

D/ TECHNIQUE ET EXPLOITATION DU CIRCUIT FERME:

Les eaux usées évacuées des bacs d'élevage contiennent des matières minérales et organiques en suspension ou en solution, des déchets et parfois des poissons. L'épuration consiste à séparer ces différents éléments afin d'obtenir une eau répondant aux normes de qualité exigées par l'anguille .

1) Prétraitements :

La première phase du traitement consiste à se débarrasser par des moyens simples des déchets grossiers entraînés par les eaux. Il s'agit donc d'un pré-traitement d'élimination mécanique utilisant la dynamique de l'eau.

2) Décantation-Flottation :

En général survient aussi une décantation et ou un traitement physico-chimique. La décantation est la séparation des éléments en suspension soit par effet naturel de la pesanteur (ségrégation) soit par élimination centrifuge dans les plusieurs types de fecal-traps existants. La flottation est la formation d'une mousse par diffusion de fines bulles dans l'eau, les éléments hydrophiles et hydrophobes se répartissent et s'agglomèrent à la surface de la bulle diffusée et peuvent ainsi être éliminés en surface. Différentes configurations de décantation sont possibles suivant le type de pollution à traiter, les disponibilités du terrain et la qualité du traitement désiré. Il est possible de retenir plusieurs types de décanteurs existants.

- Le décanteur circulaire à faible renouvellement dans lequel les matières en suspension sédimentent. Les boues sont évacuées à la base et l'eau neuve par débordement. L'inconvénient de ce système est la nécessité d'avoir de grands ouvrages dont le coût est important. Il permet d'éliminer de 50 à 80 % des matières en suspension et de 25 à 50 % de la demande biochimique en oxygène. On peut combiner la décantation avec une flottation pour pouvoir travailler avec des renouvellements plus importants.

- Les décanteurs lamellaires : d'autres ouvrages de décanteurs sont garnis de petites chambres de décantation afin de casser la dynamique des fluides dans le filtre. L'avantage de ce système est de réduire le temps de séjour donc la taille de l'ouvrage. Un autre avantage est d'offrir aux bactéries nitrifiantes une surface de filtration réduisant ainsi le travail des filtres biologiques.

DIVERS TYPES DE DECANTEURS ET LES VITESSES ASCENSIONNELLES REQUISES

TYPES	VITESSE ASCENSIONNELLE
Décanteurs rectangulaires simples	0,5 m/h
Décanteurs statiques lamellaires variant en fonction de l'angle des plaques	2 à 6 m/h
Décanteurs cycloniques	8 à 10 m/h

3) Traitements biologiques :

Les différents procédés d'épuration biologique peuvent être classés selon la nature des micro-organismes mis en jeu (aérobie et anaérobie, les rendements de ces procédés dépendent de la nature de la pollution c'est-à-dire du type d'aliment utilisé, de la configuration de la chaîne de traitements choisie et des paramètres physico-chimiques de l'eau. La température intervient dans une large mesure dans le rendement des procédés. Pour l'anguilliculture deux contraintes limitent le choix des procédés : - nécessité de conserver le maximum de calories donc de concevoir des ouvrages intérieurs ou isolables. On élimine donc les procédés de lagunages aérés sauf pour des élevages de type extensif avec recirculation. La présence de graisses dans l'effluent brut limite l'utilisation de filtres classiques si on n'élimine pas ces graisses au préalable. La compétitivité des bactéries éliminant les graisses et l'azote limitent les rendements des filtres. On retiendra donc des procédés tels : les lits bactériens ou boues activées. Les lits bactériens font intervenir des bactéries aérobies nécessitant une teneur minimale en oxygène. Il existe différents types de filtres bactériens dépendant de l'utilisation ou non de pression dans le filtre, du type de substrat utilisé pour la filtration bactérienne. On peut donc utiliser des filtres cylindriques sous pression garnis de plastique ou de sable, des filtres plus "extensifs" sans pression, gravitaires ou encore des disques biologiques ou tambours biologiques. Chaque procédé présente des avantages variables à différents niveaux :

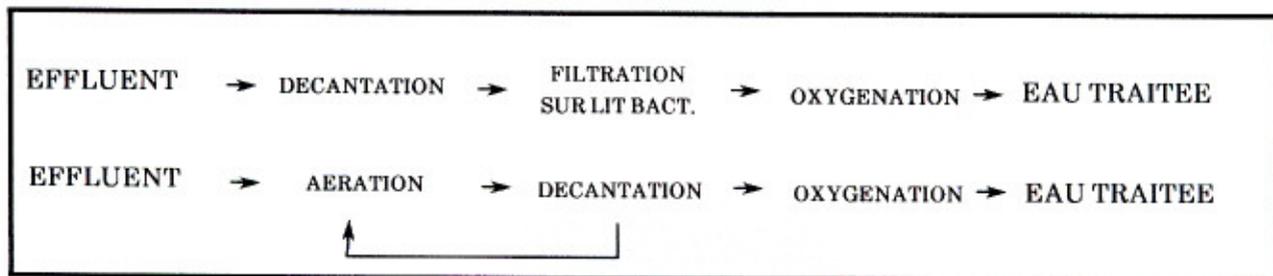
- simplicité d'utilisation,
- dépenses énergétiques,
- encombrement,
- marges de sécurité sur l'épuration,
- temps de maintenance.

Principe du lit bactérien : l'effluent débarrassé des matières solides passe à travers un substrat sur lequel sont fixées les bactéries nitrifiantes, il faut prévoir une faible teneur en MES (matières en suspension) afin d'éviter tout colmatage, une oxygénation suffisante pour obtenir un traitement complet (un manque d'oxygène se caractérise en premier lieu par la présence de nitrites dans l'eau). La mise en oeuvre de tels filtres ne se fait pas sans difficultés : l'installation progressive des différentes populations bactériennes peut conduire à des dégagements de composés toxiques, tels ammoniaque et nitrite. L'importance et la durée des "pics" toxiques dépendent de la charge en poissons et de la température. Il peut aussi y avoir des écarts de pH liés à ces variations. Les disques et tambours biologiques : il s'agit de disques en matière plastique de diamètre compris entre un à trois mètres placés côte à côte sur un axe horizontal, ces disques espacés de deux centimètres sont mis en rotation. Les bactéries fixées alternent donc entre l'atmosphère et l'effluent à traiter.

Un autre système est celui d'un tambour garni de boules de plastique et de godets récupérateurs d'eau. Ce système a l'avantage de ne pas nécessiter d'oxygénation supplémentaire et d'être d'un faible coût énergétique. Certains élevages intègrent ce système dans les bassins d'élevage afin de maintenir et de traiter les matières en suspension, d'oxygéner l'eau (se reporter aux anguillicultures danoises).

Les boues activées : il s'agit d'une culture bactérienne disposée sous forme de flocons dans un bassin brassé et aéré, alimenté en eau à épurer, cette eau pouvant avoir un traitement primaire ou non. Dans le bio-réacteur, le brassage a pour but d'éviter les dépôts et d'homogénéiser les flocons bactériens et l'eau usée. L'aération est généralement effectuée grâce à l'oxygène de l'air soit par des aérateurs de surface soit par des diffuseurs poreux. Après un temps de contact suffisant la liqueur mixte est envoyée dans un clarificateur destiné à séparer l'eau épurée des boues. Les boues déposées au fond du décanteur sont en partie recyclées ou évacuées vers la ligne de traitement de boues (digestion). D'une manière générale on ne peut retenir de système de traitement idéal mais il existe des traitements différents correspondant à des besoins différents.

LES DEUX GRANDS CHOIX DE TRAITEMENTS



Ces deux grands systèmes de base laissent intervenir chacun des micro organismes différents. La digestion anaérobie qui intervient dans le décanteur est un procédé qui permet une dégradation importante de la matière organique par une fermentation bactérienne productive de méthane en l'absence d'oxygène. Il s'agit d'un processus lent et puissant nécessitant certaines conditions de température et d'équilibre physico-chimique. La réaction se fait en deux phases successives :

- une phase de liquéfaction se traduisant par une hydrolyse de la matière organique grâce aux micro-organismes présents dans les boues.

Cette phase produit des alcools et des acides gras volatils donc de l'acidité. Afin d'accéder à la deuxième phase il convient de neutraliser les eaux à traiter par une phase de gazéification produisant du méthane et du gaz carbonique générateur d'alcalinité. Les avantages du traitement par boues activées sont les suivants : - la non-utilisation de filtres avec leurs risques de colmatage diminue fortement les temps d'intervention sur le système de traitement et les quantités d'eau utilisées pour le nettoyage. - le passage par le zéro oxygène a une influence très néfaste sur les parasites et sur les bactéries pathogènes.

LES MESURES DE CONTROLE :

Toute une gamme de tests rapides à plus ou moins grande précision permet de contrôler efficacement la qualité du traitement effectué. Il faudra retenir les mesures suivantes : pH : valeur proche de la neutralité 7-7,5. AMMONIAQUE : on mesure généralement l'ammoniac total N-NH₃ puis on effectue suivant la température le pH et la salinité, la correction sur la dissociation des ions pour obtenir la valeur du composé toxique NH₃. Nitrite, nitrate, dureté carbonatée, salinité, température, oxygène. Ces mesures doivent être prises impérativement une fois par jour afin de contrôler et de prévoir tout risque au fur et à mesure de l'évolution de la charge en poissons. Sans avoir la possibilité d'installer des analyses en continue, il faut effectuer ces mesures au moment des manipulations, moments qui semblent les plus dangereux, afin d'enregistrer les teneurs maximales journalières.

Les mesures consignées sur un journal de bord permettront de mieux cerner le fonctionnement de l'installation et des types de manoeuvres possibles. Elles permettront de définir le travail nécessaire sur l'installation :

- renouvellement en eau plus ou moins important,
- nettoyages, durées, fréquences.

Ces mesures permettent de s'assurer de l'équilibre de l'aquasystème et de la qualité de la relation "symbiotique" poisson/bactérie.

MAINTENANCE ET ENTRETIEN :

L'exploitation d'une anguilliculture nécessite d'accomplir avec rigueur un ensemble de tâches nombreuses et variées parmi lesquelles le contrôle des processus, l'entretien courant des installations et le dépannage en cas d'accident. Il est donc nécessaire de prévoir un certain nombre d'appuis logistiques tant sur le plan pratique que sur l'organisation générale des temps de présence et des tâches à effectuer. En plus de l'installation d'élevage proprement dite comprenant les bassins d'anguilles et le système de traitement, doit se trouver :

- atelier de réparation avec les outils et pièces de rechanges définies dans un cahier des charges de l'entretien.
- laboratoire d'analyse comprenant l'ensemble des tests de qualité de l'eau plus les produits de traitements des eaux et des poissons.
- système de sécurité électronique qui permet de pallier aux défauts de fonctionnement et aux pannes possibles.

La maintenance de l'installation peut se décomposer de la sorte :

- entretien/nettoyage : bassin-canalisation-filtres,
- entretien préventif du matériel électromécanique,
- contrôle des débits, des évacuations,
- contrôles de qualité,
- opérations d'élevage : tris-pesées-alimentation.

L'ensemble de ces opérations nécessite l'utilisation de documents de synthèse définissant :

- les charges,
- les quantités d'aliments distribuées,
- les nettoyages (durées, fréquences),
- les temps d'utilisation des matériels,
- les problèmes rencontrés (durées, fréquences, conséquences).

**EXEMPLE DE DOCUMENT DE SYNTHESE
DE L'ENTRETIEN GENERAL DE L'INSTALLATION**

OUVRAGE TYPE	ENTRETIEN COURANT			MAINTENANCE ELECTRO MECANIQUE			INTERVENTIONS PARTICULIERES			ANALYSES TYPES
	I N T E R V E N T I O N	F R E Q U E N C E	D U R E E	I N T E R V E N T I O N	F R E Q U E N C E	D U R E E	I N T E R V E N T I O N	F R E Q U E N C E	D U R E E	
BASSINS DECANTEURS FILTRES GROUPE POMPAGES GROUPE OXYGENATION SECURITE										

Ces paramètres permettent de définir la gestion du travail selon les caractéristiques de l'installation : - les normes des constructeurs
- l'évolution de la biomasse.

TABLEAU GENERAL DE MAINTENANCE MENSUEL

PARAMETRES/MOIS	1, 2, 3.....31
Température extérieure Température intérieure Température circuit	
NH3 + N02- N03-	
pH Dureté carbonatée Calcium Salinité	
Aliment sec humide	
Traitements	
Tris	
Nettoyages	
Biomasse totale lot 1 PT/PM lot 2PT/PM lot 3 PT/PM	
Renouvellement	
Consommations énergétiques	

E/ SECURITE DU SYSTEME DE PRODUCTION :

Le principal avantage de ce système est le contrôle et la prévention du risque. Il convient donc d'organiser la gestion des risques et de pouvoir pallier au maximum aux problèmes définis d'avance. Il sera possible de retenir en dehors des risques pathologiques propres, trois types de risques :

- naturels,
- humains,
- techniques.

Pour chaque type de risque on s'efforcera de définir les types, les causes, leur occurrence et leur durée, les conséquences, les interventions, les moyens en oeuvre et les mesures d'urgence (voir tableau de gestion du risque). On obtient ainsi un système dont les inconnues sont réduites au maximum et où toute personne peut intervenir rapidement en connaissance de cause.

Les connaissances des risques probables pour une installation donnée permet de prévoir :

- les éléments de rechanges indispensables et immédiatement utilisables,
- les réserves nécessaires (gestion de la qualité et des qualités)
- les automatismes de contrôle (sonde niveau, thermostat....).

TABLEAU DE GESTION DU RISQUE

I-RISQUES NATURELS

TYPE	DUREE	CONSEQUENCES	INTERVENTIONS	MOYENS EN OEUVRE	MESURE D'URGENCE
Sécheresse	longue rare	T° température Quant. eau	Aération renouvellement	réserves et ressources en eau	
Foudre	brève fréquente	Détérioration matériel électronique	Manuelle auto	sécurité électronique matériel rechange réserves en eau	
Tempête	brève fréquente	Détérioration extérieure	Manuelle	maçonnerie plastique	protection des animaux
Gel		Diminution T°	Régulation automatique thermostat	isolation chauffage	limiter les variations brusques

II-RISQUES HUMAINS

TYPE	CAUSE	DUREE	CONSE- QUENCES	IINTERVEN- TIONS-	MOYENS EN OEUVRE	MESURES D'URGENCES
Pollution	sabotage industrielle alimentaire	tous les jours	*quantité physico-chimique	renouvellement mise à sec contrôle d'entrée	réserve d'eau et renouvellement	chasse vidanges
malveillance		tous les jours	*quantité et qualité PHY-CH usure et casse		suivant le type	
absence du personnel		tous les jours	impossibilité surveillance et contrôle de tout risque hors automatisme	colmatage fuites évaporation	organisation de gestion de travail	suivant le type
fausse manoeuvre		tous les jours	aliment débit pêche tri casses	manuelle	réserves	
erreur de gestion	manque de stock	tous les jours	eau aliment rechanges		organisation et contrôle de gestion	

III-RISQUES TECHNIQUES

TYPE	CAUSE	DUREE	CONSEQUENCES	INTERVENTIONS	MOYENS EN OEUVRE	MESURES D'URGENCE
PANNE EDF	GREVE PANNE	1/2 JOURNEE	ARRET ELECTRIQUE	SURVEILLANCE COMMANDES AUTOMATIQUES	GROUPE ELECTROGENE	
PANNE D'EQUIPEMENT	HUMIDITE SALINITE USURE	TOUS LES JOURS	DEBORDEMENT MANQUE O2	AERATION RENOUELEMENT	EQUIPEMENT ET PIECES DE RECHANGES	VIDANGES
CASSE DE CONDUITE VANNES	MANIPULATION USURE	TOUS LES JOURS	PERTE D'EAU	ARRET CIRCUIT REPARATION	RESERVES D'O2 PIECES DE RECHANGES	VIDANGES

F / RESSOURCES EN EAU :

Pour pouvoir exprimer les ressources en eau nécessaires à une anguilliculture, il conviendra d'étudier le type de besoins du système dans tous les cas de figure possibles. Le minimum requis par l'analyse des différents risques possibles apparaît être une réserve d'au moins 20 % du volume total de l'installation afin de pouvoir assurer à l'élevage une marge de renouvellement. La qualité de l'eau neuve à une grande importance dans la réussite de l'élevage. De l'eau de rivière réchauffée et recirculée peut induire des développements de bactéries pathogènes existantes dans la rivière considérée et causer de fortes mortalités. Les besoins minimum strictement réservés à la maintenance de l'aquasystème sont de l'ordre de 10 % du volume total pour le renouvellement quotidien plus une réserve de sécurité de 20 % du volume total. Les forages où toutes eaux filtrées conviennent donc, la possibilité de trouver une eau porteuse de calories allège d'autant la facture énergétique. L'entretien, la surveillance et le contrôle de l'approvisionnement en eau de qualité est la clef de la maîtrise du système.

La possibilité de jouer sur la salinité dépend aussi des ressources en eau si l'on se trouve à proximité d'étang saumâtre, ou de littoral. Toutefois il existe des sels permettant de recréer de l'eau de mer artificielle.

La température de l'eau neuve doit être particulièrement surveillée dans certains types d'aquasystèmes comportant des risques de sursaturation gazeuse.

La situation de l'introduction d'eau neuve a donc des conséquences et des avantages pour le fonctionnement harmonique du circuit fermé.

La prévision et la gestion de la ressource en eau sont essentielles pour tout élevage de poissons. Il faudra de toutes les manières assurer un renouvellement minimum quelle que soit la situation.

Les moyens que l'on doit déployer concernent :

- le contrôle des prélèvements,
- une connaissance et une action éventuelle sur la demande en eau.

L'exploitant doit tout d'abord rester en contact avec les autorités chargées de la gestion globale de la ressource ou de la police des eaux. Ce sont en général celles qui ont donné l'autorisation de prélèvement et de rejet dans la rivière, la nappe ou le littoral. Cette autorisation outre un cahier des charges propres à l'éleveur peut comporter des indications sur les restrictions possibles, tant sur la qualité que sur les quantités disponibles en cas d'étiage sévère. Les outils d'analyses traditionnels sont suffisants pour détecter une variation sur un facteur important. Des analyses précises sont toutefois recommandées et sont réalisées par les laboratoires d'analyse (chimie, bactériologie). L'exploitant doit aussi connaître la capacité maximum de non renouvellement d'eau dans son système de traitement sans altération importante, la part doit être faite entre les deux

types de pollution envisagés, celle de la ressource ou celle de la détérioration de l'aquasystème. La présence d'une réserve autonome d'eau diminue les risques de courte durée et augmente encore l'autonomie de l'élevage face aux risques extérieurs.

La connaissance de la qualité des eaux et des variations historiques de cette qualité induira ou non des prétraitements qui deviennent possibles grâce aux circuits fermés et aux faibles besoins. L'utilisation de biofiltre là encore peut rendre meilleure la qualité d'eau neuve introduite dans le circuit, le choix du système de traitement dépend de la qualité des eaux trouvées (présence ou non de matière organique, d'ammoniac, d'oxygène, d'hydrogène sulfuré, de nitrates).

Néanmoins le manque d'expérience sur des réalisations en aquaculture nous pousse à prendre en compte des systèmes tendant à rendre l'eau potable tout en nous gardant une marge de manoeuvre plus importante.

G / RESEAUX DE DISTRIBUTIONS EVACUATIONS :

La distribution et l'évacuation des eaux représentent les configurations dynamiques du système, ainsi qu'une aide non négligeable à l'action bactérienne. Toute surface est un support possible pour les bactéries. Il existe de nouveaux plastiques anti-fixation mais leurs coûts les rendent prohibitifs. La distribution apporte la réponse dynamique de l'arrivée et de la répartition de l'eau neuve dans le bassin considéré. Il faut obtenir la meilleure répartition possible de l'oxygène dissous dans le bassin, différentes configurations sont possibles suivant le type de bassin. Les évacuations doivent permettre d'éliminer rapidement les déchets organiques tout en se protégeant des fuites de poissons, leur aspect souvent gravitaire occasionne des dépôts de matières organiques pouvant polluer le bassin.

Des évacuations de sécurité sont indispensables à chaque stade du système afin de pouvoir intervenir rapidement dès le moindre problème en utilisant des volumes d'eau disponibles et maniables. Divers ouvrages complètent généralement les réseaux de distribution et d'évacuation :

- anti-retours,
- vidanges aux points bas,
- vannes de sectionnement pour éviter des vidanges complètes,
- brises-charges pour pouvoir commander le débit par l'aval sans endommager les pompes,
- ouvrages de protection (mécaniques, électriques),
- dérivations,
- contrôles de niveaux aux points sensibles (sondes).

L'accès à ces divers ouvrages doit être aisé ainsi que la circulation possible le long des canalisations. Les tuyaux de PVC ont retenu notre attention pour ses nombreux avantages :

- résistance à la corrosion,
- facilité de réparations, branchements, modifications,
- normalisation des pièces,
- faible poids.

Les eaux transportées par le réseau sont chargées en matières organiques qui occasionnent des dépôts pouvant être la cause de colmatages de vannes ou d'autres points sensibles. La surveillance et l'entretien sont donc primordiaux pour le bon fonctionnement de l'installation. Les variations de teneur en matières organiques engendrent les mêmes variations dans la fréquence des dépôts et doivent être prises en compte dans le planning d'entretien des canalisations. L'entretien des réseaux le plus souvent effectué par ramonage entraîne l'arrêt de la distribution d'eau. Le moment choisi pour cette opération a une grande importance qui ne peut par exemple être effectuée pendant la digestion des poissons. Enfin, la conception du réseau de distribution-évacuation doit tenir compte de la gestion énergétique de l'installation pour les deux aspects :

- caloriques,
- dynamiques.

Le pompage :

La capacité des points de pompage doit être déterminée en fonction de la demande en eau définie lors de la conception de l'installation et des moyens dont dispose l'exploitant. Le débit pourra être assuré non par une pompe mais par plusieurs en fractionnant les débits de manière à obtenir les meilleurs rendements des pompes utilisées, la capacité des réservoirs pourra être utilisée comme tampon. Une règle de sécurité élémentaire consiste à avoir tout le matériel essentiel doublé afin de pouvoir interchanger les pompes dès la moindre défaillance. Cette opération ne nécessite pas la présence potentielle d'un spécialiste en électro-mécanique mais peut être effectué par n'importe quel intervenant. Un contrôle de l'entretien comportant les durées d'utilisation et les types d'entretiens réalisés permettra de rendre le système encore plus fiable. L'outillage et les pièces de rechange adaptées sont aussi indispensables, ainsi que les coordonnées des constructeurs et les manuels d'utilisation.

H / EVOLUTION DE LA QUALITE :

Toute prise de décision concernant l'entretien de l'aquasystème nécessite d'avoir établi la répartition des charges en poissons dans les bassins. Un suivi de la biomasse d'un bassin est essentiel, car elle indique le débit d'eau et la quantité d'oxygène nécessaire, les quantités d'aliment à distribuer, la pollution produite, l'établissement de documents synthétiques de l'état du système qui permettent de définir la quantité de travail et le type d'intervention avec leur fréquence et leur durée. Les contrôles de qualité permettent de s'assurer de l'efficacité des décisions et mesures prises auparavant et des changements à effectuer pour obtenir de meilleurs résultats. On constate que toute intervention humaine a des conséquences sur la stabilité de l'aquasystème. La lenteur du développement bactérien (24 h sont nécessaires à une bactérie pour se dédoubler) induit pour des manoeuvres dont les conséquences sont immédiates des réactions à plus longs termes. Les marges de manoeuvre, sécurité et mesures d'urgence doivent être quotidiennement contrôlées.

L'eau de mer :

L'eau de mer introduite dans un système ouvert ou fermé subit des altérations physico-biochimiques certaines en quelques instants, d'autres sur de plus longues périodes. Les systèmes de traitements pallient à ces altérations et certains circuits fermés marins ont permis de maintenir une qualité d'eau semblable sur de très longues périodes. La mort rapide des divers planctons marins induit une demande en oxygène. Cette matière organique va être dégradée par une population bactérienne croissante, consommatrice d'oxygène et productrice de dioxyde de carbone (respiration). Sous des conditions anaérobies, les bactéries vont produire du méthane et du sulfure d'hydrogène (fermentation). L'oxygène dissous varie aussi dès qu'interviennent des variations d'activité photosynthétique ou de température. Le matériau des bassins peut aussi faire varier la composition de l'eau du système. Un stockage prolongé de l'eau de mer altère ses qualités. Suivant la température et la période de stockage, certaines vies aquatiques ne peuvent plus s'y développer.

De l'eau de mer stockée quatre ans entre 2 et 4 degré supportait encore les bactéries dont le développement a pu reprendre. De l'eau de mer maintenue à température ambiante devient stérile au bout de six mois. L'évaporation de l'eau du système augmente la salinité, l'alimentation distribuée tend à long terme à augmenter les phosphates et les nitrates si des systèmes de dénitrification ne sont pas envisagés ou si des cultures végétales ne sont pas incorporées au circuit.