

Les systèmes en circuit recirculé : intérêt et cas d'utilisation

Fiche Ifremer aquaculture - septembre 2009

<http://aquaculture.ifremer.fr/Fiches-d-information>

Introduction

Les systèmes piscicoles en circuit recirculé se développent depuis une vingtaine d'années et leur domaine d'utilisation s'élargit progressivement de l'écloserie (reproducteurs, œufs, larves et alevins) à la phase de grossissement.

Que ce soit en eau douce ou en eau de mer, ils fonctionnent sur le même principe et permettent de contrôler la qualité du milieu d'élevage et d'y limiter l'intrusion de pathogènes. L'eau chargée des déchets d'élevage en sortie de bassin subit une série de traitements d'épuration et de régulation avant d'être réutilisée partiellement ou totalement.

Principe du fonctionnement

Pour l'essentiel, les traitements d'épuration concernent les déchets particuliers (principalement les fécès) et dissous (gaz carbonique et azote ammoniacal) produits par les poissons, et dont l'accumulation dans l'eau est toxique.

- Les particules sont généralement éliminées de l'eau d'abord par piégeage (pour les grosses particules), puis à travers des filtres à sable ou des filtres tamis plans ou rotatifs. Les filtres actuels de fort débit (quelques centaines de m³ à l'heure) permettent d'éliminer environ 50% des particules pour une taille de maille autour de 50 microns.



Cuves de filtration

- Le gaz carbonique, premier facteur limitant après l'oxygène, est éliminé par simple diffusion dans des dispositifs de désaturation, dans lesquels on maximise l'interface d'échange entre l'eau et l'air
- L'azote ammoniacal, toxique pour les poissons à basse concentration (quelques mg/l), est transformé en nitrates (10 à 100 fois moins toxique) par des bactéries aérobies spécifiques (autotrophes nitrifiantes) fixées sur divers supports solides dans les filtres biologiques (argiles expansées, pouzzolane, copeaux de polyéthylène, mousses diverses).

Les capacités épuratrices de ces filtres biologiques sont voisines de 100 g d'azote ammoniacal par m³ de support et par jour, dépendant fortement de la concentration de ce dernier ainsi que de la température et de la salinité



Systèmes de filtration

- On peut éliminer partiellement les nitrates dans des réacteurs contenant des bactéries anaérobies qui les transforment en azote gazeux ou dans des bassins contenant des algues qui les utilisent.
- Les bactéries et virus contenus dans l'eau sont partiellement inactivés ou tués par exposition à un fort rayonnement ultra violet dans des enceintes munies de lampes UV étanches ou par action d'un oxydant puissant comme l'ozone dans des réacteurs spécifiques. L'abattement observé est proche de 90%.

Les méthodes de régulation et de sécurisation concernent essentiellement les débits d'eau, l'oxygène, le gaz carbonique et le pH, la température, et éventuellement l'azote gazeux.

- Le niveau d'oxygène dans l'eau est restauré à des valeurs compatibles avec l'élevage par injection de bulles de petite taille d'air ou d'oxygène gazeux. Les oxygénateurs fonctionnent à la pression atmosphérique ou à une pression supérieure (simples diffuseurs, cônes sous pression, tube en U, plateformes à jets, etc. Les rendements de dissolution varient de 30 à 95%.
- Le pH est maintenu par élimination du CO₂ produit et, si nécessaire, par apport de soude dans l'eau d'élevage.
- L'eau peut être réchauffée, ou refroidie, par transfert de calories d'un fluide porteur passant dans un échangeur à tubes de polyéthylène, ou à plaques de titane.
- L'azote gazeux (N₂), dangereux lorsqu'il est présent en sursaturation dans l'eau, par brutale augmentation de température ou par prise d'air accidentelle à l'aspiration d'une pompe, est éliminé par dégazage dans un système de désaturation. Ce type de problème n'est pas spécifique aux systèmes recirculés mais peut apparaître dans tout système qui pompe et chauffe de l'eau (circuits ouverts).

Le coût des traitements doit être économiquement acceptable. Il ne permet pas aujourd'hui de restaurer la qualité des eaux traitées à son niveau d'origine et les circuits recirculés ne sont pas des circuits totalement fermés.

A ce jour, les quantités d'eau neuve à introduire dépendent du 'niveau technologique' des systèmes utilisés. Elles sont en moyenne une centaine de fois inférieures aux besoins d'une installation sans recyclage.

Que ce soit en aquaculture d'eau douce ou marine, des fermetures complètes de circuits (simple compensation des pertes d'eau par évaporation et purges) ont été réalisées au prix de la mise en œuvre de technologies difficilement compatibles avec les impératifs économiques actuels. Le meilleur compromis entre niveau technologique et degré d'ouverture du système doit être recherché pour chaque application particulière en fonction du contexte socio-économique, technologique et environnemental.

Tableau récapitulatif des systèmes d'élevage selon leur degré de technicité

Type de système	m ³ eau/kg de poisson produit	Energie de fonctionnement	Charge en poissons	Taille des poissons	Exemple d'utilisation
-----------------	--	---------------------------	--------------------	---------------------	-----------------------

		(Kwh)/kg de poisson produit			
Ouvert	100	0,5 à 2	10 à 100 kg/m3 de volume d'élevage	De la larve au poisson de plusieurs kg	Salmonidés
Recirculé 1	10	2,5 à 4			Salmonidés
Recirculé 2	1	6 à 7			Poissons marins
Recirculé 3	0,1	> 6			Poissons d'eau douce (poisson chat, tilapia..)

Intérêt d'un système en circuit recirculé



©Ifremer

Colonne grise de dégazage

Par rapport à un système traditionnel, un **système recirculé** permet de réaliser l'élevage des poissons dans les sites où les quantités disponibles d'eau sont limitées :

- en stabilisant et contrôlant plus facilement les paramètres de l'eau d'élevage,
- en réduisant les besoins en eau,
- en réduisant le volume des rejets,
- dans des conditions de bio sécurisation optimale, en contrôlant les différents intrants du système de production et en particulier le débit d'eau de renouvellement, ce qui n'est pas possible en circuit ouvert.

Contraintes particulières d'un système en circuit recirculé

Le coût de l'investissement demande une productivité élevée qui est obtenue par la gestion rigoureuse de l'exploitation :

- utilisation optimisée des intrants (eau, oxygène, aliment) qui doivent être fixés à leurs valeurs nécessaires et suffisantes,
- contrôle continu des paramètres de l'eau d'élevage,
- systèmes d'alarme adaptés et réactifs.
- personnel technique bien formé.

Les voies d'amélioration du système sont multiples :

Dans la boucle de traitement :

- meilleure élimination des matières particulaires de petite taille et meilleur contrôle des populations bactériennes naturellement présentes,
- minimisation des consommations d'énergie liées aux traitements.

Dans le traitement et la valorisation des rejets :

- absorption de l'azote, du phosphore et autres substances dissoutes par des plantes ou algues adaptées et valorisables (joncs, ulves, gracilaires) dans des bassins ou lagunes spécialisés, et réutilisation de l'eau traitée (systèmes intégrés d'aquaculture),
- Valorisation des déchets particuliers après concentration (fertilisants, production d'énergie...).

Cas d'utilisation actuels d'un système en eau recirculée et espèces cibles

Elevage des alevins : actuellement une grande partie des alevins de poissons sont élevés dans ces conditions jusqu'à 5 à 10 g selon l'espèce, qu'elle soit d'eau douce (salmonidé, siluridé, cichlidé, percidé) ou d'eau de mer (bar, daurade, turbot, maigre, ombrine...)

Prégrossissement au delà de 10 g pour l'élevage en mer ouverte

L'élevage en mer ouverte encore appelé offshore est encore peu représenté, mais tend à se développer en raison des contraintes imposées par la gestion des zones côtières (daurade, ombrine tropicale et cobia...) – il permet l'élevage de certaines espèces en cycle court permettant l'obtention de la taille marchande avant l'hiver.

Grossissement de certaines espèces jusqu'à la taille marchande : se pratique dans des fermes de grande taille pour les espèces comme le turbot, le bar, le saumon et la truite, la sole, le cabillaud, ou encore le poisson-chat africain, le tilapia ou l'esturgeon....



Extension et limites de l'utilisation actuelle

Crustacés

Les systèmes en circuit recirculé sont aussi utilisés pour les crustacés comme les crevettes, mais uniquement dans les étapes liées à l'éclosion et la nurserie.

Mollusques

Dans le cas des mollusques, l'utilisation est encore limitée

- **mollusques bivalves** : il y a encore peu de tentatives d'élevage de bivalves en système recirculé, et comme pour les crevettes, elles concernent les stades larves et juvéniles. En ce qui concerne les animaux adultes, outre la complexité technique liée à l'emploi de microalgues comme aliment, il a été montré que le grossissement intensifié à terre n'était pas économiquement viable en circuit ouvert. Mais le serait-il en circuit recirculé sur un cycle complet d'élevage ?
- **cas particuliers**
L'intérêt de ces systèmes apparaît toutefois pour des applications particulières, liées à des perturbations passagères du milieu naturel :
 - application de sauvegarde de bivalves sains, en période de crise de microalgues toxiques
 - techniques de détoxification de bivalves contaminés.
- **mollusques gastéropodes** : les élevages d'ormeaux en circuit recirculé sont de plus en plus nombreux dans le monde et fonctionnent assez bien. La nourriture utilisée (macroalgues ou aliment inerte) permet, comme pour les crevettes d'utiliser facilement la technologie développée pour les poissons.

Programmes de recherche en cours

Programmes nationaux :

- projet COMSAUMOL : dans le cas des mollusques adultes, des essais de maintien temporaire en milieu recirculé sont actuellement en cours, dans le cadre du programme lié à la sauvegarde et la détoxification des bivalves vis à vis des algues toxiques.

Programmes européens et internationaux :

- projet GRRAS (Growth Retardation in Recirculating Aquaculture Systems)
- SUSTAINAQ (Sustainable aquaculture through the use of recirculation systems)

Offres de prestation :

- procédé et dispositif d'aquaculture : application à l'élevage de Silure Glane tropicalisé en circuit recyclé adapt. Voir
- unité de gestion de gaz dissous (procédé et installation de traitement d'un effluent aqueux pour extraction d'un ou plusieurs composés gazeux dissous). Voir

Dernière modification le : Mercredi 02 Novembre 2011

En savoir +

M. Franco (2003). Origine, devenir et contrôle de la matière particulaire dans les élevages de poissons marins en système recyclé - Thèse en ligne

G. Deviller et coll (2004). High-rate algal pond treatment for water reuse in an integrated marine fish recirculating system: effect on water quality and sea bass growth. Publié in Aquaculture. En ligne

J. Husenot (2006). Les systèmes aquacoles en eau recyclée pour les mollusques bivalves - Synthèse bibliographique et proposition de recherche

L. Michaud (2007). Communautés microbiennes des systèmes d'aquaculture en circuit recirculé : interactions entre bactéries hétérotrophes et autotrophes et leur environnement Thèse en ligne

Blancheton and coll. (2007). Intensification of landbased aquaculture production in single pass and - Aquacultural engineering and environment 2007, chap. 2 - editor Asbjorn Bergheim, research signpost

E. Roque (2008). Optimisation de deux systèmes de production piscicole : biotransformation des nutriments et gestion des rejets - Thèse en ligne

Blancheton et al (2009). Tendances pour la pisciculture européenne de demain : cages au large, systèmes en eau recirculée et systèmes intégrés. Cah Agric, 18 : 227-234 en ligne