

La dénitratisation sur soufre à l'aquarium du MAAO.

Sébastien DELAPORTE et Michel HIGNETTE

Aquarium du Musée national des Arts d'Afrique et d'Océanie (MAAO)
293, avenue Daumesnil F - 75012 PARIS

L'utilisation de soufre comme support au développement de bactéries dénitrifiantes a fait l'objet de plusieurs études (P. LE CLOIREC et G. MARTIN, 1988). L'éventualité d'une utilisation en aquariologie a été testée sur des systèmes pilotes à l'aquarium du MAAO. M. Langouet a ensuite développé des systèmes plus importants à l'aquarium de St Malo. Les résultats obtenus étant jugés satisfaisants, il a été décidé d'utiliser cette méthode sur le circuit général d'eau de mer de l'aquarium du MAAO, représentant un volume de 60 000 litres.

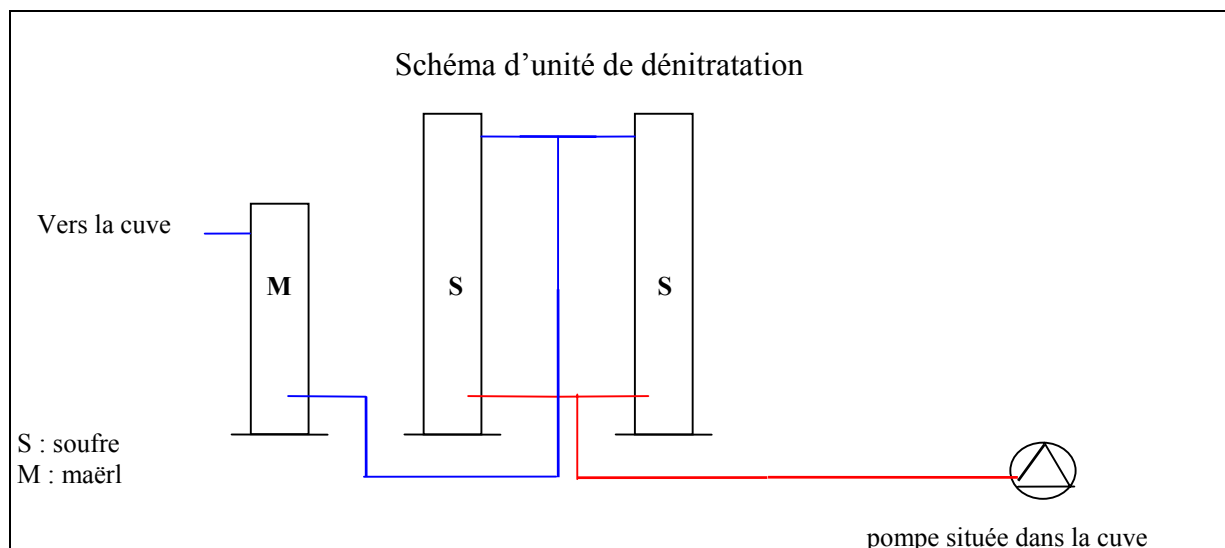
Afin d'étudier les variations des paramètres physico-chimiques de l'eau, les mesures ont été effectuées à l'aide d'un spectrophotomètre HACH DR /4000 U. La méthode utilisée permet de déterminer précisément la concentration en nitrates en retranchant l'absorbance en UV à 275 nm due à la matière organique, à celle de 220 nm due à la matière organique et aux nitrates.

Le dénitrateur est constitué de la façon suivante :

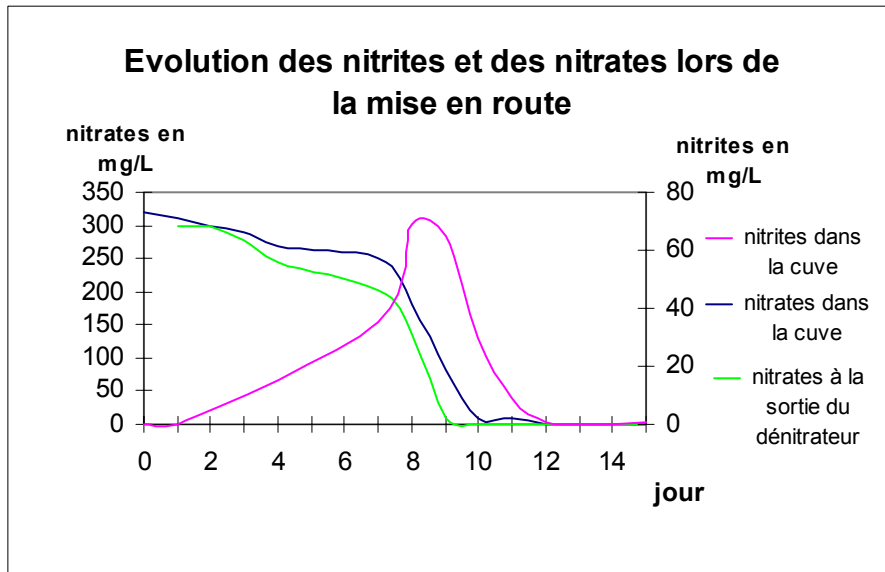
- 4 grandes colonnes en PVC d'un volume intérieur de 240 litres (hauteur : 2 m ; diamètre : 40 cm)
- 2 petites colonnes en PVC d'un volume intérieur de 25 litres (hauteur : 1,5 m ; diamètre : 15 cm)

Au total, 850 kg de soufre ont été répartis de façon égale dans 4 colonnes de 240 litres, les 2 autres colonnes contenant du maërl (squelettes d'algues calcaires).

Le dénitrateur est constitué de deux unités identiques fonctionnant en parallèle, chacune composée de 2 colonnes de soufre reliées à une colonne de maërl. Une pompe assure l'arrivée d'eau à la base de chaque colonne de soufre.



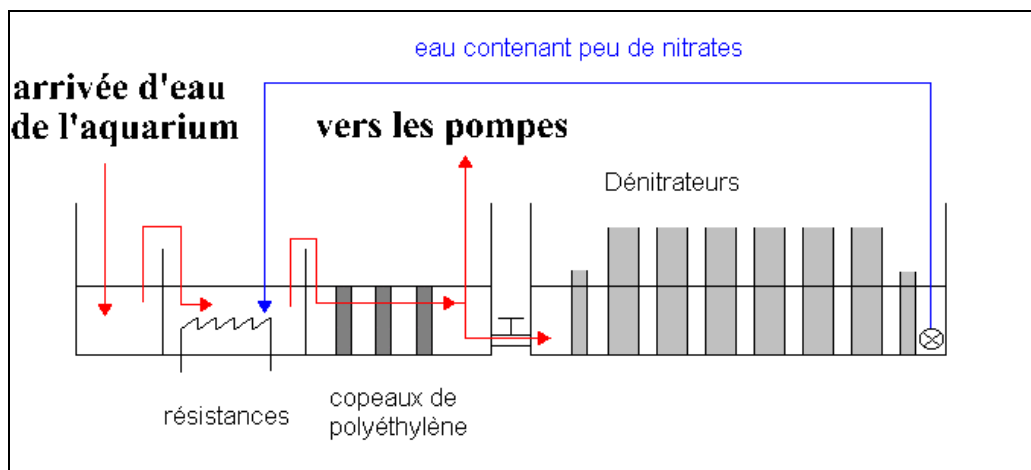
Le dénitrateur a été placé dans une cuve isolée, dans un premier temps, afin d'éviter le rejet de nitrites dans le circuit d'eau de mer de l'aquarium. En tenant compte de la modélisation réalisée lors des études précédentes (capacité maximale d'élimination de 2 kg de nitrates/j/m³ de soufre), le débit réglé au départ est de 50 L/h à la base de chaque colonne de soufre soit 200 L/h au total. La dénitrification s'effectue au départ, dans une cuve contenant 10 m³ d'eau de mer du circuit général dont la concentration est de 320 mg de nitrates/L. Les résultats obtenus sont les suivant :



Dès les premiers jours, on constate une baisse de la concentration en nitrates et une élévation de la concentration en nitrites, cette dernière ayant un pic de 69 mg/L le 8^{ème} jour. On peut penser que les bactéries déjà présentes naturellement sur le soufre se développent durant les 8 premiers jours et réduisent d'abord les nitrates en nitrites. Ce n'est qu'au 9^{ème} jour que les bactéries sont en nombre suffisant dans les colonnes de soufre pour dégrader l'ensemble des nitrates et commencer à utiliser les nitrites comme source d'oxygène. On observe alors une chute rapide des concentrations en nitrites et en nitrates dans la cuve.

Une fois la population bactérienne installée et la concentration en nitrites redescendue à un niveau très faible, on évacue l'eau de la cuve dans le circuit. Ensuite, on introduit à nouveau 10 m³ d'eau du circuit dans la cuve contenant les dénitrificateurs. Cette opération va permettre de mesurer l'activité des dénitrificateurs et la concentration des nitrites. On observe un pic de nitrites d'environ 2 mg/L après un jour de fonctionnement et la concentration en nitrates chute au bout de trois jours.

Cette opération est répétée trois fois : à chaque fois le pic de nitrites est plus discret le premier jour et la chute de la concentration en nitrates s'effectue en trois jours. Ces trois opérations ont permis d'abaisser d'environ 100 mg/L la concentration en nitrates du circuit. Ensuite, la cuve des dénitrificateurs a été connectée au circuit général d'eau de mer.



En gardant un débit de 200L/h, la concentration en nitrates passe en 13 jours de 220mg/L à 110mg/L puis reste stable. Le débit est alors augmenté jusqu'à 500 L/h et la concentration en nitrates diminue en 15 jours et se stabilise de nouveau à 20 mg/L. En routine, le débit est de l'ordre de 1500 L/h et la concentration en nitrates varie entre 4 et 10 mg/L (suivant l'alimentation des poissons).

Lors de la réaction de dénitrification, le pH varie beaucoup et descend jusqu'à des valeurs proches de 6 en sortie de colonnes de soufre. Cependant, l'utilisation de maërl permet de tamponner le pH, celui-ci oscille entre 7,2 et 7,5 à la sortie des petites colonnes de maërl. De plus, deux colonnes supplémentaires contenant chacune 150 kg de maërl sont percolées indépendamment du dénitrificateur. Le pH est ainsi plus stable à des valeurs voisines de 8 dans la cuve et dans le circuit.

Cependant, l'attaque acide subie par le maërl provoque sa décomposition partielle en fines particules et les petites colonnes de maërl colmatent assez rapidement (15 jours environ). L'entretien du dénitrificateur consiste alors à remplacer régulièrement le maërl des petites colonnes. La décomposition du substrat calcaire produit également des ions calcium dont la concentration atteint des valeurs supérieures à 600 mg/L dans le circuit général.

Après 6 mois d'utilisation à l'aquarium du MAAO, on a constaté que le soufre se délitait également. Le colmatage provoque une diminution du débit d'eau passant dans les colonnes de soufre. Il y a alors formation de zones anoxiques et dégagement d'odeurs nauséabondes. Des injections d'air à la base des colonnes permettent de décolmater le soufre dès les premières odeurs.

Les éventuels inconvénients de l'utilisation de dénitrificateur à soufre sont l'acidification du milieu et la production de sulfates. Des mesures effectuées dans le circuit général n'ont montré dans un premier temps aucune élévation de la concentration en sulfates. Mais à la suite du colmatage des colonnes de maërl provoquant de temps en temps des débordements, une partie de l'eau ayant traversée les colonnes de soufre se retrouve dans la cuve sans passer sur le maërl. La concentration en sulfates a ainsi connu des pics jusqu'à 5300 mg/L (la concentration normale se situant entre 2500 et 3000 mg/L), toutefois, les poissons n'ont montré aucune modification de leur comportement.

Des mesures effectuées sur plusieurs échantillons de maërl ont montré des concentrations en sulfates différentes suivant leur localisation dans le circuit de l'aquarium. Les résultats sont les suivants (concentration moyenne en mg de sulfates présent dans 1 g de maërl) :

- maërl pris dans des aquariums du circuit : 220 mg.
- maërl du dénitrificateur : 431 mg.
- maërl neuf : 219 mg.

Il semble que les sulfates soient précipités au niveau du maërl ce qui évite l'augmentation de leur concentration dans l'eau du circuit de l'aquarium.

L'utilisation du dénitrificateur sur soufre a permis de faire chuter en peu de temps la concentration en nitrates du circuit de l'aquarium sans qu'il y ait eu d'influence néfaste sur le comportement des poissons. Cependant, certaines précautions doivent être prises. En particulier, il faut surveiller le pic de nitrites lors de la mise en route et l'utilisation d'un substrat calcaire est recommandée à la fois pour piéger la production de sulfates, mais surtout pour maintenir un pH correct tout en augmentant la concentration en calcium.

Bibliographie:

- S. DELAPORTE, 1998.

L'élimination des déchets azotés par dénitrification sur soufre.

Rapport de stage effectué à l'aquarium du MAAO dans le cadre du Diplôme d'Ingénieur-Technologue en aquaculture continentale et aquariologie préparé à l'IUT du Montet (Université Henri-Poincaré, Nancy I).

- M. HIGNETTE, B. LAMORT, M. LANGOUET, S. LEROY et G. MARTIN, 1997.

Elimination des nitrates par filtration biologique autotrophe sur soufre en aquariologie marine.

Congrès EUAC 1996 - *Mem. Inst. Oceano. P. Ricard*: 7-13

- P. LE CLOIREC et G. MARTIN. 1988.

Simulation de la dénitrification biologique dans un réacteur soufre-carbonate de calcium

Environmental Technology Letters, **9**: 207-218.

- P. LE CLOIREC et G. MARTIN. 1988.

Procédé biologique autotrophe d'élimination totale de l'azote minéral (ammoniacal, nitrites et nitrates).

Wat. Supply, **6**: 151-156.