protégés. Par contre, la demi-vie est brève et les administrations doivent être renouvelées. L'action des phénicolés est bactériostatique, par inhibition des synthèses protéiques au niveau de la grande sous-unité (50S) des ribosomes.

*Posologies et administration.* Le chloramphénicol a été largement employé en aquaculture, par voie orale, à des doses de 40 à 100 mg/kg ou directement dans l'eau à des doses 20 mg/mL, parfois même en injection.

Le florfénicol est plus volontiers vendu et utilisé sous forme de premix pour aliment. Le schéma posologique proposé par le fabricant est de 8-10 jours à 10 mg/kg PV/j, mais les données proviennent essentiellement de salmonidés et peuvent appeler des adaptations.

*Mise en garde et précautions.* Les cas humains d'aplasie médullaire d'issue fatale résultant de traitements soutenus au chloramphénicol et l'impossibilité de fixer clairement une relation dose/effet sont à l'origine de sa proscription dans toutes les espèces élevées à des fins alimentaires. Son emploi en première intention chez des animaux de compagnie n'est pas non plus encouragé dans la mesure où les médecins y voient un recours ultime dans des formes rebelles de salmonelloses. Le florfénicol, qui ne présente pas de toxicité particulière, est venu à point pour combler la lacune ainsi ouverte. Les règles de précaution habituelles à l'égard de possibles intolérances par contact ou inhalation restent bien entendu applicables.

*Temps d'attente.* Contrairement au chloramphénicol le florfénicol paraît ne persister qu'un temps limité, tant dans les poissons que dans l'environnement. Les temps d'attente proposés dans les pays où existent des AMM sont néanmoins très variables : de 5 jours (Japon) à 30 (Royaume-Uni) selon les espèces et températures, ils semblent bien s'établir autour des 150 degrés-jours retenus par les autorités britanniques.

## **2-Phénoxyéthanol**

N° CAS 122-99-6.

Anesthésique. Emploi non autorisé chez les poissons producteurs de denrées et, en France, détention interdite sur leurs sites d'élevage.

*Propriétés.* Masse moléculaire : 138,16 g/mol ; liquide huileux incolore à légère odeur de brûlé ; hydrosolubilité : 27,6 g/L à 20 °C.

*Indications.* En eau douce et marine : tranquillisation pendant le transport, manipulations (marquages, prélèvements), chirurgie, euthanasie.

*Posologie, administration.* Bain anesthésiant de concentration comprise entre 100 et 500 µL/L d'eau :

Salmonidés (entre 10 °C et 15 °C) : anesthésie en moins de 1 min avec 330 µL/L, sans dépasser une durée d'immersion de 3 min dans le 2-PE ; anesthésie plus lente à établir (5 à 10 min) avec 200 à 250 µL/L, mais permettant de maintenir les poissons jusqu'à 60 min dans la solution de 2-PE.

Carpe, tanche, perche, sandre, brochet : majorer les concentrations précédentes de 30 à 50 %, voire davantage pour l'anguille européenne, en contrôlant le comportement respiratoire des animaux.

Bar, sole : 500 µL/L (Bégout Anras *et al.*, 2003).

Pour préparer la solution anesthésiante, prémélanger la quantité de 2-PE nécessaire au 1/20 du volume final, dans de l'eau tiédie à 40 °C et bien agitée.

*Mise en garde.* Concentration toxique proche de la concentration anesthésiante. Irritant par contact avec la peau et les yeux ; allergisant ; des soupçons de perturbation de l'appareil reproducteur ont conduit à le déconseiller pour certaines applications chez l'homme (cosmétologie, lingettes pour nouveaux-nés).

*Précautions.* Bioessai. Protection de la peau et des yeux de l'utilisateur ; ventilation des locaux.

*Commentaires.* Le moins cher des anesthésiques, convenant bien aux interventions de biométrie et de marquage dans les études des peuplements piscicoles mais l'absence de LMR fixées tend à en décourager l'utilisation.

## **Praziquantel**

N° CAS 55268-74-1. Ann-Tabl 1.

Anthelminthique actif sur les vers plats.

*Propriétés.* Masse moléculaire : 312,4 g/mol ; poudre peu hydrosoluble (400 mg/L) ; résorption faible après administration orale ; demi-vie des métabolites : 4-5 h.

*Indications.* Infections par les monogènes, les digènes (adultes et métacercaires) et les cestodes.

*Posologie et administration.*

Voie orale : actif contre les helminthoses du tube digestif, à 100 mg/kg PV/j pendant 3 j dans la bothriocéphalose à *Bothriocephalus acheilognathi* ; contre les métacercaires de *Diplostomum spathaceum*, à 330 mg/kg PV/j pendant 7 j. (Bylund et Sumari, 1981).

Balnéation : de 1 à 10 mg/L (en général 2 mg) pendant au moins 2 h contre les monogènes, par exemple *Dactylogyrus* et *Diplozoon* (Schmahl et Mehlhorn, 1985) ; efficace à 1 mg/L pendant 96 h contre les métacercaires de *D. spathaceum* chez *Ctenopharyngodon idella* (Szekely et Molnar, 1991), pendant 24 h contre les métacercaires de *Clinostomum complanatum* (mais moins actif sur les cercaires en migration) et contre le cestode *B. acheilognathi* (Mitchell, 2004).

*Mise en garde.* Accidents possibles du fait de la mortalité de grandes quantités de larves libérant massivement des composés toxiques dans les poissons.

*Précautions.* Bioessais nécessaires au vu de la variété de plathelminthes ichthyoparasites et des espèces de poissons hôtes.

*Temps d'attente.* ≥ 500 degrés x jours.

*Commentaires.* Produit de fort indice thérapeutique, inoffensif pour le milieu et intéressant pour le traitement des infections par monogènes en eau close (aquariums, bassins d'ornement, cuves de transport) ; coût : environ 8 US\$/m<sup>3</sup> d'eau à 2 mg/L.

*Noms déposés.* Biltricide<sup>®</sup>, Cesol<sup>®</sup>, Droncit<sup>®</sup>, Embay<sup>®</sup>, Prazipond<sup>®</sup>.

### **Pyrantel (pamoate de)**

N° CAS 22204-24-6.

Anthelminthique nématocide.

*Propriétés.* Combinaison d'acide pamoïque et de pyrantel ; masse moléculaire : 574,68 g/mol ; activité biologique : dépolarisant neuromusculaire bloquant les helminthes en contraction leur faisant perdre ainsi leur attache sur la muqueuse digestive.

*Indications.* Infections intestinales par les nématodes adultes.

*Posologie et administration.* 200 mg/kg PV par voie orale ; traitement répétable 3 fois à 2 semaines d'intervalle ; la très faible absorption intestinale du pyrantel le rend inoffensif pour le poisson ; peut être associé au praziquantel pour le traitement des cestodoses.

*Noms déposés.* Nemosan<sup>®</sup> ; Exhelm<sup>®</sup>.

### **Quinaldine**

N° CAS 91-63-4.

2-méthylquinoline. Anesthésique d'emploi non autorisé chez les poissons producteurs de denrées dans l'Union européenne, la Norvège, les États-Unis, le Canada et le Chili.

*Propriétés.* Masse moléculaire : 143,2 g/mol ; liquide huileux jaune pâle, peu hydrosoluble (< 1g/L) ; soluble dans les solvants organiques.

*Pharmacocinétique.* Après administration, élimination rapide (24 h) par voie branchiale, sans métabolisation.

*Indications.* En eau douce et marine : capture sur récifs coralliens, manipulations (injections, marquages, prélèvements), euthanasie.

*Posologie, administration.* Pré-dissoudre dans l'éthanol 95 %, l'acétone ou le diméthylformamide (DMF) avant mélange à l'eau. Concentration active comprise entre 10 et 70 mg/L avec un temps d'induction de l'ordre de 2 min (voir sulfate de quinaldine).

*Précautions.* Bioessai ; port de gants et lunettes.

*Commentaires.* Risque d'incommodation des opérateurs par les solvants dans les locaux insuffisamment ventilés.

### **Quinaldine (sulfate de) ou quinate**

N° CAS 655-76-5.

Anesthésique d'emploi non autorisé pour les poissons producteurs de denrées.

*Propriétés.* Masse moléculaire : 241,3 g/mol ; poudre jaune pâle de bonne hydrosolubilité mais acidifiant les milieux de faible alcalinité, qui doivent alors être

tamponnés ; très liposoluble.

*Indications.* En eau douce et marine : manipulations (injections, marquages, prélèvements).

*Posologie, administration.* Bain anesthésiant à concentration comprise entre 15 et 70 mg/L (temps d'induction à partir de 2 min) : salmonidés, 15-40 mg/L ; bar rayé, 25-55 mg/L ; black-bass, 15-70 mg/L.

*Mise en garde* (commune aux 2 quinaldines). Les réflexes moteurs peuvent être conservés pendant l'anesthésie ; absence d'activité à pH < 6 ; toxique pour de nombreuses espèces en cas d'exposition prolongée ; peut engendrer des lésions irritatives branchiales et cornéennes. Chez l'homme, corrosif pour la peau.

*Précautions.* Tamponner les solutions avec du bicarbonate sodium (NaHCO<sub>3</sub>, 0,45 g/g de sulfate de quinaldine). Bioessai ; port de gants et lunettes.

*Commentaires.* Convient surtout au milieu marin (à fort pouvoir tampon) ; plutôt réservé aux interventions de courte durée ; emploi limité par la toxicité et par le prix, 50 fois plus élevé que pour la quinaldine.

## **Quinine**

N° CAS 130-95-0.

Alcaloïde extrait de l'écorce de certains quinquinas d'Amérique du Sud (*Cinchona* spp., rubiacées). Emploi thérapeutique non autorisé pour les poissons producteurs de denrées.

*Propriétés.* Masse moléculaire : 324,42 g/mol ; poudre cristalline blanchâtre faiblement hydrosoluble.

*Indications.* A été employée en aquariophilie contre les infections par *Ichthyophthirius multifiliis* et d'autres protistes.

*Posologie, administration.* Voie orale : ration à 5 g/kg d'aliments distribuée à volonté 2 fois/j pendant 2 à 3 j : provoque des altérations létales des trophontes affectant *Xiphophorus helleri* et *Poecilia sphenops* (Schmahl *et al.*, 1996). Balnéation : active à 10 mg/L pendant 1 h répétée à 2 j d'intervalle ; effet préventif éprouvé chez la truite arc-en-ciel infectée par contact avec une population réservoir de *I. multifiliis* : 10 mg/L, 1 h, 2 applications à 4 j d'intervalle (Gay *et al.*, 2001).

## **Quinolones et fluoroquinolones.**

Antimicrobiens de synthèse ayant pour cible l'ADN, dont elles empêchent la réplication en se fixant irréversiblement sur l'ADN-gyrase et d'autres topo-isomérases. Structure organisée autour d'un noyau quinolone à 2 cycles, qui possède une fonction cétone et une fonction carboxylique et auquel peuvent être accolés d'autres cycles azotés.

*Propriétés.* Poudres blanches ou jaunâtres, parfois cristallines. Leur solubilité dans l'eau, faible ou nulle pour l'acide oxolinique, l'acide pipéradique et la fluméquine, qu'il fallait dissoudre dans les solvants organiques et à pH alcalin, a été très améliorée au fil des générations (tableau 8).

*Indications.* La première génération de quinolones était active sur nombre de bactéries à Gram négatif dont certaines d'importance médicale majeure. L'addition d'un atome de fluor sur le C6 du cycle quinolone, ainsi que de divers substituants en C7, ont permis d'améliorer la pénétration des produits dans l'organisme et d'élargir progressivement leurs spectres d'activité à des agents à Gram positif et/ou anaérobies.

Les phénomènes de résistance connus à l'égard des quinolones se sont longtemps

limités à de rares cas de mutations chromosomiques. Il existe pourtant des cas de résistances transmissibles. Aussi l'importance médicale des quinolones a-t-elle conduit à réserver à l'usage vétérinaire des molécules différentes de celles employées par les médecins et à les considérer, les fluoroquinolones de seconde génération en particulier, comme des antimicrobiens de « 2<sup>e</sup> ligne » que l'on doit employer sur les indications d'un antibiogramme préalable et réserver à des cas rebelles aux autres formes de traitements. En France, le décret n° 2016-317 du 16 mars 2016 relatif à la prescription de substances antibiotiques d'importance critique est venu conférer un caractère réglementaire à ces principes d'emploi. Les molécules nommément concernées sont l'enrofloxacin, la danofloxacin et la marbofloxacin. La ciprofloxacin, exclusivement réservée à des emplois ophtalmologiques chez les mammifères, ne peut plus être prescrite pour les poissons.

**Tableau 8.** Quinolones adaptées à l'usage aquacole.

Produit	No CAS	Nom déposé	Masse moléculaire(g)	Solubilité	Dose orale (mg/kg/j)
Acide oxolinique	14698-29-4	Inoxyl®	261,25	Eau	12-20
Fluméquine	42835-25-6	Flumix®	261.25	Eau, solvants organiques	12
<b>Fluoroquinolones de 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> générations</b>					
Enrofloxacin (chlorhydrate)	93106-60-6	Baytril®	359,4	3,4 g/L	5
Ciprofloxacin	85721-33-1	Ciflox®	331,34	30 g/L	5-10
Danofloxacin	112398-08-0		357,37	170 g/L	5-10
Marbofloxacin	115550-35-1	Marbocyl®	362,36	Faible (Chloroforme, DMF)	5-10
Sarafloxacin	98105-99-8	Sarafin®	385,36	100 mg/L (solvants organiques)	5-10

*Pharmacocinétique.* Les quinolones agissent par effet bactériostatique, complété par un effet post-antibiotique et, dans quelques cas, par un effet bactéricide. Leur absorption est élevée et leur biodisponibilité, malgré une forte tendance à se fixer sur les protéines plasmatiques, a été améliorée au fil des générations de molécules. La cinétique et l'élimination du produit actif sont rapides. À la diffusion passive au travers des membranes, qui assure son accumulation dans le cytoplasme, s'ajoute chez les bactéries à Gram négatif un mécanisme de transport actif assurant le passage de la membrane externe par la voie des porines.

*Posologies et administration.* Administration assurée sous forme d'aliments médicamenteux pendant 8-10 jours, à une dose classique de 12 mg/kg/j de produit actif bien que des variations aient pu être observées selon les pays.

Des possibilités d'injection ont été évoquées sur des poissons de valeur.

*Mise en garde et précautions.* Bien tolérées, les quinolones ont longtemps été réputées peu toxiques en dehors de possibles effets sensibilisants. Pourtant, des manifestations indésirables sont maintenant reconnues chez des patients humains traités de façon soutenue par les fluoroquinolones, notamment un effet de fragilisation des tissus tendineux. Chez les animaux, des troubles graves ont été observés dans des populations

sauvages de vautours qui se nourrissaient régulièrement de carcasses traitées par l'enrofloxacin avant abattage. Enfin, des effets toxiques ont été rapportés chez certaines espèces de poissons comme l'ayu. En pratique, les traitements doivent tenir compte de ces sensibilités d'espèces. Des précautions doivent en outre être prises par l'utilisateur pour éviter les contacts avec le produit en cours de manipulation.

*Temps d'attente.* Très variables. D'abord limités à des durées courtes pour l'acide oxolinique et la fluméquine, ils ont été révisés et sont même devenus très longs pour les fluoroquinolones, certains auteurs n'hésitant pas à considérer la durée maximale (500 degrés-jours) insuffisante.

### **Roténone**

N° CAS 83-79-4.

Produit piscicide. Substance isoflavonoïde présente dans la résine extraite de broyats de racines de légumineuses des genres *Derris*, *Lonchocarpus* et *Tephrosia*, originaires d'Afrique orientale, d'Amérique du Sud et d'Asie du Sud-Est. Emploi strictement encadré. Consulter la revue de Hinson, 2000.

*Propriétés* (roténone purifiée à partir de la résine). Masse moléculaire : 394,45 g/mol ; cristaux incolores et sans odeur, non hydrosolubles ; sensible à la lumière et à l'élévation thermique.

*Activité biologique.* Blocage de l'enzyme mitochondriale NADH : ubiquinone oxydoréductase (encore appelée complexe 1) qui interrompt le fonctionnement de la chaîne respiratoire et la respiration cellulaire, d'où l'effet létal pour l'organisme atteint (Fajt et Grizzle, 1998). La restriction de l'effet létal aux poissons et aux invertébrés aquatiques tient à la faculté de la roténone de pénétrer dans l'épithélium branchial des premiers comme dans celui des trachées respiratoires et de l'intestin moyen des seconds. Leurs membranes cellulaires, riches en lipides, créent un gradient attirant la roténone insoluble dans l'eau.

*Produit utilisé en pratique.* Le broyat de la résine, mis en émulsion dans des solvants organiques, contient 5,4 % de produit pur. La présentation en poudre, trop peu pratique, tend à disparaître.

*Indications.* En milieu dulçaquicole, élimination de poissons indésirables d'un plan d'eau avant rempoissonnement.

*Posologie et administration.* Pour obtenir une concentration finale de la substance active comprise entre 0,5 et 5 mg/L dans les eaux à traiter, compter entre 10 et 200 mg/L du produit liquide commercialisé (à 5 %). Mélanger la roténone liquide à 5 parties d'eau avant de la répartir le plus uniformément possible sur le plan d'eau (utilisation de rampes d'arrosage ou épandage par avion) ; si l'eau est stratifiée, injecter dans les couches profondes.

*Mise en garde.* Traitement dépassant le cadre de la prescription vétérinaire, soumis à autorisations et au contrôle des autorités en charge de l'environnement.

*Précautions.* Conserver le produit à basse température et à l'abri de la lumière ; stabiliser les solutions de roténone en y ajoutant 2 % de formol. Opérateur : port d'équipement de protection de la peau, des yeux et des voies respiratoires. Attendre 1 à 4 semaines avant un rempoissonnement et, pour plus de sécurité, effectuer un bioessai préalable. Soins aux poissons intoxiqués : addition de permanganate de potassium ou de chlore à l'eau contenant la roténone ; transfert des animaux en eau normale renouvelée.



*Nom déposé.* TMC Legumine<sup>®</sup>.

### **Sarafloxacin**

Voir quinolones.

### **Sodium (bicarbonate)**

Voir dioxyde de carbone.

### **Spiramycine**

Voir macrolides.

### **Sulfadiazine**

Voir sulfamides associés.

### **Sulfadimérazine, sulfamérazine**

Voir sulfamides.

### **Sulfadiméthoxine**

Voir sulfamides associés.

### **Sulfaméthoxazole**

Voir sulfamides associés.

### **Sulfamides antibactériens**

Composés organiques de synthèse caractérisés par un groupement sulfonamide ( $\text{SO}_2\text{NH}_2$ ), dotés de propriétés bactériostatiques et actifs sur un large spectre d'organismes bactériens. Historiquement, ils ont été les premiers composés antimicrobiens connus et la sulfanilamide a été le premier à être employé dans le traitement de poissons en 1937 (Bullock *et al.*, 1974).

Leur action repose sur l'antagonisme envers l'acide paraminobenzoïque (PAB), précurseur indispensable des acides foliques. Elle peut elle-même être contrariée par des molécules de structure voisine ou par des mécanismes de résistance souvent transmissible. En revanche, elle peut être combinée en synergie avec celle des diaminopyrimidines (triméthoprime et ormétoprime).

*Propriétés.* Ce sont des poudres pulvérulentes ou cristallines blanches à jaunâtre. Leurs propriétés chimiques dépendent de leur solubilité dans l'eau et les lipides. La première est assez variable, généralement très faible. La liposolubilité des sulfamides, ainsi que leur fixation aux protéines plasmatique et leur absorption digestive, conditionnent leurs modalités d'emploi. La stabilité est assez satisfaisante si l'on prend garde de les stocker au frais et à l'obscurité, certains étant sensibles à la lumière.

*Indications.* Les bactéries à Gram positif ainsi que de nombreux bacilles à Gram négatif sont classiquement sensibles. Beaucoup de ces produits présentent en outre des propriétés anticoccidiennes qui ont encouragé leur emploi en parasitologie.

*Pharmacocinétique.* La plupart des sulfamides sont plus ou moins bien absorbés par la muqueuse intestinale. Certains ne le sont pratiquement pas, permettant ainsi le traitement efficace des infections digestives. La fixation aux protéines plasmatiques peut être importante mais toujours réversible, ce qui représente un avantage quand on souhaite prolonger leur action dans le temps (sulfamides retard). Tous diffusent

**Tableau 9** Sulfamides employés en aquaculture.

Produit	CAS	Noms déposés	Catégorie	Masse mol. (g)	Hydrosolubilité	Effet anticoccidien	Emploi chez les poissons
Sulfathiazole	72-14-0	Thiazomide <sup>®</sup>	Classique	255,32	< 1 g/L → acide, base		Aquariophilie
Sulfamérazine	127-79-7	Suméidine <sup>®</sup>	Semi-retard	264,3	350 mg/L → DMSO	+	
Sulfadimérazine (= sulfadimidine, sulfaméthazine)	57-68-1	Sulfamézathine <sup>®</sup> Vertolan <sup>®</sup>	Semi-retard	278,33	1,5 g/L → DMSO	+	Essais seuls ou en association
Sulfamonométoxine	1220-83-3			280,3	4 g/L		Essais sur nocardiose
Utilisés en associations							
Sulfadiazine (sulfapyrimidine)	68-35-9	Adiazine <sup>®</sup> Débénal <sup>®</sup>	Classique	250,3	Très faible → DMSO	+	Association au triméthoprime
sulfaméthoxazol	723-46-6		Semi-retard	253,28	Insoluble → HCl, NaOH		Association au triméthoprime
Sulfadiméthoxine (sulfamide-retard)	122-11-2		Retard	310,33	très faible → ammoniacque (50 mg/mL)	+	Association à l'ormétoprime

largement, leur localisation restant exclusivement extracellulaire, et s'éliminent principalement par voie rénale.

*Posologies et administration.* L'usage le plus répandu des sulfamides passe par l'administration orale. Toutefois les propriétés amphotères de certains permettent aussi de concevoir des solutés injectables. Les posologies sont toujours élevées et prolongées : 200 mg/kg/j pendant 3-4 semaines. À l'heure actuelle, les sulfamides sont la plupart du temps employés en association avec les diaminopyrimidines.

*Mise en garde et précautions.* Il existe des effets négatifs chez l'homme et des formes de néphrotoxicité ont été signalées dans certaines espèces animales, notamment chez les oiseaux. Par contre les poissons paraissent rarement concernés dans les conditions normales d'emploi.

*Temps d'attente.* Les temps de demi-vie étant très variables selon les molécules, les prescriptions de la notice technique accompagnant le médicament devront être soigneusement respectées si l'on traite des animaux destinés au marché alimentaire. En France, en absence d'AMM, un temps d'attente  $\geq 500$  degrés-jours s'impose.

### Sulfamides associés

Tribrissen<sup>®</sup> (sulfaméthoxazole/triméthoprim), Romet 30<sup>®</sup> (sulfadiméthoxine/ormétoprime).

Les modes d'action des sulfamides et des diaminopyrimidines se complètent et potentialisent leurs effets, chacun des composés inhibant des cibles précises (dihydroptéroate-synthase et dihydrofolate-réductase) qui agissent successivement dans la voie métabolique conduisant à la synthèse des acides foliques et, *in fine*, à des bases nucléotidiques. Malgré un prix relativement élevé, le recours aux sulfamides associés s'est imposé comme une des formules les plus intéressantes dans le traitement des infections de poissons.

*Propriétés.* Deux produits sont avantageusement associés aux sulfamides : triméthoprim, No CAS 738-70-5, PM = 540,2 g et ormétoprime, No CAS 6981-18-6, PM 274,32 g.

Poudres blanches presque insolubles dans l'eau (1g/L pour le triméthoprim), solubles dans le DMSO, dont les propriétés sont très voisines.

Trois combinaisons ont été employées contre les infections des poissons (tableau 10).

**Tableau 10.** Sulfamides associés.

Association	CAS	Noms déposés	Hydrosolubilité	Effet anticoccidien
Sulfadiazine-triméthoprim	39474-58-3	Tibrissen <sup>®</sup> Cotrimazine <sup>®</sup>	non	+
Sulfaméthoxazole-triméthoprim		Cotrimoxazole <sup>®</sup>	non	+
Sulfadiméthoxine-ormétoprime		Romet 30 <sup>®</sup>	non	+

Le mélange actif est en général de 20 % de triméthoprim/ormétoprime pour 80 % de sulfamide mais l'association prévue pour l'administration orale est le plus souvent un prémix contenant une notable proportion d'excipients.

*Indications.* Les mêmes que pour les sulfamides. Les propriétés antiparasitaires contre

les protistes sont également intéressantes.

*Pharmacocinétique.* Formes assez bien absorbées, dont la distribution et l'élimination sont très rapides pour la composante diaminopyrimidine et surtout dictées par les propriétés de la composante sulfamide. De manière générale, ce ne sont pas des produits à longue persistance dans l'organisme.

*Posologie et administration.* Doses moyennes : 50 mg/kg/j, dans l'aliment, pendant 5 à 10 jours selon les milieux et la température. Certains auteurs ont signalé des problèmes d'appétence après les premières étapes d'administration et conseillent de diminuer les pourcentages de produit dans l'aliment, quitte à poursuivre le traitement un peu plus longtemps.

*Mise en garde et précautions.* Les résistances, fréquentes et souvent transmissibles impliquent le respect des règles d'usage raisonné (voir GSP, chapitre 8).

*Temps d'attente.* Ils sont à respecter selon la notice technique et en fonction des conditions locales de milieu. Des prescriptions existent pour les salmonidés aux États-Unis et au Canada, dont il ressort surtout des variations du simple au double : 40 à 90 jours. Les délais peuvent être bien moindres pour le channel catfish (5 jours). En France le Tribissen Poissons<sup>®</sup> requiert 500 degrés-jours.

### **Sulfamonométhoxine**

Voir sulfamides.

### **Sulfate de cuivre**

N° CAS 7758-98-7. Ann-Tabl 1.

Biocide à propriétés antiparasitaire.

*Propriétés, formule chimique.* Sel doté d'effets algicides, parasitocides et fongicides.  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (forme pentahydratée), masse moléculaire : 249,684 g/mol ; cristaux bleu.  $\text{CuSO}_4$  (forme anhydre), masse moléculaire : 159,608 g/mol ; poudre gris clair. Hydrosolubilité : dépendante du pH et de l'alcalinité.

*Indications.* Infections par les microparasites tégumentaires et branchiaux flagellés et ciliés et par les oomycètes ; destruction des algues planctoniques et filamenteuses ; principalement indiqué dans les eaux stagnantes ou à faible renouvellement ( $\leq 1$  fois par j).

*Posologie et administration.*

En eau douce : traitement permanent de l'eau à partir des cristaux ou à partir d'une solution concentrée obtenue par dissolution du produit en présence de vinaigre ; concentrations thérapeutiques, en mg/L, égales au  $1/100^{\circ}$  de l'alcalinité au-dessus d'une valeur d'alcalinité de 40 mg/L de  $\text{CaCO}_3$  ; grande prudence requise pour le traitement d'eaux d'alcalinité comprise entre 20 et 40 mg/L de  $\text{CaCO}_3$  ; renouvellement possible, et même conseillé contre certains agents :

- mycoses hivernales : 3 fois à 3 jours d'intervalle ;
- ichtyophthiriose : 1 application hebdomadaire recommandée pour réduire la transmission pendant la saison où le risque de l'infection est le plus élevé (Hoffman, 1999) ; traitement appliqué tous les 2 j pendant une durée couvrant celle du cycle parasitaire (10 j à 20 °C) pour prévenir la maladie chez des poissons indemnes introduits dans un milieu d'élevage (Tieman et Goodwin, 2001) ; traitement considéré comme inopérant contre la maladie déclarée, mais des éleveurs ont fait état de l'activité de bains éclairs répétés dans 500 mg/L

supplémentés de 10 mL de vinaigre d'alcool pour la juguler après l'apparition des premiers « points blancs » (L. Pascho, non publié).

En eau de mer : les traitements au CuSO<sub>4</sub> effectués en eau de mer sont assez classiques et ne se heurtent pas aux réserves exprimées à propos des eaux douces.

*Mise en garde.*

Toxicité du cuivre pour les poissons, dépendante de l'espèce, de l'alcalinité de l'eau et de et la température ; plus grande sensibilité de certaines espèces (truite arc-en-ciel, carassin doré et *shiners*) aux concentrations en cuivre indiquées ci-dessus, qu'il faut réduire de 1/4 à 1/3 ; risque toxique certain et abstention de tout traitement en eau d'alcalinité < 20 mg/L de CaCO<sub>3</sub> ; risque accru avec l'élévation thermique estivale, 20 °C étant la limite thermique haute pour traiter. Toxicité pour les invertébrés.

Causes d'échec du traitement : alcalinité de l'eau > 250 mg/L de CaCO<sub>3</sub>, l'insolubilité du produit entraînant sa précipitation ; cinétique d'activité diminuée aux températures ≤ 4 °C.

Effets secondaires. En cas de mortalités algales massives, risque de déplétion de l'eau en oxygène dissous et partant, de mortalités pisciaires.

*Précautions.* Préalablement au traitement, effectuer une vérification bibliographique de la sensibilité de l'espèce de poisson à traiter et/ou un bioessai dans les conditions locales de milieu.

*Délai d'attente.* Néant.

*Noms déposés.* Diverses préparations commerciales destinées aux poissons d'ornement renferment du sulfate de cuivre.

### **Sulfate de magnésium heptahydraté**

N° CAS 10034-99-8. Ann-Tabl 1.

*Propriétés.* Masse moléculaire : 248,48 g/mol, cristaux blancs très hydrosolubles (255 g/L à 20 °C).

*Indications.* En eau douce : traitement des infections tégumentaires et branchiales par les monogènes et les crustacés.

*Posologie et administration.* Pour poissons de tous âges : balnéation dans une solution saline contenant 30 g/L de sulfate de magnésium et 7 g/L de chlorure de sodium pendant 5 à 10 min.

*Mise en garde.* Produit irritant par contact et inhalation.

*Précautions.* Port d'équipement de protection de la peau et des voies respiratoires.

### **Sulfathiazole**

Voir Sulfamides.

### **Teflubenzuron**

N° CAS 83121-18-0. Ann-Tabl 1.

Insecticide de la famille des benzoylurées.

*Propriétés.* Masse moléculaire : 381,1 g/mol ; poudre jaune clair non hydrosoluble ; inhibiteur de la synthèse de la chitine, donc principalement actif sur les stades d'arthropodes immatures subissant des mues. Biodisponibilité faible (absorption intestinale de 4 % à 9 °C, 9 % à 13 °C), l'essentiel de la quantité distribuée étant rejetée dans le milieu en même temps que les fèces.

*Indications.* Traitement des infections par arthropodes ; initialement employé en élevage marin, chez le saumon atlantique (Ritchie *et al.*, 2002) et la truite arc-en ciel, contre les copépodes caligidés des genres *Lepeophteirus* et *Caligus* qui restent les indications majeures. Prescrire de préférence quand il n'y a encore que peu de crustacés adultes.

*Posologie et administration.* Saumon atlantique, 10 mg/kg PV/j par voie orale, pendant 7 jours consécutifs. Actif sur les stades larvaires et pré-adultes, dont la densité baisse en moyenne de 85 % quatre semaines après la fin du traitement. Indice thérapeutique > 4.

*Mise en garde.* Risque de toxicité pour certaines espèces.

*Précautions.* Bioessai dans les conditions locales de milieu. Port d'équipement de protection de la peau, des yeux et des voies respiratoires.

*Temps d'attente.* De 21 j (Canada) à 60 j (Norvège).

*Noms déposés.* Calicide<sup>®</sup> (Trouw) ; Ektobann<sup>®</sup> (Skretting) ; Cal-X<sup>®</sup> (Moore Clark).

*Commentaires.* Moins employé en salmoniculture depuis l'avènement de l'émamectine et des pyréthrinoïdes.

### **Tétracyclines : Chlortétracycline, oxytétracycline et doxycycline.**

Antibiotiques à large spectre d'activité.

*Propriétés.* Voir tableau 11.

*Indications.* Infections bactériennes : antibiotiques à large spectre actifs sur les agents à Gram positif et négatif et particulièrement sur les bactéries à développement intracellulaire (chlamydies, rickettsies). Les résistances acquises sont par contre fréquentes, liées à de nombreux déterminants génétiques qui se transfèrent facilement par conjugaison (importance de l'antibiogramme).

*Pharmacocinétique.* Sauf pour la doxycycline, l'absorption digestive est médiocre mais la diffusion est rapide et l'élimination s'accomplit lentement. L'activité est bactériostatique. La pénétration dans les cellules peut être favorisée par des mécanismes de transport actif qui sont particulièrement efficaces chez les bactéries et favorisent la concentration du produit actif dans leur cytoplasme.

*Posologies et administration.* La tétracycline la plus employée en aquaculture est l'oxytétracycline, plus stable que la chlortétracycline dont les propriétés sont globalement les mêmes. On les préconise par voie orale sous forme de chlorhydrates, davantage solubles dans l'eau. Le double inconvénient tient en ce cas au risque de perte

**Tableau 11.** Tétracyclines d'usage aquacole.

<b>Produit</b>	<b>No CAS</b>	<b>Nom déposé</b>	<b>Aspect poudre</b>	<b>Masse mol. (g)</b>	<b>Solubilité</b>
Tétracycline (chlorhydrate)	64-75-5	Tétracycline <sup>®</sup>	Cristalline jaune pâle	480,9	Eau 1/10
Chlortétracycline (chlorhydrate)	64-72-2	Auréomycine <sup>®</sup>	Cristalline jaune d'or	515,34	Eau 2 g/L
Oxytétracycline (chlorhydrate)	2058-46-0	Terramycine <sup>®</sup>	Jaune brillante	496,9	Peu soluble
Doxycycline	564-25-0	Vibramycine <sup>®</sup>	Cristalline jaune	444,4	Eau 630 mg/L liposoluble

de produit actif par solubilisation avant la prise alimentaire, aggravé en mer par les

propriétés chélatrices des sels marins, ainsi qu'à leur faible absorption intestinale. Ceci a conduit à préconiser des doses élevées, de 80 à 100 mg/kg/j alors que des présentations protégées (enrobage) permettraient de les réduire à 20-40 mg/kg/j. Les propriétés PK/PD impliquent en outre de répéter les prises au moins 2 fois par jour. Les formes injectables huileuses n'ont pas ces inconvénients et requièrent des doses moindres (2-10 mg/kg/j) mais elles sont peu appropriées pour les poissons, pouvant même parfois entraîner des abcès musculaires.

La doxycycline, tétracycline semi-synthétique fortement liposoluble, bénéficie d'une excellente absorption intestinale (90 %) et d'une élimination très lente qui permettent son emploi à des doses réduites (4-8 mg/kg/j) en 2 prises orales chez les homéothermes.

*Mise en garde et précautions.* Les tétracyclines n'ont pas de toxicité directe, leur indice thérapeutique (dose toxique/dose thérapeutique) étant élevé. Cependant, on a signalé des cas rares de toxicité rénale ou hépatique (parfois attribués à des produits de dégradation) et le caractère acide de leurs sels peut être cause d'irritations ou de phénomènes d'inflammation locale après injection. On connaît aussi des cas d'allergie et de photosensibilisation. L'exposition directe au soleil en cours de traitement n'est pas conseillée, bien qu'aucune mention concernant les poissons n'existe à cet égard. Enfin, dans les organismes en croissance, l'affinité pour le calcium (abondant dans les tissus osseux) et pour l'émail, peut conduire à une fixation et à un jaunissement définitif (cas des dents chez les enfants). Il existe donc des contre-indications à leur emploi.

*Temps d'attente.* L'élimination lente des tétracyclines impose des temps d'attente parmi les plus élevés pour des antibiotiques, en général de l'ordre d'un mois en zones tempérées, parfois davantage et jusqu'à 3 mois en zones froides. Se référer à la notice scientifique accompagnant les produits.

### **Thiosulfate de sodium**

Voir neutralisation des halogènes.

### **Toltrazuril**

N° CAS 69004-03-1. Ann-Tabl 1.

Composé doté de propriétés anticoccidiennes et antiparasitaires, il appartient au groupe des triazinones symétriques, initialement développées comme herbicides.

*Propriétés.* Masse moléculaire : 425,4 g/mol ; cristaux blancs ; faiblement hydrosoluble ; activité pharmacologique : coccidiostatique.

*Indications.* Infections par ciliés, microsporidies, monogènes, dans des habitats de dimensions restreintes (aquariums, bacs, petits bassins d'agrément). Une activité a été démontrée chez diverses espèces à des températures voisines de 20°C : ciliés (*Ichthyophthirius*, *Trichodina*, *Glossatella*), myxozoaires (*Myxobolus*, *Henneguya*), microsporidies (*Glugea*) (Melhorn *et al.*, 1988), monogènes (*Dactylogyrus*, *Diplozoon*, *Pseudodactylogyrus*, *Gyrodactylus*) (Schmahl *et al.*, 1988). Chez *Glugea* et *Myxobolus*, les stades parasitaires touchés sont ceux précédant la formation de la spore (Schmahl *et al.*, 1990).

*Posologie et administration.* Balnéation dans 10 mg/L d'eau pendant 2 à 4 h avec renouvellements possibles.

*Précautions.* Bioessais recommandés.

*Noms déposés.* Toltrazuril® Baycox®.

*Commentaires.* Produit actif sur des groupes parasites répondant mal aux traitements habituels mais coût élevé, empêchant l'application à de grands effectifs de sujets dépassant la taille des petits poissons d'ornement.

### **Tricaïne (méthanesulfonate ou mésilate de)**

N° CAS 886-86-2. Ann-Tabl 1.

Ester éthylique de l'acide 3-aminobenzoïque dérivé de la cocaïne et de la benzocaïne, employé sous forme de méthane-sulfonate (ou mésilate), initialement dans l'anesthésie locale chez l'homme et les mammifères et depuis 50 ans dans l'anesthésie générale des poissons. Une revue en a été faite par Carter *et al.* en 2011.

*Propriétés.* Masse moléculaire : 261,3 g/mol ; poudre blanche très hydrosoluble (110 g/L à 20 °C) donnant des solutions acides.

*Pharmacocinétique.* Importante absorption branchiale, sans doute facilitée en eau douce par le flux d'eau entrant par osmose, d'où une meilleure activité qu'en eau de mer ; pic plasmatique atteint en 5 min chez la truite arc-en-ciel ; excellente distribution dans tout le système nerveux central après franchissement de la barrière méningée ; éliminée à 90 % 24 heures après le traitement, directement par les branchies mais aussi, après métabolisation, par le foie et les reins.

*Pharmacodynamie.* Bloque la conductivité des neurones en interférant avec la perméabilité sodique membranaire ; réduit aussi l'activité cardiovasculaire et par là l'irrigation des branchies et la consommation d'oxygène.

*Indications.* Principalement en eau douce : tranquillisation pendant le transport, anesthésie pour les manipulations (marquages, prélèvements), la chirurgie, l'euthanasie.

*Posologie, administration.* Bain à une concentration comprise entre 10 et 480 mg/L selon l'espèce et le degré d'anesthésie désiré. Salmonidés, entre 10 et 15 °C : 25-50 mg/L (sédation) ; 100 mg/L (anesthésie) ; carpe et tilapia du Mozambique, 50-100 mg/L ; bar rayé, 150 mg/L ; morue, 75 mg/L ; flétan de l'Atlantique, 250 à 480 mg/L.

*Mise en garde.* En eau douce : risque d'acidification des eaux de faible alcalinité (< 40 mg de CO<sub>3</sub>Ca/L). Induction de stress à 25 mg/L chez certaines espèces comme la daurade royale *Sparus aurata*. Irritant pour l'utilisateur.

*Précautions.* Éviter tout contact de la poudre avec les yeux et les muqueuses. Contrôler le pH de la solution d'anesthésique et rétablir la neutralité, si besoin est, par addition de bicarbonate de sodium en quantité égale à celle de la tricaïne utilisée ; possibilité de travailler à partir d'une solution mère à 1 % en eau déminéralisée additionnée de 1 % de bicarbonate de sodium (conservation 3 mois). Garder dans un flacon de couleur sombre placé à l'obscurité, la tricaïne, comme sa solution, devenant toxiques à la lumière.

*Noms déposés.* Tricaïne-S<sup>®</sup> (Western Chemicals, Inc.) ; Finquel<sup>®</sup> Argent Laboratories (États-Unis, Canada) ; MS 222. Bénéficie d'AMM dans plusieurs pays membres de l'Union européenne et la Norvège mais non en France (2012).

*Commentaires.* Universellement employé pour obtenir tous les stades de l'anesthésie mais inactif chez certaines espèces et d'un prix élevé.

### **Trichlorfon ou Métrifonate**

N° CAS 53-68-6.

Pesticide organophosphoré (insecticide, acaricide) d'utilisation interdite en 2007 par



décision européenne et de fabrication arrêtée, en raison de sa dangerosité pour l'homme et les écosystèmes.

*Propriétés.* Masse moléculaire : 257,44 g/mol ; aspect : cristaux incolores, combustibles, hydrosolubles (150 g/L) ; activité biologique : neurotoxique par inhibition de l'acétylcholinestérase.

*Indications.* Était employé en balnéation, en eau douce et marine, contre les crustacés copépodes, les sangsues, les monogènes et les mollusques parasites.

*Posologie et administration.* Balnéation permanente dans 0,5 mg/L, 4 traitements à 1 semaine d'intervalle ; 0,5 à 1 mg/L, 2 traitements à 3 j d'intervalle, pour les monogènes marins.

*Mise en garde.* Toxicité pour certaines espèces de poissons. Pour l'utilisateur, principalement dangereux par ingestion mais irritant pour les yeux et allergisant par contact cutané. Dans l'environnement, se transforme en dichlorvos qui n'y persiste pas.

*Précautions.* Bioessai dans les conditions locales de milieu. Port d'équipements de protection de la peau, des yeux et des voies respiratoires.

*Noms déposés.* Chlorophos<sup>®</sup>, Dipterex<sup>®</sup>, Dylox<sup>®</sup>, Neguvon<sup>®</sup>, Tugon<sup>®</sup>.

### **Trimethoprim + sulfadiazine ou sulfamethoxazole**

Voir sulfamides antibactériens.

### **Triphenmorphe (4-triphenylmethyl-morpholine)**

N° CAS 1420-06-0.

Molluscicide non autorisé en France.

*Noms déposés.* Frescon<sup>®</sup>, WL 2008<sup>®</sup>.

### **Ultraviolets (rayons)**

Rayonnements électromagnétiques.

*Propriétés.* Longueurs d'ondes germicides situées entre 200 et 280 µm avec optimum à 265 µm ; activité biologique : ruptures des brins d'ADN par les photons entraînant la formation de matériels biologiques non viables.

*Indications.* Désinfection de l'eau vis-à-vis des virus, bactéries, amibes, flagellés, formes de dissémination des ciliés (thérontes d'*Ichthyophthirius multifiliis* et de *Cryptocaryon irritans*), formes infectantes des myxosporidies (actinospores). Procédé de traitement de l'eau nécessaire dans les installations à eau recyclée et les écloséries alimentées par des cours d'eau ou des sources non captées directement dans les locaux d'élevage.

*Doses.* Irradiation de l'eau entrante par 50 mJ/cm<sup>2</sup>, dose supérieure, par sécurité, aux doses actives contre la plupart des bactéries et virus (CyHV-3, VPC, SHV, NHI, AIS), mais nécessaire à l'inactivation des protistes et des myxosporidies (Hedrick *et al.*, 2006 ; 2008).

*Mise en garde.* L'inactivation des birnaviridés (virus de la NPI) s'opère mal aux doses précédentes.

*Précautions.* Respect de la durée de vie des lampes UV.

## **Vert malachite**

Colorant à propriétés microparasitocides et fongicides, qui a été largement utilisé en pisciculture par le passé.

Emploi désormais interdit pour le traitement des poissons producteurs de denrées dans l'Union Européenne et la plupart des pays pratiquant la pisciculture et détention interdite sur les sites d'élevage de ces poissons. Demeure néanmoins un composant de diverses spécialités utilisées en aquariophilie.

*Propriétés.* Cristaux vert foncé. Composé à 3 cycles dont deux dotés de fonction diméthylamine, le vert malachite n'est pas une substance chimiquement pure ou de composition constante et répond à des numéros CAS variables selon l'anion associé (chlorure, sulfate, oxalate). Absorption branchiale et tégumentaire aisée, accumulation et persistance dans les muscles et la peau. Nous en rappelons les conditions d'utilisation ci-après.

*Indications.* Poissons : infections par les protistes dinoflagellés, flagellés et ciliés, les myxosporidies et les oomycètes. Œufs : infections par les oomycètes.

*Posologie et administration.* Balnéation dans 1 à 5 mg/L pendant 1 h ou davantage pour les cyprinidés, avec renouvellement possible après 3 j ou en cas de récurrence ; flux continu de 0,1 mg/L pendant 4 à 6 h ou traitement homotopique permanent à la même dose dans des pièces d'eau stagnante ou faiblement renouvelée (bassins d'ornement, petits étangs), à renouveler après 1 semaine et selon nécessité. L'accumulation du vert malachite dans les tissus du poisson rend sa posologie assez élastique.

*Mise en garde.* Toxicité pour le poisson : sensibilité variable selon l'espèce et augmentée par l'élévation thermique. Toxicité pour les mammifères : reconnu cancérigène pour les rats. Inconvénients : provoque des taches sur la peau et le matériel traité.

*Précautions.* Poissons : bioessai dans les conditions locales de milieu. Environnement : ne pas rejeter l'eau contenant le produit directement dans le milieu aquatique mais la filtrer préalablement sur charbon actif. Opérateur : au minimum, port de gants, doublé du port d'un masque en cas de manipulation du produit pur.

*Commentaires.* Substance largement employée dans le passé pour la désinfection des œufs, avec une excellente efficacité vis-à-vis des oomycètes, ainsi que contre *I. multifiliis* ; fait maintenant l'objet de contrôles sévères dans la chair des poissons de consommation.

## **Vert malachite-formol**

Formol du commerce additionné de 4 g/L de vert malachite. Mêmes indications et mêmes restrictions d'emploi que le vert malachite. À utiliser en eaux closes à la concentration de 0,25 mL/10 L d'eau, en application unique ; renouveler 2 fois à 2 j d'intervalle pour *I. multifiliis*. En eau courante, flux continu de 5 h à la même dose, avec possibilité de renouvellement.

## **Virkon®**

Voir persulfate de potassium.

## Références

- 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.
- Anderson W.G., McKinley R.S., Colavecchia M., 1997. The use of clove oil as an anesthetic for rainbow trout and its effects on swimming performance. *North American Journal of Fisheries Management*, 17, 301-307.
- Bégout-Anras M.L., Covés D., Dutto G., Laffargue P., Lagardère F., 2003. Tagging juvenile seabass and sole with telemetry transmitters: Medium-term effects on growth. *ICES Journal of Marine Science*, 60, 1328-1334.
- Buchmann K., Bjerregaard J., 1990. Mebendazole treatment of pseudodactylogyrosis in an intensive eel-culture system. *Aquaculture*, 86, 139-153.
- Buchmann K., Jensen P.B., Kruse K.D., 2003. Effects of sodium percarbonate and garlic extract on *Ichthyophthirius multifiliis* theronts and tomocysts: *in vitro* experiments. *North American Journal of Aquaculture*, 65, 21-24.
- Bullock G.L., Stuckey H.M., Collis D., Herman R.L. Maestrone G., 1974. *In vitro* and *in vivo* efficacy of a potentiated sulfonamide in control of furunculosis in salmonids. *Journal of the Fisheries Board of Canada*, 31, 75-82.
- Bylund G., Sumari O., 1981. Laboratory test with Droncit against diplostomatosis in rainbow trout *Salmo gairdneri* Richardson. *Journal of Fish Diseases*, 4, 259-264.
- Carrasco S., Sumano H., Navarro-Fierro R., 1984. The use of lidocaine-sodium bicarbonate as anaesthetic in fish. *Aquaculture*, 41, 395-398.
- Carter K. M., Woodley C. M., Brown R. S., 2011. A review of tricaine methanesulfonate for anesthesia of fish. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 21, 51-59.
- Dempster R.P., Morales P., Glennon F.X., 1988. Use of sodium chlorite to combat anchor worm infestations of fish. *The Progressive Fish-Culturist*, 50, 51-55.
- Dorson M., Torhy C., Billard R., Saudrais C., Maise G., Haffray P., Hollebec M.G., 1996. Nécrose pancréatique infectieuse des salmonidés : évaluation de méthodes destinées à couper la transmission par l'œuf. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 340, 1-14.
- CSNEJ (Chambre syndicale nationale de l'eau de Javel), 2010. Dossier : l'eau de javel. 25 p., [en ligne] : <http://www.eaudejavel.fr/assets/fichiers/post/1475836601.pdf> (consulté, février 2018).
- Fajt J.R., Grizzle J.L., 1998. Blood respiratory changes in common carp exposed to a lethal concentration of rotenone. *Transactions of the American Fisheries Society*, 127, 512-516.
- Gaikowski M.P., Rach J.J., Drobish M., Hamilton J., Harder T., Lee L.A., Moen C., Moore A., 2003. Efficacy of oxygen peroxide in controlling mortality associated with saprolegniasis on walleye, white sucker, and paddlefish eggs. *North American Journal of Aquaculture*, 65, 349-355.
- Gaikowski M.P., Rach J.J., Ramsay R.T., 1999. Acute toxicity of hydrogen peroxide treatment to selected life stages of cold-, cool-, and warmwater fish. *Aquaculture*, 178, 191-207.
- Gay M., Okamura B., de Kinkelin P., 2001. Evidence that infectious stages of *Tetracapsula bryosalmonae* for rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* are present throughout the year. *Diseases of Aquatic Organisms*, 46, 31-40.
- Gengler M.E., Amsellem-Dubourget S., 2013. Javel ni pour ni contre, mais quand il faut, comme il faut. *Alin&as*, février 2013, n°1, 3 p. [en ligne] : <http://www.cpias-auvergnerhonealpes.fr/Newsletter/2013/01/javel.pdf> (consulté, février 2018).

- Gérard J.P., de Kinkelin P. de, 1971. Traitement de l'acanthocéphalose de la truite arc-en-ciel. *La Pisciculture française*, 36, 21-27.
- Gilderhus P.A., Marking L.L., 1987. Comparative efficacy of 16 anesthetic chemicals in rainbow trout. *North American Journal of Fisheries Management*, 7, 288-292.
- Hakalhati T., Lankinen Y., Valtonen E.T., 2004. Efficacy of emamectin benzoate in the control of *Argulus coregoni* (Crustacea: Branchiura) on rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Diseases of Aquatic Organisms*, 60, 197-204.
- Hart J.L., Thacker J.R.M., Braidwood J.C., Fraser N.R., Matthews J.E., 1997. Novel cypermethrin formulation for the control of sea lice on salmon (*Salmo salar*). *Veterinary Record*, 140, 179-181.
- Hedrick R.P., McDowell T., Mukkatira K., McConnel E., Petri B., 2008. Effects of freezing, drying, ultraviolet irradiation, chlorine, and quaternary ammonium treatments on the infectivity of spores of *Myxobolus cerebralis* for *Tubifex tubifex*. *Journal of Aquatic Animal Health*, 20, 116-125.
- Hedrick R.P., Petri B., McDowell T., Mukkatira K., Sealey L.J., 2006. Evaluation of a range of doses of ultraviolet irradiation to inactivate waterborne actinomyxospore stages of *Myxobolus cerebralis*. *Diseases of Aquatic Organisms*, 74, 113-118.
- Hinson D., 2000. Rotenone characterization and toxicity in aquatic systems. *Principles of Aquatic Environmental Toxicology*, University of Idaho, Moscow, 13 p.[en ligne] : [http://www.webpages.uidaho.edu/Etox/resources/case\\_studies/ROTENON2](http://www.webpages.uidaho.edu/Etox/resources/case_studies/ROTENON2) (consulté, février 2018).
- Hoffman G.L., 1999. *Parasites of North American Freshwater Fishes*, Cornell University Press, Ithaca, États-Unis, 539 p.
- Kent M.L., Dawe S.C., 1994. Efficacy of Fumagillin DCH against experimentally induced *Loma salmonae* (Microsporea) infections in chinook salmon *Oncorhynchus tshawytscha*. *Diseases of Aquatic Organisms*, 20, 231-233.
- Le Gouvello, R., Pobel T., Richards R.H., Gould C., 1999. Field efficacy of a 10-day treatment of fumagillin against proliferative kidney disease in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*, 171, 27-40.
- Madsen H.C.K., Buchmann K., Møllergaard S., 2000. Treatment of trichodiniasis in eel (*Anguilla anguilla*) reared in recirculation systems in Denmark: Alternatives to formaldehyde. *Aquaculture*, 186, 221-231.
- Malmstrøm T., Salte R., Gjøen H.M., Linseth A., 1993. A practical evaluation of metomidate and MS-222 as anaesthetics for Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.). *Aquaculture*, 113, 331-338.
- Masser M.P., Murphy T.R., Shelton J.L., 2006. Aquatic weed management: Herbicides. Southern Regional Aquaculture Center, SRAC-361, 4 p., [en ligne] : <http://www.aces.edu/dept/fisheries/aquaculture/documents/srac361.pdf> (consulté, février 2018).
- Melhorn H., Schmahl G., Hakerkorn A., 1988. Toltrazuril effective against broad spectrum of protozoan parasites. *Parasitology Research*, 75, 64-66.
- Mitchell A.J., 2004. Effectiveness of praziquantel bath treatments against *Bothriocephalus acheilognathi* in grass carp. *Journal of Aquatic Animal Health*, 16, 130-136.
- Montgomery-Brock D., Sato V.T., Brock J.A., Tamaru C.S., 2001. The application of hydrogen peroxide as a treatment for the ectoparasite *Amyloodinium ocellatum* (Brown 1931) on the Pacific threadfin *Polydactylus sexfilis*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 21, 250-254.

- National Toxicology Program, 2010. Toxicology and carcinogenesis studies of isoeugenol (CAS No. 97-54-1) in F344/N rats and B6C3F1 mice (gavage studies). *National Toxicology Program Technical Report Series*, 551, 1-178.
- Pretti C., Soldani G., Cognetto-Varriale A., Monni G., Intorre L., 2002. Efficacy and safety of azamethiphos for the treatment of pseudodactylogyrosis in the European eel. *Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics*, 25, 155-157.
- Rach J.J., Schleis S., Gaikowski M.P., Johnson A., 2003. Efficacy of hydrogen peroxide in controlling mortality associated with external columnaris on walleye and channel catfish. *North American Journal of Aquaculture*, 65, 300-305.
- Ritchie G., Rønsberg S.S., Hoff K.A., Branson E.J., 2002. Clinical efficacy of teflubenzuron (Calicide®) for the treatment of *Lepeophtheirus salmonis* infestations of Atlantic salmon *Salmo salar* at low water temperatures. *Diseases of Aquatic Organisms*, 51, 101-106.
- Ross L.G, Ross B., 1999. *Anaesthetic and Sedative Techniques for Aquatic Animals*, Blackwell Science Ltd., Oxford, 159 p.
- Santamarina M.T., Tojo J., Ubeira F.M., Quinteiro P., Sanmartín M.L., 1991. Anthelmintic treatment against *Gyrodactylus* sp. infecting rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Diseases of Aquatic Organisms*, 10, 39-43.
- Schmahl G., Benini J., 1998. Treatment of fish parasites. 11. Effects of different benzimidazole derivatives (albendazole, mebendazole, fenbendazole) on *Glugea anomala*, Moniez, 1887 (Microsporidia): Ultrastructural aspects and efficacy studies. *Parasitology Research*, 84, 41-48.
- Schmahl G., El Toukhy A., Gjaffar F.A., 1990. Transmission electron microscopical studies on the effects of toltrazuril on *Glugea anomala* Moniez, 1887 (Microsporidia) infecting the three-spined stickleback *Gasterosteus aculeatus*. *Parasitology Research*, 76, 701-706.
- Schmahl G., Mehlhorn H., 1985. Treatment of fish parasites. 1. Praziquantel effective against Monogenea (*Dactylogyirus vastator*, *D. extensus*, *Diplozoon paradoxum*). *Zeitschrift für Parasitenkunde*, 71, 727-737.
- Schmahl G., Melhorn H., Hakerkorn A., 1988. Sym. triazinone (toltrazuril) effective against fish-parasitizing Monogenea. *Parasitology Research*, 75, 67-68.
- Schmahl G., Schmidt H., Ritter G., 1996. The control of ichthyophthiriasis by a medicated food containing quinine: Efficacy tests and ultrastructure investigations. *Parasitology Research*, 82, 697-705.
- Stehly G.R., Gingerich W.H., 1999. Evaluation of AQUI-S™ (efficacy and minimum toxic concentration) as a fish anaesthetic/sedative for public aquaculture in the United States. *Aquaculture Research*, 30, 365-372.
- Stehly G.R., Meinertz J.R., Gingerich W.H., 2000. Effects of temperature on the elimination of benzocaine and acetylated benzocaine residues from the edible fillet of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Food Additives Contaminants*, 17, 387-392.
- Stone J., Suntherland I.H., Sommerville C., Richards R.H., Varma K.J., 2000. Field trials to evaluate the efficacy of emamectin in the control of sea lice, *Lepeophtheirus salmonis* Krøyer and *Caligus elongatus* Nordman, infestations in Atlantic salmon *Salmo salar* L. *Aquaculture*, 186, 205-219.
- Szekely C., Molnar K., 1991. Praziquantel (Droncit) is effective against diplostomosis of grass carp *Ctenopharyngodon idella* and silver carp *Hypophthalmichthys molitrix*. *Diseases of Aquatic Organisms*, 11, 147-150.

- Tieman D.M., Goodwin A.E., 2001. Treatments for Ich infestations in channel catfish evaluated under static or flow-through conditions. *North American Journal of Aquaculture*, 63, 293-299.
- Treasurer J.W., Cochrane E., Grant A., 2005. Surface disinfection of cod *Gadus morhua* and haddock *Melanogrammus aeglefinus* eggs with bronopol. *Aquaculture*, 250, 27-35.
- Wildgoose W.H., Lewbart G.A., 2001. Therapeutics. In : *BSAVA Manual of ornamental fish* (W.H. Wildgoose, ed.), British Small Animal Veterinary Association, Gloucester, England, 237-258.

## Textes officiels

Décret n° 2016-317 du 16 mars 2016 relatif à la prescription et à la délivrance des médicaments utilisés en médecine vétérinaire contenant une ou plusieurs substances antibiotiques d'importance critique, [en ligne] :

<https://www.legifrance.gouv.fr/eli/decret/2016/3/16/AGR1515288D/jo/texte> (consulté, février 2018).

Règlement de l'Union européenne n° 37/2010 de la Commission, du 22 décembre 2009, 72 p. [en ligne] :

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:015:0001:0072:FR:PDF> (consulté, février 2018).