

Thème n°14

Un aquarium comment ça marche ?

L'objectif

- Comprendre le fonctionnement d'un aquarium et l'importance de chaque élément qui compose son circuit.

Ce qu'il faut savoir

L'EAU DANS L'AQUARIUM

L'eau est l'élément clé de l'aquarium.

Dans le milieu naturel, la vie des animaux aquatiques est étroitement liée aux paramètres physico-chimiques de l'eau : température, salinité, pH, concentration en dioxygène, hydrodynamisme, lumière (voir thème : Les êtres vivants dans leur milieu).

De plus, les animaux aquatiques se nourrissent, respirent et rejettent dans l'eau (fèces, dioxyde de carbone). Ils vont donc par l'accomplissement de leurs fonctions vitales, polluer l'eau dans laquelle ils vivent. Or les animaux aquatiques n'étant pas des « réservoirs étanches », il existe des échanges avec le milieu dans lequel ils évoluent. Certaines muqueuses sont au contact direct de l'eau de mer (l'intérieur de la bouche et les branchies chez les poissons). Dans un milieu clos (aquarium) où la densité d'animaux est souvent supérieure à celle du milieu naturel, la qualité de l'eau peut varier rapidement. Sa surveillance est donc indispensable et un équipement approprié doit être mis en place.

LE CYCLE DE L'AZOTE

L'azote est un élément chimique essentiel de la matière vivante. Il entre dans la composition des protéines. Les composés azotés se retrouvent dans les excréments, l'urine, les débris végétaux et les cadavres d'animaux. Ils sont dégradés par des bactéries en composés ammoniacaux puis en nitrites (NO_2^-) tous les deux très toxiques pour les êtres vivants. D'autres bactéries transforment ensuite les nitrites en nitrates (NO_3^-) peu toxiques pour les animaux et directement utilisables par les végétaux comme engrais. L'ensemble de ces transformations est appelé cycle de l'azote.

En aquarium, ce cycle peut être « perturbé » par l'apport de nourriture et le manque de végétaux capables d'assimiler les nitrates.

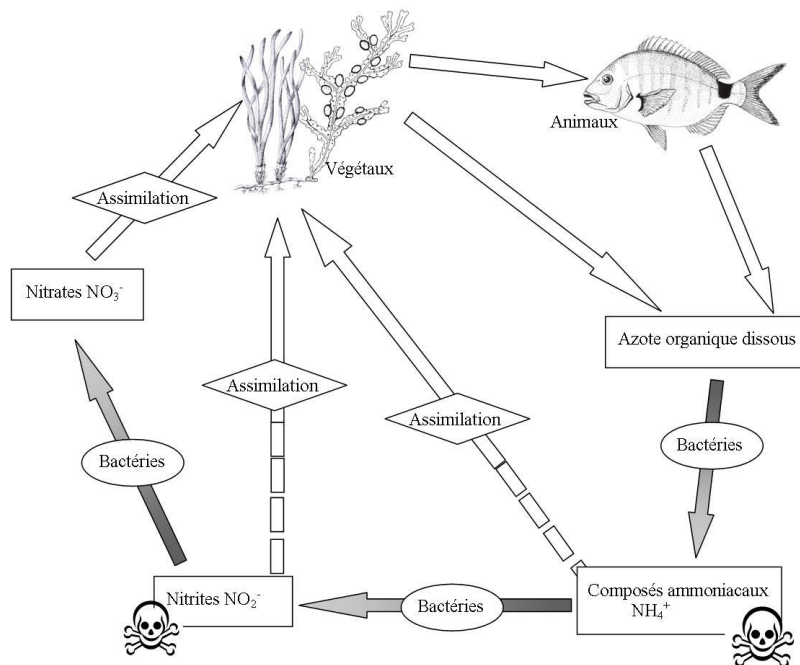


Fig. 1 : Schéma simplifié du cycle de l'azote

L'ÉQUIPEMENT D'UN AQUARIUM

Le maintien en aquarium d'animaux et de végétaux dans des conditions optimales nécessite la mise en place d'un équipement technique adapté.

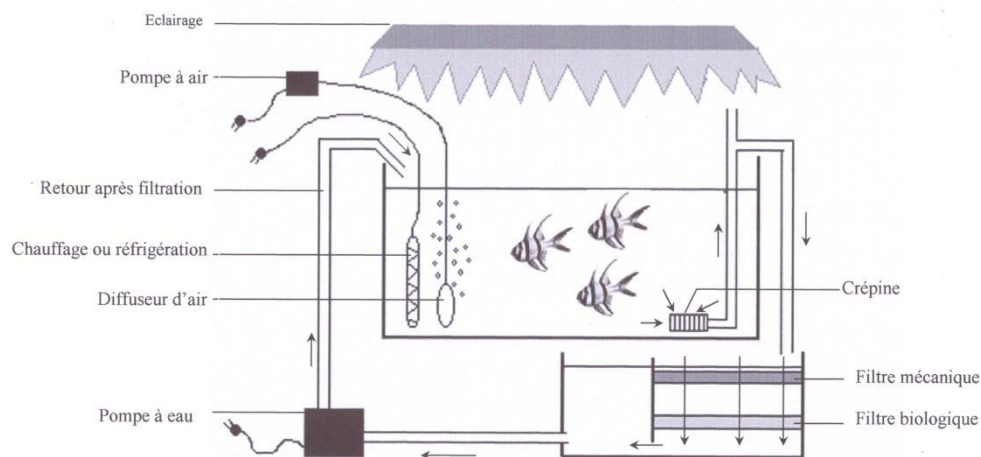


Fig. 2 : L'équipement d'un aquarium

Le système de filtration : L'eau circule à travers des couches successives de matériaux filtrants (mousse, laine de verre, sable) qui retiennent les particules en suspension (restes de nourriture, fèces, débris végétaux). C'est la filtration mécanique.

L'eau traverse ensuite un second compartiment. Il contient des bactéries qui vont transformer les substances azotées toxiques en nitrates. Il s'agit de l'épuration biologique. Les bactéries sont naturellement présentes dans l'eau mais l'existence d'un matériau leur offrant une grande surface de fixation (sable calcaire très poreux, laine de verre, laine perlon) facilite le développement des colonies bactériennes dans ce compartiment.

La pompe à air et le diffuseur d'air : Le dioxygène sert à la respiration des animaux et des végétaux (voir thème 7 : La respiration et l'occupation des milieux) mais également aux bactéries indispensables au fonctionnement du filtre biologique. Le système d'aération produit des bulles d'air qui s'élèvent dans toute la hauteur d'eau de l'aquarium. Plus que les bulles d'air produites, c'est le brassage de la surface de l'eau qui permet l'oxygénation de l'aquarium. Il facilite la dissolution du dioxygène atmosphérique dans l'eau et l'élimination du dioxyde de carbone dissous.

La pompe à eau : Elle permet la circulation de l'eau entre le filtre et l'aquarium. Elle est donc indispensable à l'épuration de l'eau. Le débit de la pompe doit être suffisant pour filtrer la totalité du volume de l'aquarium en 45 minutes environ.

Les mouvements d'eau créés par la pompe à eau et la pompe à air permettent également d'éviter les zones d'eau stagnante et d'homogénéiser la température dans tout le volume d'eau. Quant aux déchets ils sont remis en suspension et peuvent ainsi être éliminés plus rapidement.

L'éclairage : Il est déconseillé d'exposer un aquarium à la lumière directe du soleil. En effet celle-ci ne peut être dosée et lorsqu'elle est trop abondante, elle est à l'origine du développement d'algues indésirables. En revanche, l'installation d'une source lumineuse artificielle est indispensable à l'équilibre de l'aquarium. Le contrôle de la photopériode (alternance jour-nuit) permet le maintien des rythmes biologiques chez les animaux (période de repos, de chasse...). La lumière est également indispensable aux végétaux marins qui réalisent grâce à elle la photosynthèse permettant leur croissance. Il en est de même pour les coraux qui vivent en symbiose avec les micro-algues (voir thème : Les récifs coralliens).

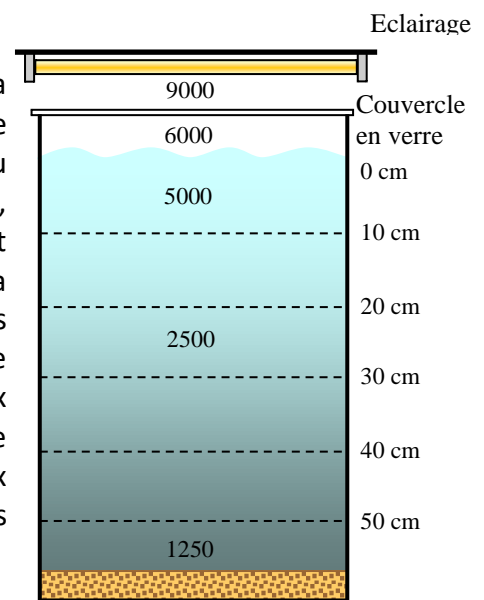


Fig. 3 : Mesure de l'intensité lumineuse (en lux) dans un aquarium en fonction de la hauteur d'eau

Un aquarium doit donc être équipé d'un éclairage qui se rapproche le plus possible de ce que l'on rencontre dans le milieu naturel en veillant à la qualité de la lumière fournie, sa puissance et la durée d'éclairement.

Le chauffage ou la réfrigération : Le contrôle de la température est primordial en aquarium puisque ce paramètre régule la croissance des animaux et des végétaux et influe sur la concentration en dioxygène dissous dans l'eau (plus une eau est chaude et plus son pouvoir de dissolution en dioxygène est faible).

T °C	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
O ₂ mg/litre	10,1	9,9	9,7	9,5	9,3	9,1	8,9	8,7	8,6	8,4	8,3	8,1	7,9	7,8

Tableau 4 : Teneur maximale d'une eau douce en dioxygène en fonction de la température

Les animaux maintenus en aquarium sont hétérothermes, ils sont incapables de réguler leur température interne et elle varie donc avec celle du milieu dans lequel ils vivent. Un changement brutal de la température peut les stresser et favoriser l'apparition de maladies opportunistes. Certains sont plus sensibles que d'autres aux variations de températures. La température optimale pour l'aquarium dépendra donc des espèces mises en élevage.

La crépine : La crépine est une sorte de préfiltre qui évite aux animaux d'être emportés par le courant d'eau vers le filtre.

LA MISE EN ROUTE

Dans un aquarium nouvellement mis en service, la colonisation du filtre biologique par les bactéries s'effectue lentement par phases successives au fur et à mesure de l'apparition des différents composés azotés. La disparition complète de toute trace de composés ammoniacaux et de nitrite indique que les colonies bactériennes se sont bien implantées. 2 à 3 semaines sont souvent nécessaires (voir fig. 5) et il est alors possible d'introduire progressivement les premiers animaux.

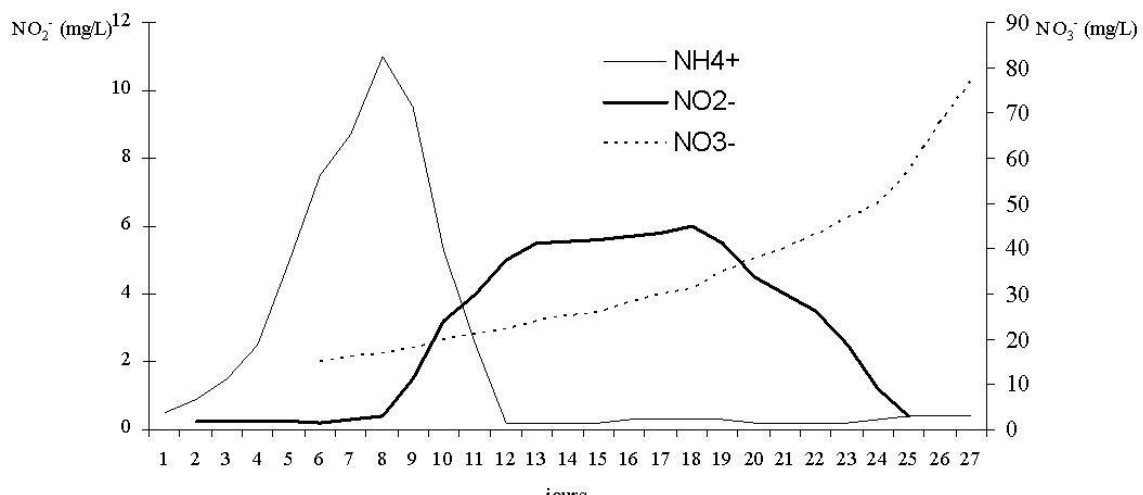


Fig. 5 : Evolution des concentrations en ammonium (NH₄⁺), nitrite (NO₂⁻) et nitrate (NO₃⁻) lors de la mise en eau d'un aquarium

LES PRINCIPAUX PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES DE L'EAU

La température

Elle doit être mesurée en permanence dans un aquarium grâce à un thermomètre à alcool immergé à bonne distance de la source de chaleur pour qu'il ne subisse pas directement son influence.

La salinité

La salinité est la mesure de la quantité de sels minéraux dissous dans l'eau de mer. Elle s'exprime en gramme par litre et est en moyenne de 35 g/l dans les océans. Parmi les 60 éléments (magnésium, soufre, calcium, potassium...) présents dans l'eau de mer, le chlore et le sodium sont les plus abondants. La réunion des deux éléments (le chlorure de sodium) constitue 85% du total des sels. D'autres n'y sont présents qu'en très faible quantité comme le cobalt, l'or... La salinité en aquarium varie en fonction des apports d'eau neuve mais également en fonction de l'évaporation. Elle doit être contrôlée tous les 15 jours.

Le pH

Le pH mesure l'acidité ou la basicité d'une solution et varie de 1 à 14, 7 étant la valeur de neutralité. Les limites de la vie aquatique se situent entre 5 et 9. Le pH de l'eau de mer mesuré dans le milieu naturel est de 8,3. En revanche il peut varier en aquarium au cours de la journée entre 8 et 8,5. En effet, si un excès en dioxyde de carbone (lié à la respiration des animaux) fait descendre le pH, une augmentation du taux de dioxygène (activité photosynthétique des végétaux) produit l'effet inverse. Il se mesure avec un appareil électrique nommé pH-mètre ou plus simplement avec du papier-pH.

Le dioxygène

La teneur en dioxygène se mesure en mg/L. Une eau froide « douce » bien brassée et donc bien oxygénée, contient jusqu'à 10 mg/L de dioxygène. Son dosage est délicat. Tout doit donc être mis en œuvre en aquarium pour que la teneur en dioxygène soit à son maximum (brassage de l'eau avec des pompes, diffuseur d'air). Cette règle est d'autant plus vraie dans les aquariums d'eau de mer tropicale puisque le pouvoir de dissolution du dioxygène diminue avec l'élévation de température et de salinité.

Les composés azotés

Ceux-ci doivent être contrôlés régulièrement au moment de la mise en route de l'aquarium. L'obtention de courbes identiques à celles présentées sur la fig. 5 est une preuve de l'installation et de l'efficacité des colonies bactériennes. Une fois le peuplement de l'aquarium mis en place, le contrôle de ces paramètres s'effectue de façon hebdomadaire. Les concentrations en ammoniacque dans un aquarium ne doivent pas excéder 0,4 mg/L. Pour les nitrites, la limite se situe à 0,1 mg/L. La teneur limite en nitrate dépend quant à elle de la population maintenue en aquarium. Pour les poissons marins, celle-ci peut être de 100 mg/L mais il est prudent de ne pas dépasser 50 mg/L. Les invertébrés et notamment les coraux étant plus sensibles, il est conseillé de les maintenir dans des eaux dont la concentration en nitrate n'excède pas 10 mg/L.

Le contrôle des composés azotés peut se faire grâce à l'utilisation de tests simples (kit avec des réactifs) fondés sur un changement de coloration de l'eau à analyser que l'on compare à une échelle colorimétrique.

A L'AQUARIUM LA ROCHELLE

Chacun des aquariums présentés au public est équipé d'un système de filtration mécanique et biologique. La totalité des filtres est réunie en sous-sol dans une salle. L'eau de chaque aquarium est filtrée en 1 heure à 1 h 30. Ce temps de circulation est défini selon la population qui y évolue (nombre d'animaux et sensibilité aux composés azotés).

La production énergétique du chaud et du froid en toute saison pour le maintien en température des divers aquariums est assurée par deux groupes thermodynamiques réversibles encore appelés pompe à chaleur. C'est l'eau de mer des bassins du port qui jouxte l'Aquarium qui est utilisée pour puiser ou dissiper l'énergie nécessaire. Les transferts énergétiques de l'eau du port vers l'Aquarium permettent de réduire environ par 4 les quantités d'énergie électrique nécessaires (pour 1000 KWh fournis, les machines consomment 250 KWh).

Selon les caractéristiques techniques des aquariums (hauteur d'eau) et leur population, mais également en fonction de l'effet recherché, différents éclairages ont pu être retenus. Très peu d'aquariums reçoivent la lumière naturelle. La plupart sont équipés de lampe HQI (lampe aux halogénures métalliques), plus rarement de tubes fluorescents, de fibres optiques ou de LED (diode électroluminescente).



L'une des salles de filtration



2 salles de quarantaine pour accueillir et acclimater les animaux avant de les transférer dans les aquariums de présentation



La régulation thermique des aquariums est assurée par des pompes à chaleur



Salle de préparation de la nourriture



Des galeries techniques permettent d'accéder aux aquariums afin d'en assurer la maintenance

En direct de l'aquarium

- Indications des volumes et des températures des aquariums d'exposition.
- Selon la programmation, le film « Les coulisses de l'Aquarium » projeté en continu dans l'amphithéâtre René Coutant.

Activités pédagogiques en lien avec ce thème

Travaux pratiques

- L'eau de l'aquarium : milieu de vie, niveau collège et lycée

https://www.aquarium-larochelle.com/wp-content/uploads/2021/06/activite_eau_de_laquarium_aquarium_la_rochelle.pdf

Rencontre thématique du cycle III au lycée

- Un aquarium : comment ça marche ?
- Les métiers de l'Aquarium

Après votre visite

- Analyser l'eau du robinet ou d'un aquarium en mesurant divers paramètres : température, pH, composés azotés.

Ressources

Ouvrages et DVD :

- Thème 2 du dossier pédagogique : « les êtres vivants dans leur milieu »
- Un aquarium pour apprendre, CRDP Poitou-Charentes
- Le Livre de l'Aquarium, chapitre : « Dans les coulisses de l'Aquarium »
- DVD « Les coulisses de l'Aquarium »
- DVD « La construction de l'Aquarium »

En ligne :

- un aquarium en classe : choix du matériel et installation. Exploitations pédagogiques pluridisciplinaires

<http://pascal.g04.free.fr/Scolaquarium>