

UTILISATION DES CHAINES ALIMENTAIRES NATURELLES ET DU RECYCLAGE DES EAUX USEES
DANS LA PRODUCTION A GRANDE ECHELLE DE JUVENILES POUR L'AQUACULTURE

par

G. Barnabé

Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Station de Biologie Marine
et Lagunaire, 1 quai de Bosc prolongé à 34200 - SETE

R E S U M E

La production de juvéniles, clef de l'aquaculture, exige pour alimenter les stades larvaires, de disposer de proies planctoniques adéquates que les élevages ne peuvent fournir. Des collectes réalisées à l'aide de dispositifs appropriés ont donné des résultats très positifs dans deux types de milieux de la région de Sète : marécages, étangs de lagunage (utilisés dans l'épuration des eaux usées).

Les planctontes les plus abondants dans ces deux milieux sont les algues unicellulaires, les Rotifères, les Copépodes, la Daphnie (bassins d'épuration) et l'*Artemia* (lagunes). Ces populations constituent une séquence alimentaire complète et sans équivalent pour les besoins des larves et juvéniles.

Ces collectes quantitatives (de 0,2 à 20 kg/heure de plancton suivant l'espèce) ont permis d'élever sans autre apport environ 420 000 alevins de *Dicentrarchus labrax* actuellement âgés de plus de 60 jours.

L'utilisation de cette technique est discutée.

A B S T R A C T

The production of juveniles, key of aquaculture, needs for the alimentation of the larvae, to dispose plankton preys, which cannot be supplied by rearing.

The collections realised with adapted implements, have led to very positive results in both types of media, situated in the surroundings of Sète : marshes and oxydation ponds (used for waste water purifying).

The most abundant plankton in these two kinds of media are uni-cellular algae, Rotifera, Copepoda, Daphne (oxydation pont) and *Artemia* (marshes). These populations constitute a complete alimentation sequence without an equivalent for the necessities of larvae and juveniles.

Our qualitative collections (from 0,2 to 20 kg/h) plankton, dependent on the species) have allowed to rear, without any other supply, about 420.000 "fingerlings" of *Dicentrarchus labrax* at the moment more than 60 days old.

The utilization of this technology is discussed.

M O T S - C L E S : Collecte zooplancton, Aquaculture, Eaux usées.

K E Y W O R D S : Zooplankton collection, Aquaculture, Waste waters.

1. POSITION DU PROBLEME

La production de juvéniles pour l'aquaculture marine exige de maîtriser la reproduction, ce qui est aujourd'hui acquis en France pour plusieurs espèces d'intérêt commercial, qu'il s'agisse de poissons, de crustacés ou de mollusques ; mais si les animaux marins sont prolifiques, leur descendance, de petite taille, réclame pour se nourrir, des proies encore plus petites, généralement planctoniques.

A l'exception des mollusques phytoplanctonophages ou détritivores, les stades larvaires de crustacés et poissons sont carnivores. Le zooplancton qui constitue leur nourriture naturelle n'a pu jusqu'à présent leur être fourni en quantités et qualités suffisantes, qu'il s'agisse de cultures ou de collectes. Quant à l'élevage à l'aide d'aliment sec composé, il a jusqu'à présent donné des taux de survie trop bas ($< 5\%$) pour être substitué aux proies normales (BARNABE 1975, 1976).

Cette situation n'est pas nouvelle (FUJITA 1973, BARNABE et RENE 1973, COPRAQ - CGPM 1975) mais n'a pas évolué, tout au moins en France : on est par exemple passé de 100 000 alevins de Loup en 1973 (BARNABE 1974) à 300 000 en 1977 et la rentabilité de l'opération est grevée par le prix de l'élevage des proies ; comme le disent GIRIN et PERSON-LE-RUYET (1977) : "le coût des élevages, en matière première comme en main-d'oeuvre reste encore considérable".

S'intéresser à la collecte des populations naturelles pour les besoins de l'aquaculture n'est ni nouveau, ni original (FABRE DOMERGUE et BIETRIX 1905, compilation de MAY 1971, HOUDE 1973, GIRIN et PERSON-LE-RUYET 1977), mais tous ces auteurs considèrent qu'il ne peut s'agir là que d'un appoint ou d'une technique de laboratoire.

Pourtant l'élevage de jeunes poissons à partir de productions naturelles a été expérimenté en eau douce par collecte des proies (SZLAUER, 1976), en eau marine par lâcher de juvéniles dans des zones protégées (ØIESTAD 1977) ou par pêche nocturne de proies photophiles (PAULSEN 1977, FUJITA 1977 et ARCARESE 1977, communication personnelle). Il ne s'agissait dans ce dernier cas que de compléter les apports des élevages de proies.

Dans un ordre d'idées tout à fait différent, celui de l'exploitation exhaustive des ressources océaniques, la pêche du plancton a fait l'objet de nombreuses études prospectives (JUDAY 1943, SHROPSHIRE 1944, JACKSON 1954, PARSONS 1972, POSTEL 1972, EVERSON 1977). Si les potentialités immédiates de collecte de Krill expliquent l'intérêt international qui lui est porté (cf. compilation de TAYLOR 1976, GRANTHAM 1977, LE GALL 1978, communication personnelle), elles ne doivent pas faire oublier que les copépodes font déjà l'objet de pêcheries commerciales significatives (30 à 50 tonnes/an) en Norvège (WIBORG 1976).

Ayant expérimenté à la fois l'élevage de proies (BARNABE et RENE 1972, BARNABE 1974) et l'utilisation d'aliment sec composé (BARNABE 1975-1976), nous nous sommes intéressés aux collectes de plancton.

2. METHODE ET MATERIEL

Les données précédentes, parfois contradictoires, nous conduisirent à reconsidérer entièrement le problème des collectes et à étudier à la fois les potentialités des divers milieux aquatiques de notre région et les procédés techniques à mettre en oeuvre.

2.1. Le milieu marin

C'est le milieu marin littoral qui retint d'abord notre attention : les planctologistes y ont effectué d'intéressants travaux qui ont constitué notre point de départ ; malheureusement beaucoup d'auteurs opèrent avec des filets dont les vides de mailles sont trop importants (généralement supérieurs à 300 μ). Or BERNHARD et Coll. (1973) montrent que 90 % des nauplii de copépodes échappent aux filets dont les mailles ont une ouverture de plus de 100 μ , tandis que RAZOULS (1976) constate qu'un filet à maille de 160 μ capture 8 fois plus de copépodes qu'un engin identique à mailles de 300 μ ; ces copépodes et leurs nauplii nous intéressent d'autant plus qu'ils constituent la nourriture naturelle des larves et qu'ils n'ont pu encore être élevés.

Pour les stations proches de la côte, les données de ces auteurs sont (en nombre de copépodes par mètre d'eau filtrée) :

RAZOULS, 1976 (Port-la-Nouvelle) : 3383

BERNHARD (La Spezia) : 11 143 adultes (moyenne de 12 traits). Ecart type 886 ;
13600 nauplii (moyenne de 12 traits). Ecart type 8358.

Bien que les nauplii soient utilisables pour les larves, nous les négligerons ici afin de conserver un coefficient de sécurité suffisant ; d'autre part ces résultats n'ont pas été obtenus dans les eaux du Golfe du Lion.

Au point de vue numérique, 3 000 copépodes par m³ d'eau de mer semble donc un chiffre normal lorsque l'on opère avec des filets à vide de maille inférieur ou égal à une centaine de μ .

Il est intéressant de confronter les besoins en nourriture (d'une larve de poisson par exemple) à ces chiffres pour essayer de "dimensionner" les besoins d'une éclosérie moyenne voulant produire 1.10^6 d'alevins. GIRIN (1975) cerne le problème de la façon suivante ; pour conduire une larve jusqu'à l'âge d'un mois, il faut lui fournir :

Rotifères	: 720 à 11 560	Moyenne 1880
Nauplii d' <i>Artemia</i>	: 950 à 24 000	Moyenne 2860
<i>Artemia</i> de 0,9 mm	: 25 à 720	Moyenne 135
Total minimal 1695, total maximal 36 280		Total moyen 4875

Il faudrait donc en moyenne filtrer 1,66 m³ d'eau de mer pour récolter de quoi nourrir une larve de poisson pendant un mois (\approx 5 000 proies). Soit $1,6.10^6$ m³ pour 1.10^6 larves. Cela revient à un débit horaire de 2 314 m³ (ou encore 0,64 m³/seconde). Ces chiffres importants ne sont pas d'un ordre de grandeur différent de celui des débits des filets à plancton de bonne taille.

Il n'a pas été possible de traduire ces potentialités au plan pratique : tous les essais réalisés en milieu marin ou sub-marin (étang de Thau) ont abouti à des résultats décevants quelles que soient les techniques utilisées (pompe, filets, dispositifs spéciaux) : les matières en suspension, très abondantes dans notre région colmatent rapidement les filets et étouffent les planctontes.

Cet inconvénient local n'exclut pas son utilisation dans des sites moins chargés ou avec d'autres techniques (aéroflottation, microtamisage par exemple).

2.2. Les marais salants et les bassins de lagunage

Nous avons déjà procédé à petite échelle en 1972 (BARNABE et RENE 1972, BARNABE 1974) à l'élevage de larves de *Dicentrarchus labrax* en partie à l'aide de zooplancton collecté dans des lagunes où il est temporairement abondant.

Deux catégories de pièces d'eaux se sont tout de suite révélées très intéressantes :

- d'anciens marais salants ;
- les étangs de lagunage (ou d'oxydation) mis en place pour l'épuration des eaux usées domestiques des stations touristiques littorales.

Malgré leur finalité différente, ces deux types de bassins présentent plusieurs caractéristiques communes :

Au point de vue géographique, ils sont souvent situés à la lisière des lagunes naturelles. Au point de vue topographique, leur profondeur est faible (de 0,3 à 1 m en moyenne) et leur étendue limitée à quelques hectares. En conséquence, l'action des vagues sur la remise en suspension des sédiments est limitée.

Au point de vue biologique, deux différences essentielles opposent ces milieux :

- l'un est en communication plus ou moins épisodique avec des eaux salées tandis que l'autre reçoit des eaux douces ou oligohalines ;
- le premier est un milieu souvent "stagnant" tandis que le second reçoit un flux continu d'eaux domestiques usées riches en matières organiques.

Malgré ces disparités les premiers prélèvements que nous y avons effectués ont montré que les planctontes dominants de ces deux milieux sont :

- les algues phytoplanctoniques de petite taille (5-50 μ) ;
- les rotifères ;
- les copépodes ;
- des crustacés plus gros : l'*Artemia* pour les pièces d'eau salées, la Daphnie pour l'eau douce.

On remarque immédiatement que ce plancton constitue une séquence alimentaire adéquate pour les larves de crevettes, et de poissons si l'on exclut les algues.

Nous avons donc essayé de caractériser périodiquement l'abondance de ces populations et l'évolution de leur environnement, afin de les collecter, puis de les utiliser pour les larves et alevins de poissons marins. Nous restreindrons ici nos propos aux étangs de stabilisation.

Le fonctionnement d'un étang de stabilisation aérobie s'apparente à celui d'un milieu eutrophe, les eaux usées constituant à la fois la source "intarisable" de sels nutritifs et le milieu proprement dit.

L'abondance des phytoplanctontes ne doit cependant pas faire oublier celle des bactéries et leur rôle : l'activité bactérienne qui résulte de l'arrivée continue d'eaux usées fournit aux algues les éléments nutritifs dont elles ont besoin et celles-ci produisent de l'oxygène utilisé par les bactéries. Ce système symbiotique ou "compétitif" (DOR 1976) ne peut donc être assimilé à une culture d'algues, et salinité mise à part, il demeure également différent du système utilisé à Woods Hole (RYTHER, 1977) dans lequel l'effluent est dilué dans de l'eau de mer.

De très nombreux travaux ont été consacrés aux processus d'épuration biologiques en France et dans le monde. La synthèse de GAMRASNI et PHELIPPOT 1976, les études locales de SAUZE (1975) du C.B.E.O.M. (1976) et les mises au point de SAUZE (1976) et RINGUELET (1977) sont essentiellement consacrées aux problèmes d'épuration, tandis que PARENTY (1977) s'intéresse au plancton et DOR (1976) à l'influence des algues sur la croissance des bactéries. Cet auteur souligne que ces

bassins d'oxydation présentent les concentrations maximales d'algues et de bactéries susceptibles d'être rencontrées sur le terrain (la biomasse microbienne atteint 300 - 600 mg/l en poids sec avec une densité habituelle de 2 à 4.10^6 cellules algales et 10^5 à 10^6 bactéries par ml). Il ne s'agit pas là d'un phénomène exceptionnel : WONG (1977) constate que les *Chorella* d'eau douce ou salée cultivées sur milieu enrichi à 2 % de boues activées ont une croissance supérieure à celles cultivées sur milieu de KULH.

Au plan de l'aquaculture, l'utilisation des étangs de stabilisation a été réalisée dans divers pays dont la France (ADA, 1978). Les auteurs introduisent dans ces étangs des poissons d'eau douce : mais ces derniers n'ont qu'une faible valeur commerciale et ne s'y reproduisent pas ; comme le notent SCHROEDER et HEPHER (1976), l'instabilité du milieu peut conduire à la mort des poissons.

Au point de vue écologique cela correspond à la "sélectivité" des milieux eutrophes (LAUBIER 1976, DIVANACH 1978) avec cependant quelques nuances, mais il faut surtout noter la complexité d'un tel système (chaîne à 2 et 3 niveaux trophiques) avec la difficulté qu'implique son contrôle.

Pour toutes ces raisons, c'est aux possibilités de récolte des producteurs primaires et secondaires et d'abord du zooplancton, que nous nous sommes intéressés.

Nous avons vu que cela n'est pas nouveau en milieu naturel mais des élevages de Daphnies en bassins enrichis ont également été réalisés pour servir de nourriture aux Corégones (HEISIG 1977). L'interaction algues-bactéries dans les étangs de lagunage ne permet pas de les comparer à ces intéressantes expériences.

Les étangs de lagunage sur lesquels nous avons opéré sont ceux de Marseillan-Plage situés au lieu-dit "Les Onglous". Ils s'étendent sur 9 hectares (8 bassins) mais nous ne nous sommes intéressés qu'à 5 bassins, les pertes par percolation des autres étant trop importantes.

Plusieurs caractéristiques physico-chimiques ont été relevées mensuellement ainsi que la densité des espèces zooplanctoniques les plus abondantes. Nous n'attendions pas de ces rares données une connaissance parfaite de la faune mais plutôt quelques indices sur les conditions de son abondance.

2.3. Technologie des collectes

Parallèlement à ces estimations qualitatives des prélèvements quantitatifs ont été faits ; la capture de plancton dans des zones peu profondes n'étant pas bien connue, cette technologie nous a longtemps occupé .

Les techniques de la planctonologie (OMALY 1966, The Unesco Press 1968), pas plus que celles de la microfiltration industrielle des eaux potables ou usées (P.R. BLAKE 1969, IVES et Coll 1974, RIVET 1976), ne peuvent être transposées, bien que des essais aient été réalisés pour la collecte de phytoplancton dans des lacs (SAMPL et Coll. 1975) mais avec une machine vraiment "énorme".

Connaissant la technique de pêche de l'*Artemia* "au fil de l'eau" et ayant expérimenté le pompage en milieu sub-marin (cf. 2.1.), plusieurs appareils basés sur le même principe ont été utilisés : tous sont autonomes et statiques ;

l'eau est pulsée au travers du média filtrant. La perte de charge à ce niveau n'excède pas quelques centimètres : les animaux récoltés demeurent ainsi en bon état et l'énergie consommée est infime.

- L'aqua-scooter JL0* d'abord utilisé se compose d'un moteur thermique étanche de 2 CV suspendu à un flotteur et entraînant une hélice carenée (cliché 1, fig. 1). Le carénage est prolongé par un cône aboutissant à la poche filtrante. Le débit de cet appareil est à demi-régime (1500 tours/minute environ) de 80 m³/h. Il peut être utilisé dès que la profondeur excède 40 cm. Son démarrage assez capricieux nous orienta vers un moteur hors-bord.

- Un moteur "Sea-Gull" de 3 CV fut retenu pour deux raisons : son hélice tractive, de grand diamètre (23 cm) est entraînée à une vitesse 3 fois plus lente que celle de l'arbre moteur (soit 1 000 tours/minute au maximum), ce qui évite d'abîmer les planctontes. La tête motrice et l'hélice sont reliées par des tubes ; nous en avons réduit la longueur de 15 cm de manière à stabiliser l'engin et à pouvoir opérer à partir d'une profondeur d'eau de 50 cm. Les gaz d'échappement, qui empruntent l'un de ces conduits pour être éjectés derrière l'hélice, ont été déviés (cliché 2, fig. 1). Au ralenti (seul régime utilisable), le débit mesuré à l'aide d'un courantomètre digital "General Oceanic" modèle 2030, est de 200 m³/h en moyenne pour des pêches de 4 heures en continu.

Ces deux dispositifs sont facilement transportables. Leur autonomie est de 3 heures pour l'aqua-scooter, et de plus de 20 heures pour le moteur hors-bord muni d'un réservoir de 20 litres.

Le dernier type d'appareil pulse l'eau dans la poche filtrante suivant le principe de l'"air-lift" ou exhausteur utilisé en aquariologie. Un compresseur de 23 watts (12 volts) Piot et Tirouflet ** débite 1 m³/heure d'air à la base du conduit vertical de l'appareil par l'intermédiaire de 2 tubes poreux (Electra Plastics Ltd ***) de 50 cm de long. Le débit estimé est de l'ordre de 25-40 m³/heure, mais il s'adapte aux conditions de colmatage du média filtrant (ce qui n'est pas le cas des hélices qui provoquent l'éclatement d'une toile colmatée). Ce dispositif est le seul que nous utilisons sans surveillance pour des périodes supérieures à 5 heures et donc la nuit, où l'adjonction d'une lampe de 5 à 20 watts permet la capture des planctontes photophiles. Une batterie de 90 ampères assure largement les 16 heures d'autonomie nécessaires entre l'installation (vers 17 h) et la récupération le lendemain à 9 h (cliché 3, fig. 1).

Les animaux capturés sont en excellent état, mais l'avantage principal est la mise en marche à distance et la possibilité d'opérer sur des fonds vaseux peu profonds : l'appareil est mis en place et lorsque les particules en suspension ont sédimenté il est mis en marche ; l'aspiration "douce" réalisée par l'air-lift évite la remise en suspension des sédiments ce qui n'est pas le cas pour les moteurs à hélice du fait de leur puissance.

Les poches de filtration sont les mêmes pour tous les appareils. Nous en avons confectionné plusieurs suivant les animaux à capturer.

Le média filtrant le plus fin destiné à retenir les rotifères a des vides de maille de 71 μ . Les nauplii de copépodes et petits copépodes sont retenus avec une poche dont les vides de maille mesurent 118 μ . Pour séparer ces spécimens

* J.C. MAROT - La Banette - 83270 Saint-Cyr-sur-mer.

** Piot et Tirouflet - 24, rue du Clos Feuquières - 75015 PARIS.

*** Electra Plastics Ltd - 155, Herzl st. - TEL AVIV - ISRAEL.

des gros copépodes ou des daphnies, deux filets de 4 m de long et 1,2 m de périmètre (4,8 m²), l'un à vide de maille de 350 μ l'autre de 600 μ peuvent être placés à l'intérieur du filet à petites mailles. Lorsque les gros individus sont seuls recherchés l'une ou l'autre de ces poches est utilisée seule.

2.4. Transport et utilisation du zooplancton

Lorsque l'on désire utiliser ces animaux à l'état vivant la récolte est transférée dans des bidons garnis d'eau qui seront également utilisés pour la distribution des proies aux larves du Loup.

Les animaux destinés à une utilisation différée sont transportés dans les poches ayant servi à la collecte, rincés à l'eau de ville et placés après égouttage dans des bacs parallélépipédiques de 60 x 40 x 5 cm pour congélation.

3 RESULTATS

3.1. Evolution des paramètres physico-chimiques

Ces mesures de périodicité mensuelle sont rassemblées sur le tableau 1.

3.2. Densité des populations planctoniques

Les résultats des comptages mensuels sont rapportés sur le tableau 2 : ces quelques données permettent de mettre en évidence les fortes densités temporaires atteintes par les populations de rotifères, copépodes et daphnies.

On comptait 9 600 rotifères/litre au mois de novembre 1977 (Bassin C) pour une température de 4°C. Au mois de février 2 322 crustacés (copépodes + daphnies) par litre étaient dénombrés dans le bassin E. En mai 2 480 nauplii/litre caractérisaient le bassin D. Il s'agit là de maximums et l'évolution est rapide, mais ces populations se maintiennent toujours à des densités suffisantes dans l'un ou l'autre des bassins pour permettre des collectes importantes.

3.3. Espèces dominantes

× Rotifères : il s'agit de *Brachionus*

× Copépodes : *Diacyclops bicuspidatus*, sous-espèce *odessanus*.

Cette espèce "préférant en général les eaux à salinité variable et le voisinage des eaux saumâtres plutôt fraîches" (DUSSART, 1967-1969), est surtout abondante l'hiver.

Sa longueur moyenne est de 700 μ et sa largeur moyenne de 215 μ .

A l'état frais égoutté, un gramme renferme 13 200 individus (poids individuel : 0,08 mg).

Arctodiaptomus (sous-genre *Arctodiaptomus sensu stricto*) *wierzejskii*.

Cette espèce d'une magnifique couleur rouge, eurytherme et euryhaline, est présente toute l'année. Sa taille est supérieure à celle de *Diacyclops bicuspidatus* puisque la longueur moyenne du corps est de 1 270 μ pour une largeur de 490 μ . Le poids frais est de 0,14 mg, soit 6 916 individus au gramme.

× Cladocères : la daphnie (*Daphnia* sp.) est également toujours présente. Ses dimensions moyennes sont : L = 1720 μ , l = 980 μ .

Les individus retenus sur filet à vide de maille de 1 600 μ ont un poids frais moyen de 2,42 mg (413 individus au gramme) ; ceux retenus entre filets à vide de mailles de 1 600 et 1 000 μ ont un poids moyen de 1,95 mg (512 individus au gramme).

3.4. Collectes quantitatives

Les pêches sont effectuées en fonction de nos besoins pour l'élevage des larves de poissons, de la densité des planctontes et de nos capacités (limitées) de stockage ; c'est dire qu'elles n'ont jamais été systématiques et que notre stratégie a été l'opportunisme.

La densité des planctontes et le débit des appareils autorisent des collectes importantes dont voici quelques exemples non limitatifs.

Date	Appareil	Durée de la pêche	Poids frais	Espèces
05-12-1977	Aquascooter	1 h 05	1,380 kg	Rotifères
05-12-1977	"Sea-Gull"	2 h 10	31,5 kg	Daphnies Copépodes
19-04-1978	Exhausteur	15 h (nuit)	28 kg	Copépodes
19-05-1978	"Sea-Gull"	4 h /jour soit 12 h	210 kg	Daphnies (4/5)
20-05-1978				Copépodes (1/5)
21-05-1978				

3.5. Utilisation des planctontes pour l'alimentation de poissons

Les essais ont porté essentiellement sur la larve et l'alevin du Loup *Dicentrarchus labrax*. Ces proies leur ont été fournies vivantes ou congelées.

Les premières distributions de proies sont réalisées à l'état vivant et sont si possible composées de rotifères d'eau salée qui se maintiennent dans le milieu d'élevage. La survie limitée des rotifères d'eau douce dans ces bassins n'est pas un obstacle à leur consommation s'ils sont présentés de façon adéquate pour leurrer les larves (BARNABE 1975), mais ils sédimentent en 1 à 2 heures et sont chassés de façon moins active que les animaux vivants.

Le copépode *Diacyclops bicuspidatus* répond au brusque passage en eau marine par une activité natatoire intense, très stimulante pour les larves ; il commence à sédimenter 10 à 15 minutes après l'introduction en eau salée. Cette espèce peut être adaptée à l'eau de mer en 24 heures, mais il existe une autre voie expérimentale à peine abordée.

L'oeuf, puis la larve de Loup ont été incubés et élevés avec succès à partir d'une salinité de 7 ‰ (avec toutefois des problèmes liés à la faible densité des eaux). Dans ces conditions les rotifères et copépodes survivent très bien. La dessalure peut également être réalisée après l'éclosion et avant l'ouverture de la bouche par exemple (BARNABE 1978, non publié).

La distribution des proies congelées aux larves de moins de 20 jours a eu lieu les samedis et dimanches ou lors de pénurie accidentelle d'animaux vivants, mais elle devient systématique après cet âge et jusqu'au 60ème jour.

Sans entrer dans l'exposé détaillé de cette expérimentation, nous retiendrons que l'estimation grossière de la densité des larves dans les bassins d'élevage réalisée à l'aide d'un circuit fermé de télévision et de clichés photographiques nous donnait un chiffre moyen de 6 larves par litre à un âge compris entre 40 et 60 jours suivant les bacs, soit 420 000 individus.

4. DISCUSSION

L'examen de l'évolution des paramètres physico-chimiques et biologiques met en évidence quelques caractéristiques classiques des étangs de lagunage : absence de nitrites et nitrates, abondance des phosphates, pH élevé, etc.

Les espèces rencontrées à Marseillan ne sont pas exclusives à ce lagunage ; PARENTY à Lille (1977), l'ADA (1978) au Grau-du-Roi par exemple, constatent que rotifères, copépodes et daphnies sont abondants dans le lagunage qu'ils suivent, et il en est de même ailleurs (LEARNER 1975, DOOAHN 1975, CHAPMAN, communication personnelle).

La collecte récente de telles proies pour les larves de poissons marins a tout de suite conduit à des résultats très positifs dont la discussion peut être envisagée sous plusieurs angles.

Au plan de l'épuration, il est curieux de constater que seuls les paramètres physico-chimiques et bactériologiques des bassins de lagunage ont été étudiés : l'importante biomasse zooplanctonique joue pourtant un rôle dans l'épuration puisque copépodes et daphnies consomment les bactéries (SCHROEDER et HEPHER, 1976, OGAWA 1977) mais il est bien évident qu'ils accroissent par exemple la DBO avec toutes les conséquences que cela implique. Une étude de la dynamique de ces populations et une collecte planifiée seraient donc susceptibles d'améliorer l'épuration.

Au plan écologique la transformation des matières organiques en biomasse par les chaînes trophiques naturelles est satisfaisante puisque l'épuration et l'aquaculture y trouvent leur compte, mais d'autres caractéristiques sont à souligner.

- Il n'y a pas de risque de contamination car pratiquement aucun agent infectieux n'est commun à l'homme et aux poissons ;

- De tels milieux s'autorégulent vis-à-vis de facteurs tels que la température, la lumière, le débit d'effluent, ce qui autorise l'emploi du lagunage depuis le Canada et la Scandinavie jusqu'à l'Afrique du Sud et l'Inde, et pour des agglomérations aussi variables en populations que celles des stations balnéaires littorales.

- Nous avons déjà vu que la densité du phytoplancton est comparable à celle que l'on obtient en milieu de culture (mais on dispose ici de milliers de mètres cubes de culture gratuite et renouvelable), tandis que les rotifères, que l'on doit élever à grands frais, peuvent être collectés par kilos tout comme copépodes et daphnies.

- Ces densités sont étonnantes puisque l'expérimentation au laboratoire nous a par exemple appris que les rotifères aimaient les eaux très chaudes (27°C) et pouvaient être conservés à environ 14°C. C'est à 4°C que nous constatons leur densité maximale !

- Un avantage pratique pour l'expérimentateur est l'accessibilité permanente de ces sites, ce qui n'est pas toujours le cas pour les milieux aquatiques.

Au plan de l'aquaculture on peut se demander si la différence de salinité des milieux de production et de consommation des proies n'est pas un obstacle à leur utilisation : les eaux usées sont toujours des eaux douces, comment concilier leur emploi avec la production marine ?

La solution adoptée à Woods Hole (RYTHER 1977) est de diluer les eaux usées dans l'eau de mer ce qui nécessite la régulation des deux débits avec l'infrastructure et la maintenance que cela implique. Comme le note GORDON (1977), la

dilution risque d'abaisser la productivité ; le choix d'espèces euryhalines n'est peut-être pas le meilleur, de nombreuses algues d'eau douce par exemple se développant très bien dans un effluent non dilué, et nous avons vu que le zooplancton y abonde, qu'il suffit de collecter.

Nous pensons qu'une stratégie basée sur la séparation des sites de production de proies des sites d'élevage des animaux consommables est préférable : la forte sélectivité naturelle des milieux d'épuration, et leur richesse en substances dissoutes ne favorise que quelques populations bientôt compétitives ne serait-ce qu'au point de vue spatial. La collecte sélective à l'aide de dispositifs à vide de maille adéquats, doit déjà permettre une régulation des populations zooplanctoniques, mais cela est également possible pour les bactéries et le phytoplancton par précipitation ou floculation (la production de phytoplancton est estimée entre 30 et 150 tonnes par hectare et par an dans les bassins de lagunage en Inde).

Jusqu'à présent, les proies vivantes utilisées pour l'élevage de juvéniles ont été jugées indispensables, mais cette situation évolue : KENTOURI (1978) obtient 100 % de survie à 30 jours dans un essai d'élevage de larves de Loup à l'aide de proies congelées ; la croissance plus lente de ces spécimens est comparable à celle obtenue à l'aide d'aliments secs composés (BARNABE 1976). Les acides gras insaturés qui s'oxydent au cours de la congélation et la dégradation de certains précurseurs d'enzymes peuvent être impliqués dans ce phénomène ; des techniques de conservation plus élaborées sont susceptibles à notre avis de remédier à ces inconvénients. Les proies vivantes collectées qui ne sont déjà plus utilisées que durant deux semaines pourraient alors être supprimées, tout comme le problème de salinité.

Au point de vue économique, la simplification des élevages, résultant à la fois de la suppression des cultures de proies et de la possibilité de les stocker aisément, diminue considérablement le coût de production des juvéniles : c'est effectivement ce que l'expérimentation nous a montré, car nous n'avons pas les moyens matériels de produire de la nourriture pour autant de larves, ni financiers d'acquiescer les coûteux oeufs d'*Artemia*.

5. CONCLUSION

Malgré sa nouveauté, cette première campagne d'expérimentation sur l'élevage des larves du Loup à l'aide de zooplancton collecté dans des étangs de lagunage a tout de suite abouti à une production d'alevins identique à celle d'installations industrielles.

Si cela suffit à démontrer la validité de la méthode, d'autres juvéniles d'animaux d'eau douce (Salmonidés), saumâtre ou salée (mollusques, crustacés, poissons), peuvent être élevés de la même façon.

Au-delà de la simplification des techniques, c'est évidemment l'importante diminution des coûts de production qui doit retenir l'attention.

A une époque où l'équipement du littoral est en pleine évolution, il est donc capital que l'aquaculture ne manque pas le rendez-vous de l'épuration.

6. REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier chaleureusement les techniciens de notre Station sans lesquels ce travail n'aurait pu voir le jour ainsi que Messieurs RAIBAUT et DUSSART qui ont identifié les copépodes.

BIBLIOGRAPHIE

- ADA -1978- Expérimentation en vue de l'amélioration des conditions d'épuration par lagunage : incidence de l'introduction de poissons. C.T.G.R.E.F. - ADA, Montpellier 106 pp.
- BARNABE G. -1974- Mass rearing of the Bass *Dicentrarchus labrax* (L.) In : The Early History of Fish, J.H.S. BLAXTER, Springer-Verlag, Berlin : 749-753.
- BARNABE G. -1975- La genèse des activités locomotrices et trophiques chez la larve du Loup *Dicentrarchus labrax* (L.) (Poissons Serranidae). C.R. Acad. Sc. Paris, 280, D : 775-777.
- BARNABE G. -1976- Elevage larvaire du Loup *Dicentrarchus labrax* (L.) (Pisces Serranidae) à l'aide d'aliment sec composé. Aquaculture, 9 : 237-252.
- BARNABE G. et RENE F. -1972- Reproduction contrôlée du Loup *Dicentrarchus labrax* (Linné) et production en masse d'alevins. C.R. Acad. Sc. Paris, 275, D : 2741-2744.
- BARNABE G. et RENE F. -1973- Reproduction contrôlée et production d'alevins chez la Dorade *Sparus auratus* Linné 1758. C.R. Acad. Sc. Paris, 276, D : 1621-1624.
- B.C.E.O.M. -1976- Etude des conditions de fonctionnement d'étangs de stabilisation : Etang tertiaire de Leucate-Village. B.C.E.O.M., La Grande Motte : 77 pp.
- BERNHARD M., MOLLER F., NASSOGNE A., ZATTERA A. -1973- Influence of pore size of plankton nets and towing speed on the sampling performance of two high-speed samplers (Delfino I and II) and its consequence for the assessment of plankton populations. Mar. Biol., 20 : 109-136.
- BLAKE P.R. -1969- La microfiltration, une méthode de traitement tertiaire dans les installations d'épuration d'eaux résiduaires. La technique de l'eau et de l'assainissement. Mai 1969 : 67-70.
- COPRAQ-CGPM -1975- Rapport de la Troisième Session. FAO, Rome : 15 pp.
- DIVANACH P. -1978- Recyclage de déchets d'aquaculture marine : caractéristiques d'un effluent d'élevages de poissons : l'écume. Congrès "ECOTRON", C.O.B. Brest : 3-6 juillet 1978.
- DOOHAN M. -1975- Rotifera, In : Ecological aspects of used-water treatment, CURDS C.R. and HAWKES H.A., 1 : The Organisms and their ecology. Academic Press, London : 289-304.
- DOR I. -1976- Influence of algae on bacterial growth in grossly eutrophied waters, in 5th report of the H. STEINITZ Marine Laboratory, Elat : 12-13.
- DUSSART B. -1967- Les Copépodes des eaux continentales d'Europe Occidentale. Ed. Boubée, Paris. Tome 1 : 500 pp.
-1969- Tome 2 : 292 pp.

- EVERSON I. -1977- The living resources of the Southern Ocean. Southern Ocean Fisheries Survey Programme. FAO, Rome : 156 pp.
- FABRE-DOMERGUE et BIETRIX E. -1905- Introduction à l'étude de la pisciculture marine. In : Travail du Laboratoire de Zoologie maritime de Concarneau. Vuibert et Nony Ed., Paris : 205-243.
- FUJITA S. -1973- Importance of zooplankton mass culture in producing fish seed for fish farming. Bull. Plankton Soc. Japan, 20 (1) : 49-53.
- GAMRASNI M. et PHELIPPOT S. -1976- Le Lagunage. Synthèse Bibliographique. Association française pour l'étude des eaux, Paris : 156 pp.
- GIRIN M. -1975- La ration alimentaire dans l'élevage larvaire du Bar *Dicentrarchus labrax* (L.). In : 10th European Symposium on Marine Biology, Ostend, 1 : 171-188.
- GIRIN M. et PERSON-LE RUYET J. -1977- L'élevage larvaire des poissons marins : chaînes alimentaires et aliments composés. Bulletin français de pisciculture, 264 : 88-101.
- GORDON M.S. -1977- Biological recycling of dissolved nutrients in treated domestic waste-waters using hydroponics and aquacultural methods. In : "Waste-water Renovation and Reuse" F.M. D'ITRI. Marcel DEKKER Inc., New-York : 133-182.
- GRANTHAM G.J. -1976- The Antarctic Krill. Unilever Research, Colworth/welwyre Laboratory : 86 pp.
- HOUDE E.D. -1973- Some recent advances and unsolved problems in the culture of marine fish larvae. In : Proceedings of the world mariculture Society, 1972, 3 : 83-223.
- HEISIG G. -1977- Mass cultivation of *Daphnia pulex* in ponds : The effects of fertilisation, aeration, and removal on the population development. In : "Conference of aquaculture on cultivation of fish fry and its live food", Szymbark, Pologne : 27 pp.
- IVES K.J. -1974- Solid-liquid separation. Effluent and Water treatment journal. Nov. 1974 : 639-645.
- JACKSON P. -1954- Engineering and economic aspects of marine plankton harvesting. J. Cons. int. Expl. Mer, 20 (2) : 167-174.
- JUDAY C. -1943- The utilization of aquatic food resources. Science, 197 (2525) : 455-459.
- KENTOURI M. -1978- Possibilité d'alimentation des larves de Loup sur proies naturelles congelées. Station biologique de Sète, note interne : 3 pp.
- LAUBIER L. -1976- Le contrôle de la production marine, source de protéines et épuration biologique. VIIème Colloque sur l'exploitation des Océans.ASTEO, Paris : 17 pp.
- LEARNER M.A. -1975- Crustacea and mollusca, in : Ecological aspects of used-water treatment, CURDS C.R. and HAWKES H.A., 1 : The Organisms and their ecology. Academic Press, London : 393-398.
- MAY R.C. -1971- An annotated bibliography of attempts to rear the larvae of marine fish in the laboratory. NOAA. Techn. Rep. : 24 pp.

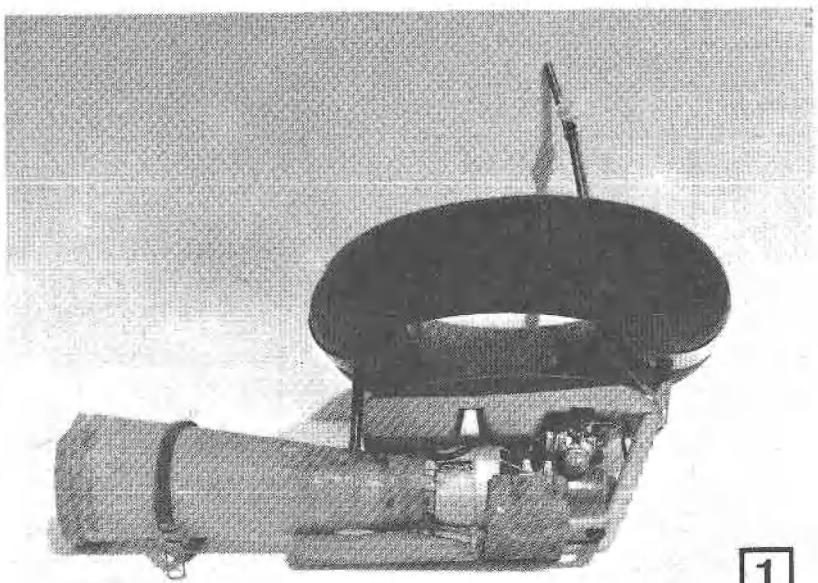
- OGAWA K. -1977- The role of bacterial floc as food for zooplankton in the sea. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 43 (4) : 395-407.
- ØIESTAD V. -1977- Rearing of marine fish fry in ponds on the natural food production. Working group of Mariculture ICES, Brest : 28 pp.
- OMALY N. -1966- Moyens de prélèvement du zooplancton : Essai historique et critique. Pélagos V : 169 pp.
- PARENTY M.D. -1977- Variations spatio-temporelles du plancton des bassins de lagunage alimentés par la station d'épuration d'Aniche-Auberchicourt-Nord. Mémoire D.E.A., U.S.T. Lille : 88 pp.
- PARSONS T.R. -1972- Plankton as a food source. Underwater Journal. Fevr. 1972 : 30-37.
- PAULSEN C.L. -1977- Apparatus for collection and separation of invertebrates organisms from a pond, for use as fish food. The Progressive fish-culturist, 39 (2) : 101-102.
- RAZOULS C. -1976- Holoplancton. In : Etude écologique du site de Port-la-Nouvelle, Etat des travaux 31 mai 1976. Laboratoire Arago, Banyuls-sur-mer : 12-15.
- RAZOULS C. -1976- Estimation de la production globale des copépodes planctoniques dans la province néritique du Golfe du Lion (Banyuls-sur-mer). I. Variations annuelles quantitatives. Vie et Milieu XXIV (2) B : 257-280.
- POSTEL E. -1972- Le plancton source de nourriture. La Pêche maritime, déc. 1972 : 1005-1011.
- RINGUELET R. -1977- Le lagunage. Résultat des expérimentations menées en Languedoc. T.S.M. L'eau, avril 1977 : 139-146.
- RIVET M.P. -1976- Essai de méthodologie pour la séparation liquide solide. Chimie Actualités, juillet 1976 : 43-47.
- RYTHER J.H. -1977- Preliminary results with a pilo-plant waste recycling-marine aquaculture system in "Waste-water Renovation and Reuse" F.M. D'ITRI. Marcel DEKKER Inc., New-York : 89-132.
- SAMPL V. KLAGENFURT und LENGYEL W. - 1975- Versuche zur Entfernung von Algen aus Seen mittels rotierender Mikrosiebe. Oesterr ; Abwasser Rundsch., 20 : 23-27.
- SAUZE F. -1975- Etude du fonctionnement des bassins de stabilisation du Grau-du-Roi. S.R.A.E. Languedoc-Roussillon : 38 pp.
- SAUZE F. -1976- Données d'expériences récentes sur le lagunage des effluents domestiques. Techn. Eau Assainissement, 360 : 15-29.
- SCHROEDER G. et HEPHER P. -1976- Use of agricultural and urban wastes in fish culture. FAO Technical conference on aquaculture. Kyoto Japan : 3 pp.
- SHROPSHIRE R.F. -1944- Plankton harvesting. J. Mar. Res., V (3) : 185-188.

- SZLAUER B. -1976- Possibilities of using zooplankton removed by the river PLONIA from lakes to feed young fish. Acta Ichthyologica et piscatoria VI (2) : 40-53.
- TAYLOR P. -1976- Bibliography on Krill as a human food source. Marine Laboratory library. Aberdeen : 9 pp.
- THE UNESCO PRESS -1968- Zooplankton sampling. Monographs on oceanographic methodology 2. UNESCO, Paris : 174 pp.
- WIBORG K.F. -1976- Fishery and commercial exploitation of *Calanus finmarchicus* in Norway. J. Cons. int. Explor. Mer, 36 (3) : 251-258.
- WONG M.H. -1977- The comparison of actived and digested sludge extracts in cultivating *Chlorella pyrenoidosa* and *C. salina*. Environ. Pollut. 14 (3) : 207-211.

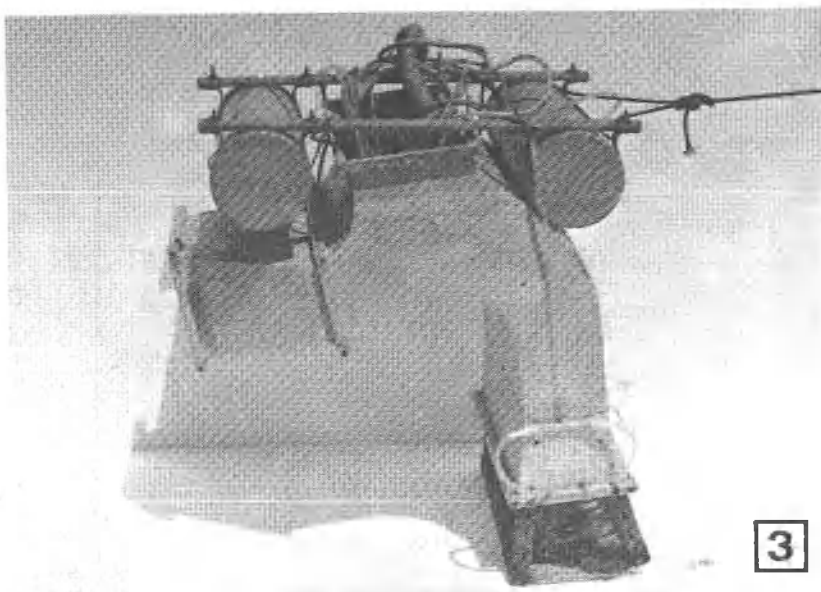
LEGENDE DE LA PLANCHE 1

- Cliché 1 Aquascooter JLO. Noter la commande d'accélération sur le tube vertical de prise d'air, le cône et la bride de fixation du filet de récolte.
- Cliché 2 Moteur hors-bord "Sea-Gull".
- Cliché 3 Exhauteur. Le tuyau d'arrivée d'air conduisant aux tubes poreux de diffusion est bien visible.
- Cliché 4 L'exhauteur en service.

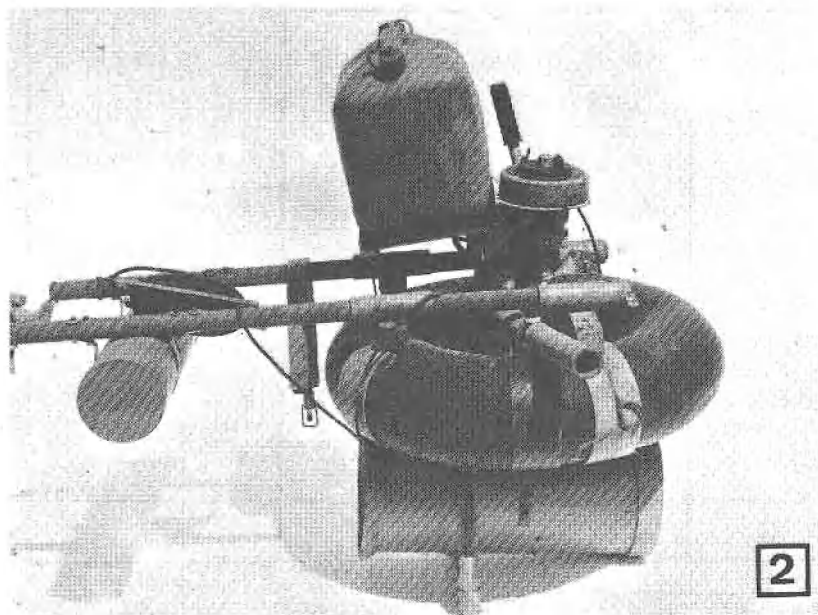
1



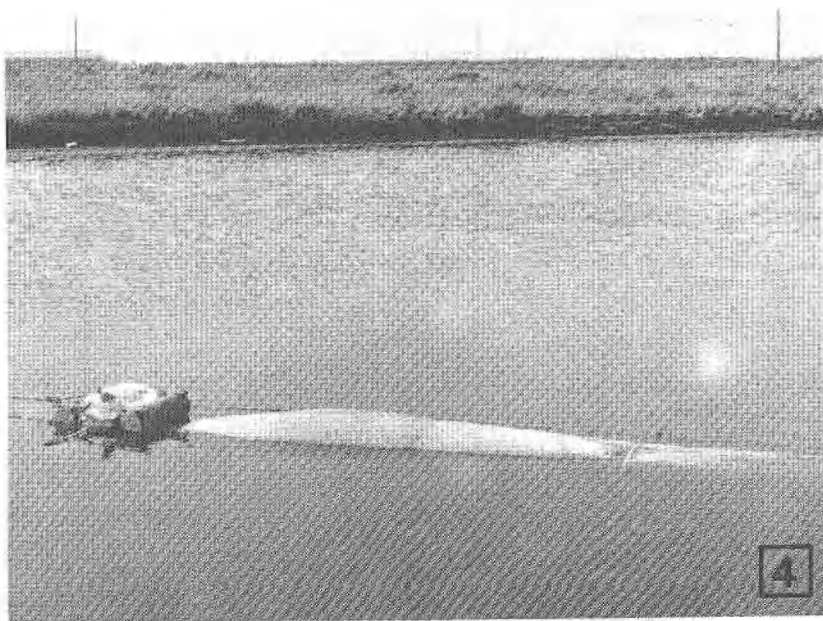
3



2



4



PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES DES BASSINS DE LAGUNAGE

	NOVEMBRE					DECEMBRE					JANVIER					FEVRIER				
Bassin	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
S (‰)		5,3	4				4,6	4,8	5,9			4,5	3,5		4,8		4,5			
T (C)	4	4	4				9,8	9,8			7,5	7,5	7,5		7,7		7,2	7,2	7,2	7,2
O ₂ mg/l		12,6	12,6																	
pH		8,3	8,8				9,8	9,3	8,4		8,3	8,5	9,3		8,6		9,5	9,6	8,7	8,8
NH ₃ mg/l		1,14	1,75				1,31	1,17	0,8		0,78	1,08	0,9		0,7					1,14
NO ₂ mg/l		0,45	2,25				0,62	0,92	0,09		-	-	-		-		-	-	-	0,14
NO ₃ mg/l		2,30	0,74				1,14	1,93	0,79		-	-	-		-		-	-	-	2,8
PO ₄ mg/l							11,5	12	15		3,1	0,7	8		7		8	10	8,5	8,5

DENSITE DES PROIES DANS LES BASSINS (nombre par litre)

Rotifères	4900	9600				3500	450				300	1600	550							
Daphnies								49										397	737	
<i>Arctodiaptomus</i> <i>wierzejki</i>								222					40					17	177	
<i>Diacyclops</i> <i>bicuspidatus</i>								142					22					23	1408	
Nauplii																			228	

TABLEAUX 1 et 2

PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES DES BASSINS DE LAGUNAGE

	MARS					AVRIL					MAI					JUIN				
Bassin	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
S (‰)	4,7	4,8	4	7,3	5,1	6	5,3	4,5	6,8	6,3	6,2	6,1	5,2	4,7	7,6	6,6	6,3	5,8	5,3	7,2
T (°C)	9	9	9	9	9	13	13	13	13	13	16	16	16	16	16	21	21	21	21	21
O ₂ mg/l	12,6	4,9	8,8	9,1	12,1	12,9	9,6	3,1	14,6	14,2	11	1,05	11	7,75	8,92	10,4	9,5	13,2	19,9	13,2
pH	8,9	9,1	9,4	8,2	8,8	8,6	9	7,8	8,4	10	9,1	8	8,1	8,6	9,8	9,1	9,3	9,1	9,3	9,8
NH ₃ mg/l	1,53	1,03	0,9	1,94	1,41	0,6	0,6	1,5	0,9	0,3	1,6	2,2	1,6	1,2	0,7	1,4	1,5	1,4	0,7	0,8
NO ₂ mg/l	-	-	-	-	0,5	-	-	-	-	-	-	0,4	11,5	-	-	0,3	0,1	-	5,9	0,1
NO ₃ mg/l	-	-	-	-	0,11	-	-	-	-	-	-	0,4	11	-	-	0,3	0,1	-	1,4	-
PO ₄ mg/l	2,5	1,95	6,6	7	7,4	3,1	6,5	9,5	6	2,1	3,6	11	9,5	1	1,5	6,5	5	7	9	1,8

DENSITE DES PROIES DANS LES BASSINS (nombre par litre)

Rotifères	0	570	78	0	0	1	50	0			3130	277	3	17	9	24	3800	4200	5200	
Daphnies	0	0	0	0	286	0	1	394	7	38	3	14	3	2	63					
<i>Arctodiaptomus wierzejskii</i>	12	6	64	15	0	9	44	165	4		94	22	6	5	0	7	4	77	7	2
<i>Diacyclops bicuspidatus</i>		6	111	10	10															
Nauplii	724	53	102	29						40	300	222	234	2480	6	50		208		

Communication : G. BARNABE . Utilisation des chaînes alimentaires naturelles et du recyclage des eaux usées dans la production à grande échelle de juvéniles pour l'aquaculture : données préliminaires.

- Q: MAESTRINI : Est-ce-que l'appareil que vous décrivez ne reprend pas une partie de l'eau qui est déjà filtrée ?
- R: BARNABE : Effectivement, en estimant la densité dans le milieu on trouve des débits de l'ordre de 400 m³ alors que les débits mesurés avec un débit-mètre sont de l'ordre de 200 m³/h.
- Q: NIVAL : Peut-on penser injecter cette eau riche en organismes dans des bassins d'aquaculture de poissons ?
- R: BARNABE : On a essayé ce système dans des élevages de poissons euryhalins en eau dessalée. On a pu ainsi élever des larves de bars à 7 %, dans de bonnes conditions.
- Q: MAESTRINI : Ces eaux présentent-elles toutes les garanties sur le plan sanitaire?
- R: BARNABE : Quand elle sort du bassin de lagunage, l'eau a les caractéristiques d'une eau de baignade. La nourriture, même si elle est polluée, est distribuée à des poissons de 500 mg. A taille marchande (300 g) la concentration en polluants sera négligeable.
- Q: NIVAL : En faisant des prélèvements d'une périodicité inférieure à un mois ne mettrait-on pas en évidence des pics d'abondance non décelables avec des prises mensuelles ?
- R: BARNABE : La fréquence des prélèvements quantitatifs n'a pas été plus importante car nous voulions uniquement avoir des points de référence et non pas faire une étude complète du plancton. Des prélèvements qualitatifs ont été faits presque tous les jours pour nourrir les poissons. La quantité des copépodes a toujours été suffisante pour assurer la maintenance des élevages.