

DESCRIPTION ET FONCTIONNEMENT D'UNE INSTALLATION EN CIRCUIT FERME
DESTINEE A L'ELEVAGE DE LARVES ET JUVENILES DE SOLES. PREMIERS RESULTATS.

par

J.P. ALAYSE +, J. LAHAYE +

+ Faculté des Sciences et Techniques 29283 Brest Cédex

R E S U M E

Une installation destinée à expérimenter l'influence de la photopériode sur la croissance de jeunes poissons plats a été mise au point au Laboratoire. Les bacs expérimentaux fonctionnaient d'une manière autonome. Notre travail a permis de mettre au point un système de circulation de l'eau en circuit fermé en regroupant tous les bacs.

Ce dispositif comporte quatre parties :

- un système de traitement de l'eau usée, composé d'un grand bac servant au recyclage et à la filtration de l'eau et d'une lampe germicide à ultraviolets.

- un système de répartition par gravité de l'eau recyclée.

- les 12 bacs servant à l'expérimentation.

- un système de récupération par gravité de l'eau usée, évacuée par un trop-plein au niveau de chaque bac et ramenée par un collecteur vers le bac de recyclage.

Le choix d'une telle installation a été motivé par le fait qu'ainsi tous les bacs bénéficient d'une eau identique, le système de traitement de l'eau permettant de maintenir certains paramètres à peu près constants (densité, pH, NO_3 , NO_2). Un renouvellement d'environ 200 l d'eau est fait chaque semaine.

Des essais en photopériodes variables ont été faits sur 2 lots de larves de Soles à l'éclosion (5 850 et 12 000 individus), ainsi que sur un lot de 840 juvéniles à 26 jours.

A B S T R A C T

The experimental unit used previously in our laboratory for the study of the effect of the photoperiod on the growth of flatfish was based on the use of tanks with separate recirculation systems. We modified it, connecting the different tanks to a single, more powerful recirculation system.

This new unit comprised four different parts :

- a biological filter and an ultraviolet sterilizer.

- a gravity operated water distribution system.

- a series of 12 rearing tanks.

- a piping system connecting the tank outlets to the biological filter.

The total volume of the unit was 8 900 l. 200 l were changed every week.

The main advantages of this new unit was that the quality of the water supplied to all tanks could be exactly the same, and that various parameters (salinity, pH, nitrites, nitrates) could be maintained at the same level all along the experiment.

The unit was used in an investigation on the effect of different photo-periods on two batches of newly hatched soles (5 850 and 12 000 fish) and a batch of metamorphosed ones (840 fish).

M O T S - C L E S : Circuit fermé, Elevage, Sole.

K E Y W O R D S : Closed system, Breeding, Sole.

INTRODUCTION

Une installation destinée à expérimenter l'influence de la lumière sur la croissance de jeunes poissons plats a été mise au point (J. LAHAYE - L. QUINIOU, 1978).

Dix enceintes, isolant chacune un bac de la lumière extérieure, composent cette installation. A l'intérieur, un système permet de recréer un éclairage artificiel en jouant sur des facteurs tels l'extinction et l'allumage progressifs des tubes fluorescents, la photopériode et, ou, l'intensité lumineuse.

Initialement, les bacs expérimentaux fonctionnaient de manière autonome, une pompe aspirante-refoulante montée sur une colonne filtrante assurant la filtration pour chacun d'eux. De ce fait, il était délicat de maintenir dans les différents bacs, une eau de qualité identique.

Notre travail a consisté à mettre au point un système de circulation de l'eau en circuit fermé regroupant tous les bacs expérimentaux. Cette installation comporte un système de traitement de l'eau utilisant la dégradation bactérienne et l'assimilation par les algues des déchets organiques. Une chambre permettant l'irradiation par ultra-violet a été adjointe en cours de fonctionnement du circuit.

Le choix d'une telle installation a été motivé par le soucis d'avoir une eau de qualité identique pour tous les bacs et pour essayer de maintenir certains paramètres (pH, NH_3 , NO_2 , NO_3 , densité bactérienne) dans des limites compatibles avec la vie de nos poissons.

1. DESCRIPTION DE L'INSTALLATION

La circulation de l'eau se fait par l'intermédiaire d'une pompe à entraînement magnétique d'un débit maximum de 2 m³/heure.

L'ensemble de l'installation représente un volume de 900 litres d'eau de mer. Elle regroupe un bac de traitement de l'eau, une chambre d'irradiation par rayons ultra-violet, une réserve pour stocker l'eau traitée, un circuit de distribution de l'eau, douze bacs expérimentaux et enfin un circuit de récupération de l'eau usée. La pompe est intercalée entre le bac de traitement et la chambre d'irradiation.

1.1. Système de traitement de l'eau usée

- Epuration et recyclage

Les opérations d'épuration et de recyclage de l'eau ont lieu dans un bac en résine et laine de verre, d'un volume total de 380 litres. Ce bac (voir Fig. 1) a été divisé en six compartiments à l'aide de cloisons en contre-plaqué marine enduit de rubson liquide. Afin de permettre la circulation de l'eau, ces cloisons ont été percées d'orifices, alternativement en bas ou en haut, créant ainsi un système de chicanes.

Le premier compartiment (n° 1), par lequel se fait l'arrivée de l'eau à traiter, contient une batterie de quatre systèmes d'épuration, appelés couramment "écumeurs". Ces écumeurs (Fig. 2) sont composés de deux parties distinctes :

- le réacteur, dans lequel à l'aide d'un diffuseur à bulles fines, est entretenu un bouillonnement intense, générateur d'écume. Le haut du corps du réacteur est percé d'orifices permettant l'entrée de l'eau à épurer. Un exhausteur, fonctionnant à l'aide d'un second diffuseur, est accolé au réacteur permettant la circulation de l'eau à contre courant de la colonne de bulles d'air.

- l'écumoir, dont le rôle est de récupérer l'écume chargée d'impuretés (protéines en particulier) s'élevant de la partie supérieure du réacteur. L'écume ainsi recueillie se désagrège progressivement ne laissant qu'un liquide jaunâtre. Celui-ci est évacué par un petit tuyau, sortant de la base de l'écumoir, vers un récipient qui est nettoyé régulièrement.

Ce matériel, de conception simple, a été fabriqué à l'aide de bouteilles en plastique et de tuyau PVC (chlorure de polyvinyle).

Dans ce premier compartiment, un reniflard permet l'évacuation de l'eau vers un siphon de sol, au cas où se ferait une augmentation anormale du niveau de l'eau.

Les deux compartiments suivants (n° 2 et n° 3) servent à la décantation des plus grosses particules de l'eau. Ils sont remplis de morceaux de tubes plastiques ($L = 25 \text{ mm}$; $\varnothing = 35 \text{ mm}$). Ces tubes offrent une surface idéale pour la fixation d'un film bactérien ; de plus, ils permettent une bonne circulation de l'eau.

Dans les compartiments 4 et 5, l'eau de mer subit un traitement à la fois biologique et chimique. En effet, ces deux compartiments contiennent du maërl. Ce matériau, squelette d'algues calcaires du genre *Lithothamnium* est d'une texture assez grossière. Les nombreux anfractuosités et pores représentant une grande surface de contact avec l'eau à traiter, permettent la fixation d'une flore bactérienne importante. De plus, sa nature calcaire doit intervenir dans le maintien du pH de l'eau de mer (voisin de 8).

Avant d'être utilisé, ce maërl a été abondamment nettoyé au jet d'eau, a trempé deux fois de suite 48 heures dans de l'eau de javel, a ensuite été rincé à grande eau puis enfin séché.

De la laine de perlon est placée à la sortie du 5e compartiment, afin d'empêcher le passage dans le circuit de fines particules résultant de la désagrégation du maërl.

Enfin dans le sixième et dernier compartiment, des Entéromorphes (*Enteromorpha intestinalis*) ont été introduites. Ces algues vertes (SHELBOURNE, 1968) ont la fonction d'absorber certains résidus organiques, tels les nitrates. Ces algues sont soumises à un éclairage continu à l'aide de quatre tubes fluorescents (2 gro-lux, 2 day-light) de 20 Watts. Un renouvellement mensuel des algues est nécessaire.

C'est dans ce compartiment que l'eau est aspirée pour être réinjectée dans la circulation générale. Une crépine en plastique, contenant de la laine de perlon est fixée à l'extrémité du tuyau afin d'empêcher l'aspiration des algues.

- Irradiation aux U.V.

L'eau pompée passe ensuite dans une chambre de traitement, en verre, de forme tubulaire, qui possède deux orifices latéraux permettant la circulation de l'eau. Chacune de ses extrémités est fermée par un joint de colle au silicone. La chambre renferme un tube de verre de silice perméable aux rayons U.V. et contenant le générateur. La bande principale du spectre émis se situe autour de 253,7 nanomètres.

Ce système permet une stérilisation partielle de l'eau. La puissance choisie, 30 Watts, semble suffisante pour le traitement du volume total de l'eau de notre circuit. TERVER (1975) indique l'utilisation d'un modèle de 30 Watts pour une capacité moyenne de 1 000 litres.

1.2. Stockage et redistribution de l'eau traitée

- Stockage

Après irradiation, l'eau est refoulée dans une cuve en PVC d'un volume total de 125 litres. Celle-ci est placée à 2 m 50 du sol, afin d'assurer une redistribution de l'eau par gravité. Deux sorties sont prévues (voir Fig. 1). La première, munie d'une vanne, emmène l'eau vers les bacs expérimentaux. La seconde reliée à un système de trop-plein ramène l'eau excédentaire vers le bac de recyclage où elle est traitée à nouveau. Ce système permet, si besoin est, d'isoler complètement les bacs d'élevage et la partie traitement de l'eau.

- Redistribution

Après la vanne l'eau est prise en charge par des canalisations en PVC ($\phi = 25$ mm). A l'aplomb de chacun des bacs expérimentaux, existe une sortie munie d'un robinet prolongé d'un tuyau souple.

1.3. Bacs servant à l'expérimentation

Ces bacs, de forme rectangulaire (volume 48 litres) en plexiglass neutre, sont au nombre de douze, dont dix dans les "boîtes à lumière". Chacun d'eux a un côté percé d'un trou, dans lequel est inséré un tube coudé servant à maintenir le niveau constant. Le volume d'eau est ainsi limité à 30 litres. L'extrémité extérieure de chaque tube coudé est relié à un tuyau souple amenant l'eau par gravité vers le système de récupération.

Afin d'éviter l'entraînement hors du bac des poissons en cours d'expérimentation, ou de leur nourriture, un jeu de crépines se fixant sur la partie intérieure du trop-plein a été fabriqué. L'armature de ces crépines (voir Fig. 3)

est constituée de deux cercles de 9 cm de ϕ ainsi que de 3 baguettes de 15 cm de long en PVC. De la toile à bluter y est ensuite tendue. Un manchon permettant le raccordement est collé sur le cercle supérieur. Dans chacun de ces bacs, le brassage de l'eau est assuré par bullage d'air comprimé (0,4 bar).

1.4. Récupération de l'eau usée

Les tuyaux souples venant des bacs expérimentaux plongent dans des "pipes" verticales soudées au tube collecteur. Celui-ci (Fig. 1) est situé horizontalement sous les bacs. D'un diamètre de 90 mm, il amène l'eau au bac de traitement.

Les pipes dont la hauteur est plus élevée que celle du bac de traitement, ne permettent pas le refoulement de l'eau à l'extérieur du circuit.

1.5. Renouvellement de l'eau du circuit

Toutes les semaines environ 200 litres d'eau de mer sont renouvelés. Ceci a pour but d'éviter d'une part l'accumulation de substances nocives dans l'installation, d'autre part, la disparition d'éléments traces assimilés par les bactéries, les algues ou les poissons.

2. FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION

Cette installation fonctionne de manière ininterrompue depuis plus de trois mois. Nous nous sommes attachés à suivre un certain nombre de paramètres, passés en revue ci-dessous, pouvant nous servir d'indicateurs quant au bon fonctionnement de l'installation.

2.1. Circulation et débit de l'eau

Au niveau des bacs expérimentaux, l'ouverture maximum de la vanne et des robinets d'arrivée nous donne un débit de 150 litres heure/bac, c'est-à-dire cinq fois le volume du bac, ce qui est plus que suffisant.

Un premier réglage du débit se fait par la vanne, à la sortie de la réserve. Un second, plus fin, est effectué à l'aide des robinets amenant l'eau à chacun des bacs.

Un risque de colmatage dû à la présence de maërl dans le bac de traitement était possible, entravant ainsi la circulation de l'eau. Nous avons seulement constaté dès le départ, lors du fonctionnement de l'installation, une légère perte de charge permanente dans le dernier compartiment du bac de recyclage. Ce ralentissement ne s'est pas accentué, l'état d'équilibre étant semble-t-il atteint.

2.2. Contrôle de la salinité

Ne recherchant pas une très grande précision, celle-ci est effectuée à l'aide d'un densimètre. Nous maintenons une salinité voisine de 32,5‰, ce qui donne à 15°C une densité d'environ 1,0240 et à 18°C d'environ 1,0235. Un apport d'eau douce quotidien est fait afin de compenser l'évaporation.

2.3. Contrôle des taux des déchets du métabolisme azoté

Les taux des résidus du métabolisme azoté peuvent être considérés comme des indicateurs de bonne santé d'un élevage en milieu confiné. En effet, excréments et nourritures non consommés provoquent l'apparition de déchets organiques. Ceux-ci pris en charge par les colonies bactériennes existant dans le bac de traitement, sont transformés en ammoniacque (ammonification), en nitrites (nitrosation) et enfin en nitrates (nitratation).

Au delà de certaines concentrations, ces composés deviennent toxiques pour les poissons. Particulièrement l'ammoniacque (NH_3) en milieu basique. TERVER (1975) donne comme dose toxique minimale 0,2 à 0,5 mg d'N/litre pour l'ammoniacque, 10 à 20 mg/l pour les nitrites et 100 à 300 mg/l pour les nitrates.

Une accumulation de nitrates, tout en étant moins toxiques en eux-mêmes, pourrait provoquer la prolifération de colonies bactériennes spécialisées dans la dénitrification, avec pour conséquence, une montée du taux de nitrites, qui eux sont toxiques à beaucoup plus faible dose.

Les algues entéromorphes évitent cette concentration de nitrates. De plus, nous procédons, comme nous l'avons vu plus haut, à un renouvellement partiel de l'eau du circuit.

Actuellement il semble que notre système ait atteint un état d'équilibre satisfaisant (voir Fig. 4). En effet, les limites supérieures enregistrées ont été nettement inférieures aux doses toxiques minimales proposées par TERVER :

- pour l'ammoniacque	0,07 mg d'azote/litre
- pour les nitrites	0,017 mg d'azote/litre
- pour les nitrates	6 mg d'azote/litre.

2.4. Contrôle du taux d'oxygène

La concentration en oxygène est très importante dans un élevage en milieu confiné. En effet, un déficit en oxygène a non seulement des répercussions néfastes directes sur la croissance des poissons, mais aussi indirectes en déséquilibrant la flore bactérienne.

Les bactéries responsables de la nitrosation et de la nitratation sont avides d'oxygène. Leur disparition entraînerait l'accumulation d'ammoniacque, qui nous l'avons vu est toxique, même à faible concentration.

L'oxygénation de notre système est assuré par un bullage d'air comprimé dans chaque bac expérimental, ainsi que par les Entéromorphes (photosynthèse) du bac de recyclage.

Des mesures faites dans le bac de recyclage, ainsi que dans les bacs expérimentaux ont donné des valeurs proches de la saturation ($\approx 5 \text{ ml d'O}_2/\text{l}$ à 18°C pour $S \approx 32,5 \%$).

2.5. Contrôle du pH

Dans un système fonctionnant en circuit fermé l'accumulation de matières organiques en décomposition peut faire chuter le pH, ce qui est évidemment néfaste pour les poissons. L'utilisation de maërl dans le système de filtration, jouant le rôle de réserve de carbonate de calcium, ainsi que les Entéromorphes éclairées en continu, nous permettent de lutter efficacement contre cette chute de pH.

Ainsi durant les trois mois de fonctionnement, la valeur du pH a oscillé entre 7,92 et 8,20. Ce qui est satisfaisant, le pH moyen de l'eau de mer avoisinant 8.

2.6. Contrôle bactérien

Au 45e jour de fonctionnement, une numération sur milieu de Zobell a été effectuée. Trois prélèvements ont été faits dans l'eau de deux bacs expérimentaux et dans l'eau du bac de recyclage. Les valeurs obtenues sont les suivantes :

- 22.10^4 et 16.10^4 individus/ml pour les deux bacs expérimentaux ;
- 20.10^4 individus/ml pour le bac de recyclage.

Ces trois valeurs sont comparables, compte tenu des erreurs de manipulation et sont supérieures d'un facteur 10 à la concentration moyenne de bactéries en eau de mer naturelle ($\approx 2 \times 10^4$).

Nous avons ajouté au système, une chambre à irradiation aux ultra-violets permettant une stérilisation partielle de l'eau. Des contrôles ultérieurs seront effectués pour voir l'efficacité de ce système.

3. PREMIERS ESSAIS

Pour tester notre installation, nous avons réalisé trois premières expériences portant sur la croissance de larves et de juvéniles de soles, soumis à l'influence de différentes photopériodes. Ces poissons provenaient du Service d'Aquaculture du Centre Océanologique de Bretagne.

Chaque lot de poissons est réparti également entre les douze bacs expérimentaux. Ceux-ci subissent les photopériodes suivantes :

- 1 et 2 = lumière naturelle
- 3 et 4 = 12 L./12 Ob.
- 5 et 6 = 12 L./12 Ob.
- 7 et 8 = 18 L./ 6 Ob. avec allumage et extinction progressifs
- 9 et 10 = 6 L./18 Ob. des tubes fluorescents ("crépuscule").
- 11 et 12 = lumière continue

3.1. Elevages larvaires

- Premier lot de 5 850 larves à l'éclosion

Les conditions d'expérience étaient les suivantes : une température de 15°C - un débit par bac passant de 10 à 40 litres/heure - une photopériode naturelle comprise entre 13 et 14 heures.

La nourriture a consisté en *Brachionus plicatilis* et *Artemia salina* (stades nauplius, puis A₂) (FUCHS, comm. pers.).

- Second lot de 12 000 larves à l'éclosion

Les conditions d'expérience sont identiques à celles du premier lot, sauf pour la température qui a été fixée à 18°C.

- Résultats

Pour le premier lot, nous avons pu observer une croissance (taille, poids) jusqu'au 15e jour (Fig. 6). Ensuite la mortalité devient tellement importante qu'il ne nous a pas été possible de continuer l'expérience. Au 20e jour, seuls quelques individus survivent par bac. Aucune larve n'est arrivée à la métamorphose.

L'élevage du second lot s'est soldé par un échec total : au 10e jour, la quasi totalité des larves avaient disparu.

Dans les deux cas, nous avons pu constater que les larves avaient la queue qui se nécrosait. Pensant à une attaque bactérienne, nous avons fait la numération citée précédemment, ce qui nous a amené à ajouter à l'installation, une chambre de stérilisation par rayons ultra-violet.

3.2. Elevage de juvéniles

Cette expérience a duré 40 jours. Le lot comportait 840 individus âgés de 26 jours. La température était de 18°C. Le débit était de 60 litres/heure dans chaque bac. La photophase naturelle est passée de 15 à 18 heures. Les animaux ont été nourris d'*Artemia salina* aux stades nauplius, A₂ et A₄.

La survie de nos animaux est élevée. Elle oscille entre 82,86 % pour le plus mauvais bac et 92,86 % pour le meilleur. Ce qui donne une moyenne de 87,50 % pour le lot.

En ce qui concerne la croissance, nos résultats incomplets font apparaître des différences avec ceux donnés par FUCHS (1978, sous presse). Nous ne pouvons encore en analyser les raisons.

CONCLUSION

Notre dispositif expérimental se révèle donc fonctionnel. Les survies observées lors de la dernière expérience nous permettent d'espérer que, lorsque certaines difficultés auront été dominées, cette installation nous donnera des résultats fiables, en faisant varier de manière précise et connue certains paramètres essentiels.

BIBLIOGRAPHIE

- FUCHS J. -1978- Influence de la photopériode sur la croissance et la survie de la larve et du juvénile de sole (*Solea solea*) en élevage. Aquaculture (sous presse).
- LAHAYE J. & QUINIOU L. -1978- Dispositif expérimental permettant de soumettre de jeunes poissons plats à des photopériodes variables. Aquaculture (sous presse).

SHELBOURNE J.E. -1968- The culture of marine fish larvae, with special reference to the plaice (*Pleuronectes platessa* L.) and the sole (*Solea solea* L.). Ph. D. Thesis, Univ. of London.

SPOTTE S.H. -1970- Fish and invertebrate culture. Water management in closed systems. Wiley-Interscience, Division of John Wiley & Sons, Inc. U.S.A.

TERVER D. -1975- Contribution à la biologie et aux techniques des élevages en aquarium. Thèse d'Etat, Université de Nancy I.

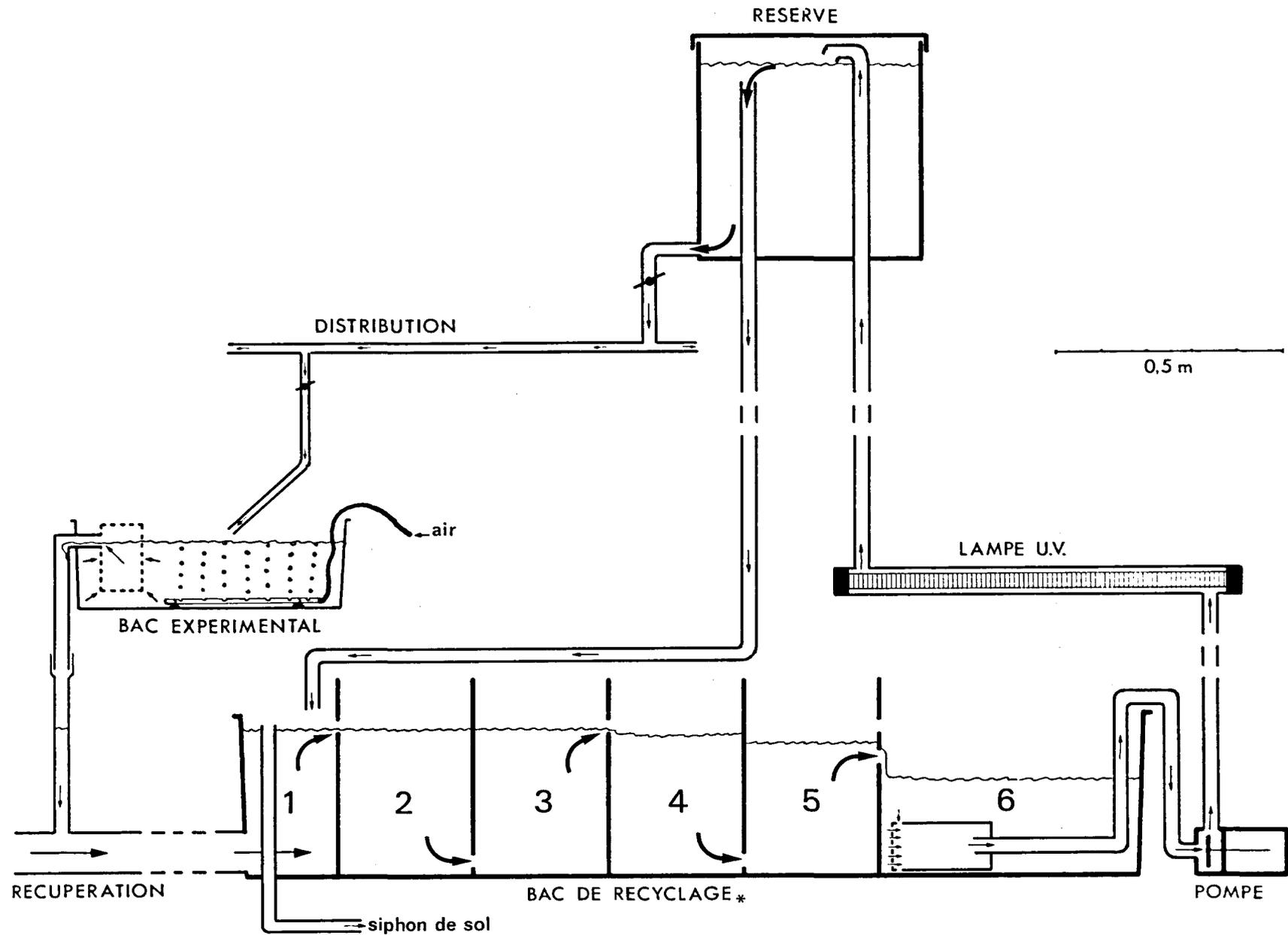


Figure 1 SCHEMA DE L'INSTALLATION

* 1:écumeurs; 2&3:tubes; 4&5:mäerl; 6:entéromorphes.

Figure 2
ECUMEUR

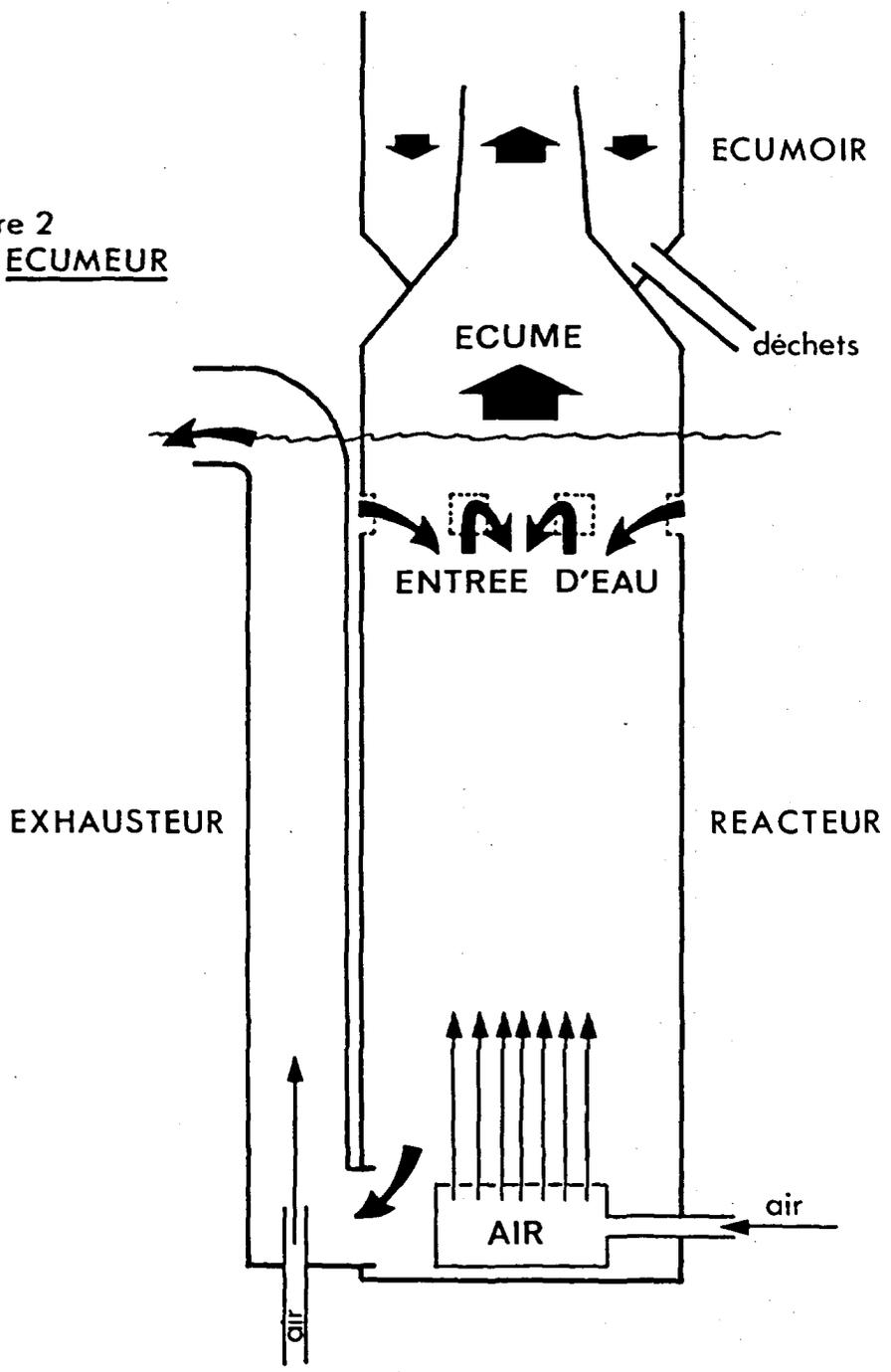
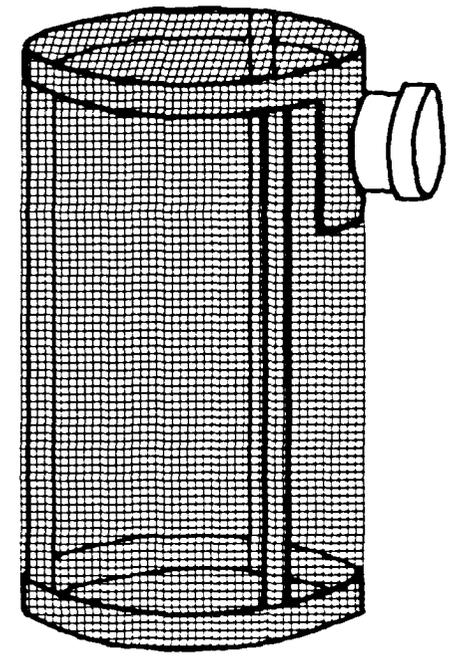


Figure 3
CREPINE



5cm.

Figure 4

VARIATIONS DES TAUX DES RESIDUS AZOTES

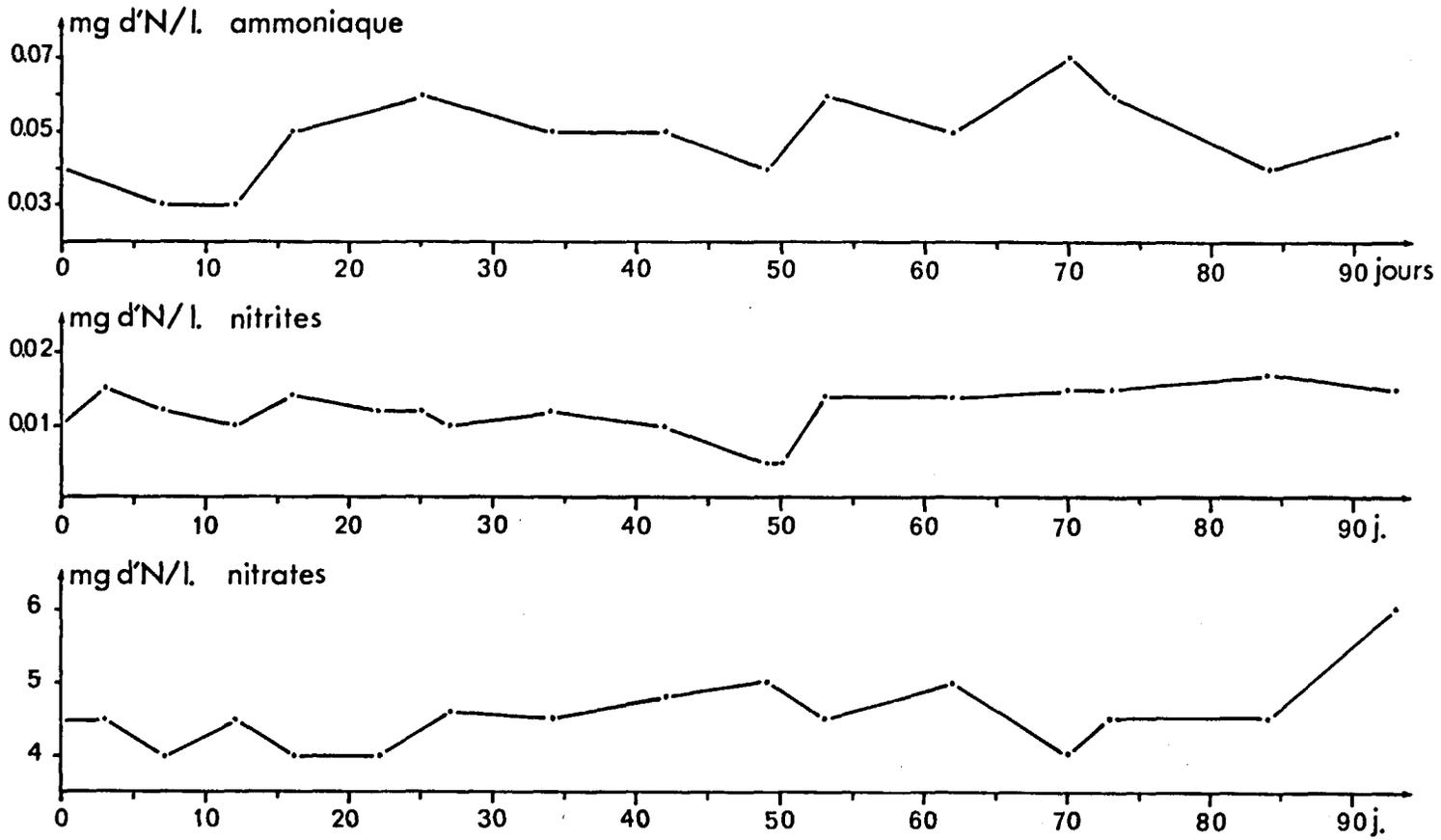


Figure 5

VARIATIONS DU pH

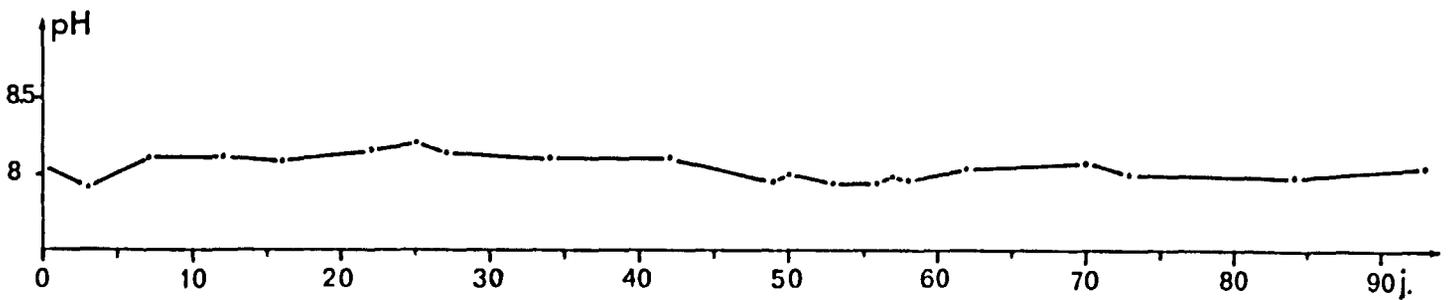


Figure 6 ELEVAGE LARVAIRE_ 1^{er} LOT

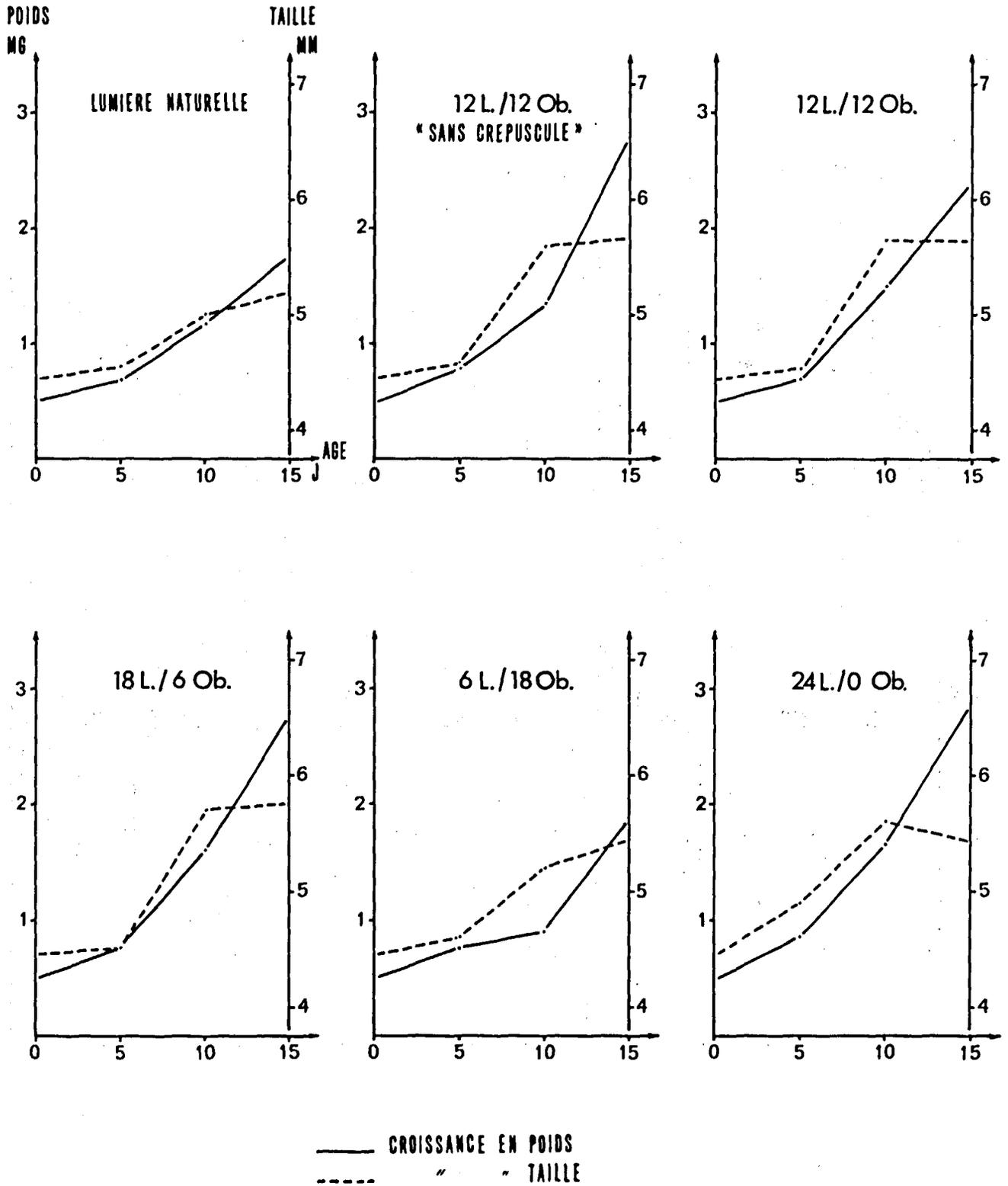
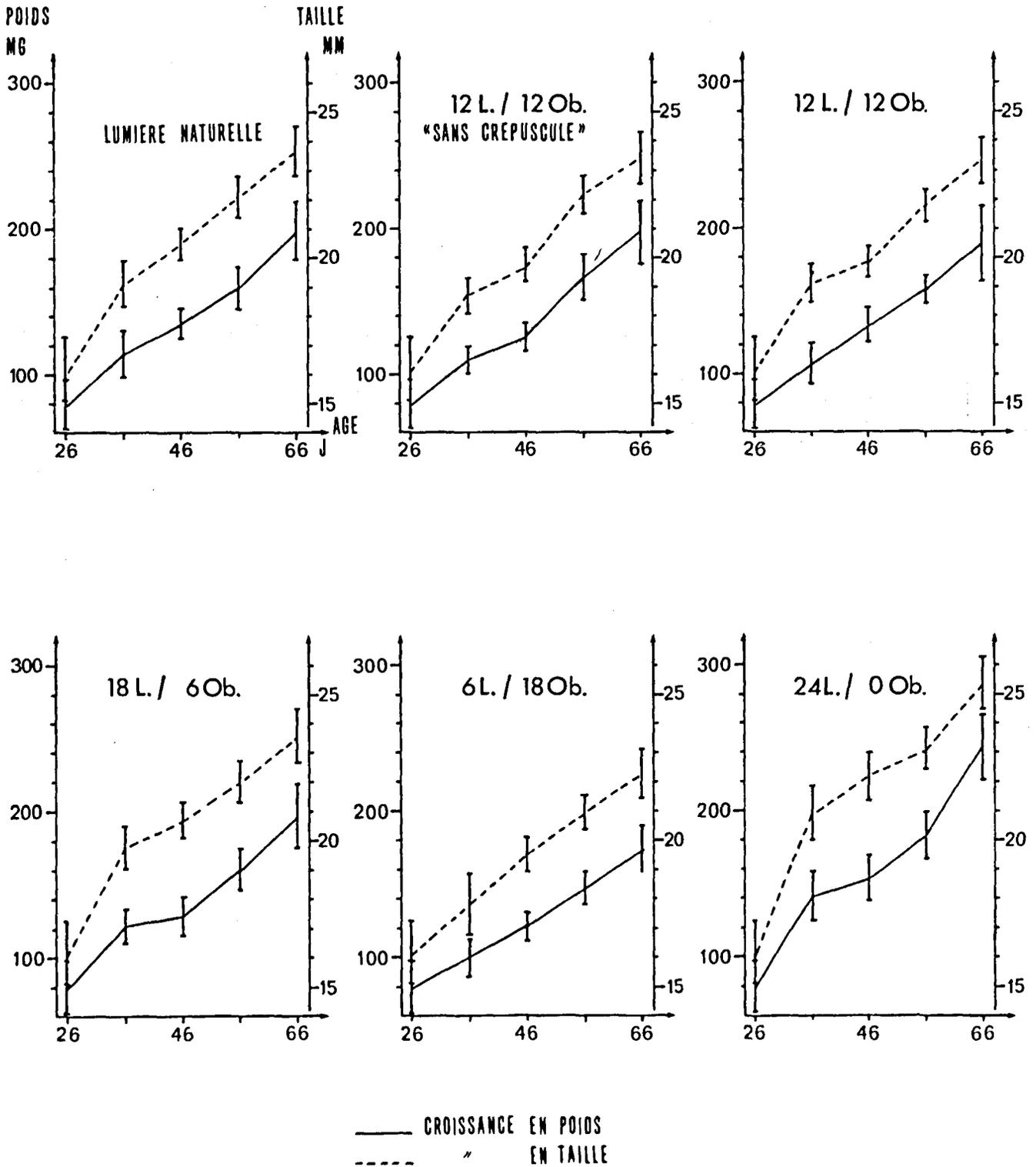


Figure 7 ELEVAGE DE JUVENILES



Communication : J.P. ALAYSE & J. LAHAYE. Description et fonctionnement d'une installation en circuit fermé destiné à l'élevage de larves et de juvéniles de soles. Premiers résultats.

- Q: X : Vous avez indiqué un équilibre entre les différentes formes d'azote. Cependant, vous n'avez pas observé les pics d'apparition des formes d'équilibre. Vous avez ensuite indiqué l'apparition de nécroses. Avez-vous testé le rôle du vieillissement des installations ? On a l'impression qu'il y a eu court-circuitage des chaînes bactériennes. Qu'en pensez-vous ?
- R: ALAYSE : L'installation a fonctionné deux à trois semaines avant l'introduction des poissons. La nécrose est probablement due à une attaque bactérienne. Les produits toxiques ont pu être éliminés avec le renouvellement relativement important toutes les semaines. La non présence de pics d'apparition des formes d'équilibre de l'azote reste inexplicée.
- Q: BARNABE : L'absence de pic est peut-être due à l'écumeur.
- R: ALAYSE : Je n'ai pas fait de dosages à la sortie de l'écumeur.
- Q: BOUCHER : Vous obtenez des densités bactériennes assez considérables. Ne pensez-vous pas qu'il vaudrait mieux mettre des filtres à sable ?
- R: ALAYSE : C'est à envisager, mais il faudra auparavant faire des mesures après installation de la lampe U.V.
- Q: ROBIN : Les entéromorphes utilisent-elles l'ammoniaque ?
- R: ALAYSE : Je ne sais pas mais elles pompent activement les nitrates.
- Q: MARTIN : Quel milieu avez-vous utilisé pour mettre les Vibrio en évidence ?
- R: ALAYSE : Un milieu T.S.A.
- Q: CAHET : Est-ce-qu'on ne pourrait pas utiliser des filtres à charbon ?
- R: ALAYSE : Dans un premier temps le charbon actif réduit les nitrates en nitrites qui sont bien plus toxiques. Ensuite le charbon ne sert que de filtre mécanique ou de support à des bactéries.