

AUTOMATE PROGRAMME DE DISTRIBUTION DE GRANULES SECS  
EFFET DE LA FRAGMENTATION DE RATIONS JOURNALIERES  
SUR LE BAR (*Dicentrarchus labrax*)

Par

E. ALLIOT, A. FEBVRE, R. MARQUET, R. METAILLER et A. PASTOUREAUD <sup>1)</sup>

INTRODUCTION

-- L'étude expérimentale de la nutrition des animaux marins pose un certain nombre de problèmes techniques, en particulier celui de la distribution des repas, lorsque ceux-ci sont présentés sous forme de granulés à basse teneur en eau.

La solution consistant à les nourrir manuellement présente quelques inconvénients. Il convient, en effet, de pouvoir distribuer plusieurs fois par jour, et à intervalles réguliers, des quantités de nourriture diverses et définies, à un nombre de lots de plus en plus important requis par les expériences entreprises. Plusieurs heures par jour sont alors consacrées uniquement à la distribution de l'aliment. D'autre part, les fréquentes interventions nécessitées par cette opération ont une influence sur le comportement des poissons. —

Nous avons donc été amenés à envisager une automatisation de ce processus. Aucun appareil répondant à tous nos besoins n'existant, à notre connaissance, dans le commerce, nous avons mis au point des automates de distribution de granulés secs commandés par un dispositif central de programmation.

Ce travail a été effectué à la Station marine d'Endoume à Marseille, grâce à un contrat entre le CNEXO et l'UER des Sciences de la Mer et de l'Environnement de Marseille-Luminy.

LES DISTRIBUTEURS D'ALIMENT

Description (figure 1)

Une trémie en PVC contient le granulé. Dans une boîte étanche se trouve un micromoteur réducteur qui entraîne, à la vitesse de deux tours par minute, un cylindre en plexiglass de 25 cm de long, de 16 mm de diamètre intérieur, solidaire d'une

---

1) Station Marine d'Endoume - 13007 MARSEILLE et  
Centre Océanologique de Bretagne BP. 337 - 29273 BREST

spirale de 15 mm de diamètre extérieur, de 10 mm de pas en fil d'acier de 1 mm de section.

Le cylindre pénètre dans la partie inférieure de la trémie. La spirale, fonctionnant comme une vis d'Archimède, entraîne le granulé.

Arrivée à l'extrémité du tube, le granulé tombe, il est recueilli dans un entonnoir puis canalisé par un tuyau, dans lequel il circule par gravité, jusqu'aux bacs d'élevage.

#### Dispositif d'avancement du granulé

Plusieurs possibilités ont été envisagées pour l'entraînement du granulé (figure 2).

Dans un premier temps, le tube en plexiglass est fixe, la spire d'acier tourne à l'intérieur sans en dépasser l'extrémité. Ce prototype présente des risques de désamorçage de la spirale, car l'alimentation de la vis d'Archimède n'est assurée que par la gravité, insuffisante pour assurer l'écoulement du granulé de la trémie dans le tube.

Si quelques spires dépassent du tube en plexiglass dans la trémie, il y a appel du granulé et le tube est toujours alimenté, mais les risques de blocage d'un granulé entre le fil d'acier et le cylindre sont importants. Il y a alors mise en tension de la spirale puis retour brusque lorsque le granulé cède sous la pression. Ceci entraîne évidemment de grosses perturbations dans le débit de l'appareil.

Nous avons donc été amenés à rendre solidaires spirale et tube en plexiglass. Ils tournent ensemble et quelques spires dépassent du tube. Vers l'extrémité du tube, une fenêtre latérale permet la sortie du granulé. Il n'y a ainsi plus de risque de blocage. Il y a toujours appel de granulé. La partie interne du cylindre ainsi transformée rend le débit plus constant mais plus faible et indépendant du remplissage de la trémie.

Le débit étant fonction de la pente du tube, deux inclinaisons sont prévues, ce qui permet deux débits différents.

#### Etalonnage - Régularité

Le débit étant fonction de l'inclinaison de l'appareil, il convient de procéder, avant usage, à un étalonnage de chaque distributeur d'aliment pour la pente choisie. On étudie pour chacun d'eux la correspondance entre le temps de fonctionnement et la quantité de granulé débitée.

L'erreur absolue de l'appareillage, pour un repas, est au maximum égale au volume de granulé délimité par une spire, puisque ce volume se trouve en position d'évacuation deux fois par minute. Mais, selon la granulométrie de l'aliment et l'inclinaison de l'appareil, la distribution s'étale dans le temps et l'erreur absolue réelle mesurée pour un seul fonctionnement est inférieure à la valeur maximale. Elle est de 0,32 g lorsque la granulométrie est comprise entre 2 et 3,15 mm et le débit de 48 g par heure.

Ainsi, pour un repas quantitativement important, donc un temps de fonctionnement long, cette erreur est faible. Par contre, pour une petite quantité distribuée, l'erreur relative est forte. Dans ce cas, on aura intérêt à augmenter le

temps de fonctionnement, par conséquent, à diminuer le débit en utilisant une faible inclinaison. Toutefois, pour de petits repas, l'erreur relative est trop importante pour utiliser ces appareils. Ceux-ci étant conçus pour travailler automatiquement pendant plusieurs jours, les repas s'enchaînent et les erreurs absolues de chaque repas se compensent.

#### L'ORGANE DE COMMANDE

Les distributeurs d'aliment étant à débit constant pour une position choisie, c'est sur le temps de fonctionnement de ceux-ci que nous allons agir pour faire varier la quantité débitée.

La nécessité de pouvoir programmer, avec une précision convenable, des temps de fonctionnement très courts, de l'ordre de la minute, sur un cycle de douze heures nous a amenés à choisir un système de commande optique.

Le principe est le suivant : un cylindre portant de petits miroirs, tourne à une vitesse de un tour en douze heures, devant une source lumineuse fixe. La lumière réfléchiée par les miroirs est captée par des cellules photoélectriques.

#### Partie mécanique (figure 3)

Le cylindre, en PVC mat, mesure 56 cm de long et son diamètre est voisin de 25 cm. Il repose, en position horizontale, sur quatre galets. Ceux-ci entraînés par un moteur électrique, tournent à la vitesse de un tour par heure. Le diamètre des galets est dans un rapport de 1 à 12 avec le diamètre du cylindre qui effectue ainsi deux révolutions par 24 heures. Cette disposition permet d'enlever facilement le cylindre hors du bâti.

La surface du cylindre est divisée, parallèlement à la génératrice, en douze bandes horaires et, perpendiculairement à son axe, en un certain nombre de voies de programmation larges de 24 mm.

#### Système optique

Sur le bâti et face à l'une des génératrices du cylindre, se présente le dispositif photoélectrique (figures 4 et 5). Il est constitué d'une source lumineuse représentée par un tube fluorescent de 60 cm, disposé au-dessus d'un écran opaque jouant le rôle de diaphragme. Entre le cylindre et l'écran, un petit espace permet la réflexion de la lumière vers des cellules photorésistantes logées dans une monture située sous l'écran. Il y a 23 cellules photoélectriques correspondant chacune à une voie de programmation.

Comme l'écran est proche de la paroi du cylindre de 1 à 2 mm, chaque cellule photoélectrique ne sera éclairée que si la paroi du cylindre est réfléchissante. Il y a ainsi insensibilité à la lumière parasite ou ambiante.

Chaque cellule photoélectrique commande un distributeur d'aliment, par l'intermédiaire d'un petit amplificateur et d'un relais. Pour améliorer la précision, l'amplificateur est équipé d'une boucle de réaction positive qui assure un basculement franc du relais.

Les miroirs sont de petits morceaux de ruban adhésif métallisé collés sur le cylindre. On découpe donc des secteurs réfléchissants dont la longueur est

proportionnelle au temps de fonctionnement désiré, et dont la position détermine l'heure du repas. La correspondance longueur-temps est de l'ordre de un millimètre pour une minute.

### Utilisation

Sur les 23 voies, 20 sont utilisées pour la commande de 20 distributeurs d'aliment.

Une voie est utilisée pour créer le cycle nyctéméral. A l'heure choisie pour le changement jour-nuit ou nuit-jour, on place un adhésif métallisé. Son passage dans la zone de déclenchement provoque le basculement d'un relais à deux positions stables : l'une "jour" alimente en tension les contacts des relais commandant les distributeurs d'aliment, l'autre "nuit" coupe cette alimentation. Le système jour-nuit commande également l'éclairage de la salle d'élevage.

Les deux dernières voies peuvent être utilisées à d'autres fins, en particulier à la création d'une pénombre crépusculaire.

La correspondance entre la longueur des secteurs réfléchissants et le temps de fonctionnement étant connue, on constitue donc un programme dans une voie en collant, aux heures désirées, des longueurs déterminées de ruban adhésif réfléchissant.

Ainsi, les programmes de chaque voie sont indépendants les uns des autres, une modification peut être apportée sur une voie sans influencer les autres.

### Marge d'erreur

Les erreurs se situent essentiellement à deux niveaux. La première est due à l'opérateur lors de la découpe des bandes réfléchissantes. Un ruban adhésif métallisé correspondant à une longueur déterminée est découpé, puis collé. On note ensuite la durée de mise en tension du circuit par une cellule photoélectrique lors des passages répétés de ce miroir. La différence entre la moyenne des résultats obtenus et la valeur désirée permet d'évaluer l'erreur due à la découpe du papier métallisé ; celle-ci est de l'ordre de 0,35 mm quelle que soit la longueur des bandes réfléchissantes, l'erreur relative est donc d'autant plus petite que le temps de fonctionnement désiré est plus long. Pour que l'erreur relative soit inférieure à un pour cent, il faut que la quantité distribuée corresponde à une bande réfléchissante d'au moins 3,5 cm soit, pour un débit normal, à un repas de 28 g. Celui-ci correspond à une ration journalière de 2 % distribuée en une fois à un lot de poissons pesant 1,4 kg.

L'autre cause d'erreur se situe au niveau du système optique de l'organe central de commande. Il s'agit de l'imprécision des cellules photoélectriques à la lecture des seuils d'éclairage lors du passage des miroirs. Pour déterminer expérimentalement cette erreur absolue, on opère comme précédemment, mais avec des miroirs de tailles différentes : elle est de l'ordre de 20 secondes quelle que soit la longueur du miroir et correspond, pour un débit normal, à une erreur voisine de 0,27 g. L'erreur relative est encore, dans ce cas, plus élevée lorsque le temps de fonctionnement désiré est petit.

Les différences entre les cellules photoélectriques ne sont pas à prendre en considération car l'étalonnage supprime cette source d'erreur et, de toute façon,

leurs sensibilités sont très voisines.

Toutes ces erreurs se compensent, dans une certaine mesure, pour un repas unique. Ainsi l'erreur observée, y compris celle due au distributeur, ne dépasse pas 0,3 g pour un faible débit. A l'échelon de la semaine, l'erreur entre la quantité désirée et celle réellement débitée est encore diminuée. Elle n'excède pas 5 g pour 105 g d'aliment distribué en 35 repas hebdomadaires, ce qui correspond à des conditions défavorables.

#### CARACTERISTIQUES DE L'ENSEMBLE DE L'APPAREILLAGE

Cet automate programmé de distribution de granulés présente un certain nombre d'avantages.

Le distributeur de granulés est peu encombrant, ce qui permet de l'adapter facilement à chaque bac d'élevage ; il est silencieux dans son fonctionnement ; il peut s'adapter à des tailles diverses de granulés ; la distribution du granulé se fait de façon discontinue, avec un débit relativement constant.

Quant à l'organe de commande, il est simple d'emploi et sa souplesse permet de l'adapter rapidement aux impératifs expérimentaux ; il est fiable et la précision dans la détermination de la quantité d'aliment proposée pour chaque repas est bonne ; il présente surtout la possibilité de faire varier, indépendamment pour chaque bac d'élevage, le nombre, la durée et l'espacement dans le temps des repas.

La limite inférieure d'utilisation est définie par les erreurs trop importantes sur les repas de moins de trois grammes, la limite supérieure par le débit maximal. Cette limite n'est jamais atteinte dans nos salles d'élevage, pour lesquelles ces appareils sont conçus.

#### EFFET SUR LE BAR DE LA FRAGMENTATION DE LA RATION JOURNALIERE

Ce dispositif de distribution nous a permis d'étudier, sur différents lots de poissons, la fragmentation, en un nombre variable de repas, de la quantité d'aliment proposée par jour.

L'expérience dure 28 jours, la température varie entre 16 et 20°C, la salinité est de 38 pour 1 000 et l'oxygène dissous est maintenu à un taux supérieur à 6 mg par litre. La photophase, de 12 heures, se situe entre 7 et 19 heures. La charge en poissons dans les bacs évolue entre 7,5 et 9 kg par mètre cube.

900 jeunes bars d'environ 15 g sont répartis en 10 lots. Ils sont nourris avec des granulés à basse teneur en eau comportant 50 % de protéines et 12 % de lipides. 5 lots reçoivent une ration journalière de 2 % du poids vif du lot, les 5 autres une ration de 3 %. La distribution est fractionnée selon les lots en 1 à 5 repas, répartis entre 8 et 18 heures, à intervalles réguliers.

Les résultats obtenus montrent des relations entre le nombre de repas distribués et la croissance, différentes pour chaque ration (tableau I). Mais, les écarts de température, enregistrés au cours de l'expérience, limitent les conclusions.

A 2 %, les résultats s'améliorent avec l'augmentation du nombre de repas. A partir de trois repas par jour, la croissance est bonne ce qui entraîne de bons indices de consommation. Donc, pour ces fragmentations, la ration à 2 % semble

convenir. Elle est, par contre, trop importante si elle n'est divisée qu'en un ou deux repas.

Les croissances ne sont pas améliorées, lorsque la ration est portée à 3 % ; par conséquent, les indices de consommation sont moins bons. Du reste, on peut remarquer que le granulé n'est pas consommé intégralement : il y a un gaspillage très net pour tous les lots, ce qui entraîne évidemment une pollution des bacs ; un optimum apparaît pour le lot nourri deux fois par jour ; il se peut qu'alors les repas soient suffisamment espacés pour permettre un bon transit intestinal. Par contre, dans le cas où des repas copieux sont plus rapprochés dans le temps, il y a probablement une mauvaise utilisation, par l'animal, de ces repas successifs.

Il est cependant très net, et nous avons pu l'observer fréquemment, surtout pour de jeunes poissons, que, pour des rations correctes, les meilleurs résultats sont obtenus lorsque la nourriture est distribuée par petites quantités et le plus fréquemment possible.

En conclusion, il apparaît que la meilleure fragmentation est fonction de la ration choisie et qu'une étude, faisant intervenir plusieurs variables d'une manière conjointe, doit être entreprise. En effet, outre la fragmentation et la ration, l'âge et certains facteurs physico-chimiques, essentiellement la température, sont à prendre en considération. Pour ces études, la distribution de l'aliment est une très lourde charge et l'automatisation du processus de distribution prend toute son importance.

Tableau I

Etude de la fragmentation de la ration journalière.

Ration = 2 %

Nombre de repas	1	2	3	4	5
Pourcentage d'accroissement journalier	0,67	0,71	0,91	0,87	1,17
Indice de consommation	2,93	2,74	2,15	2,24	1,64

Ration = 3 %

Nombre de repas	1	2	3	4	5
Pourcentage d'accroissement journalier	0,68	1,07	0,97	0,86	0,91
Indice de consommation	4,32	2,71	3,01	3,41	3,21

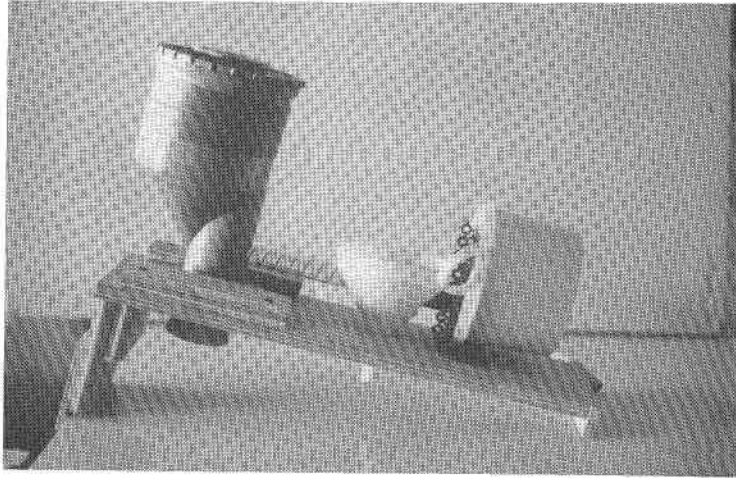


Fig. 1 - Distributeur d'aliments

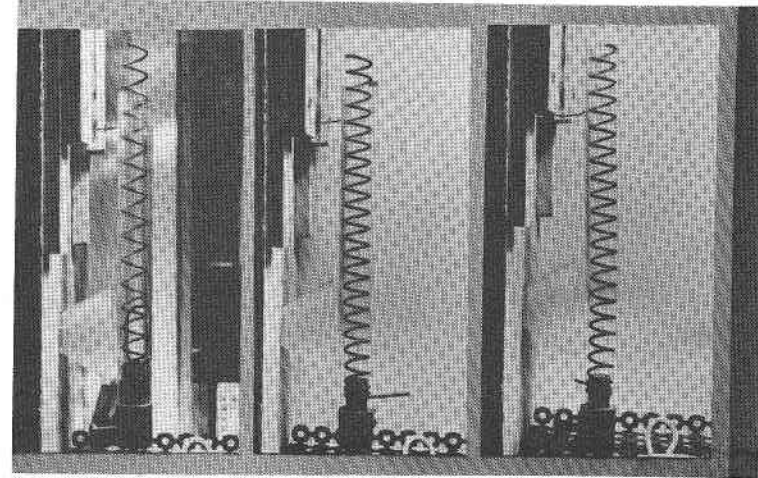


Fig. 2 - Différents dispositifs d'entraînement du granulé (trémie otée)

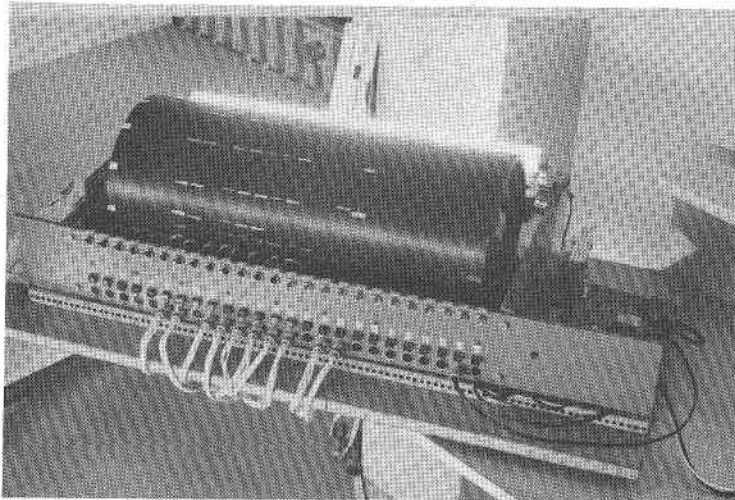


Fig. 3 - L'organe de commande en fonctionnement

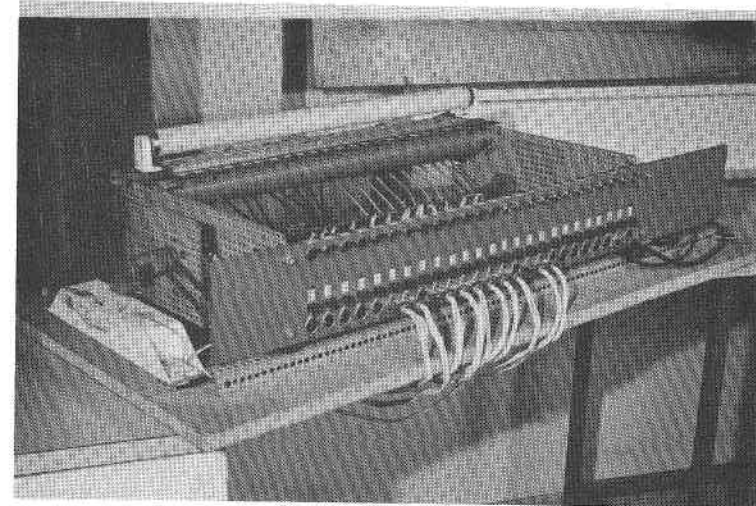


Fig. 4 - L'organe de commande. Vue du dispositif optique, le cylindre étant enlevé.

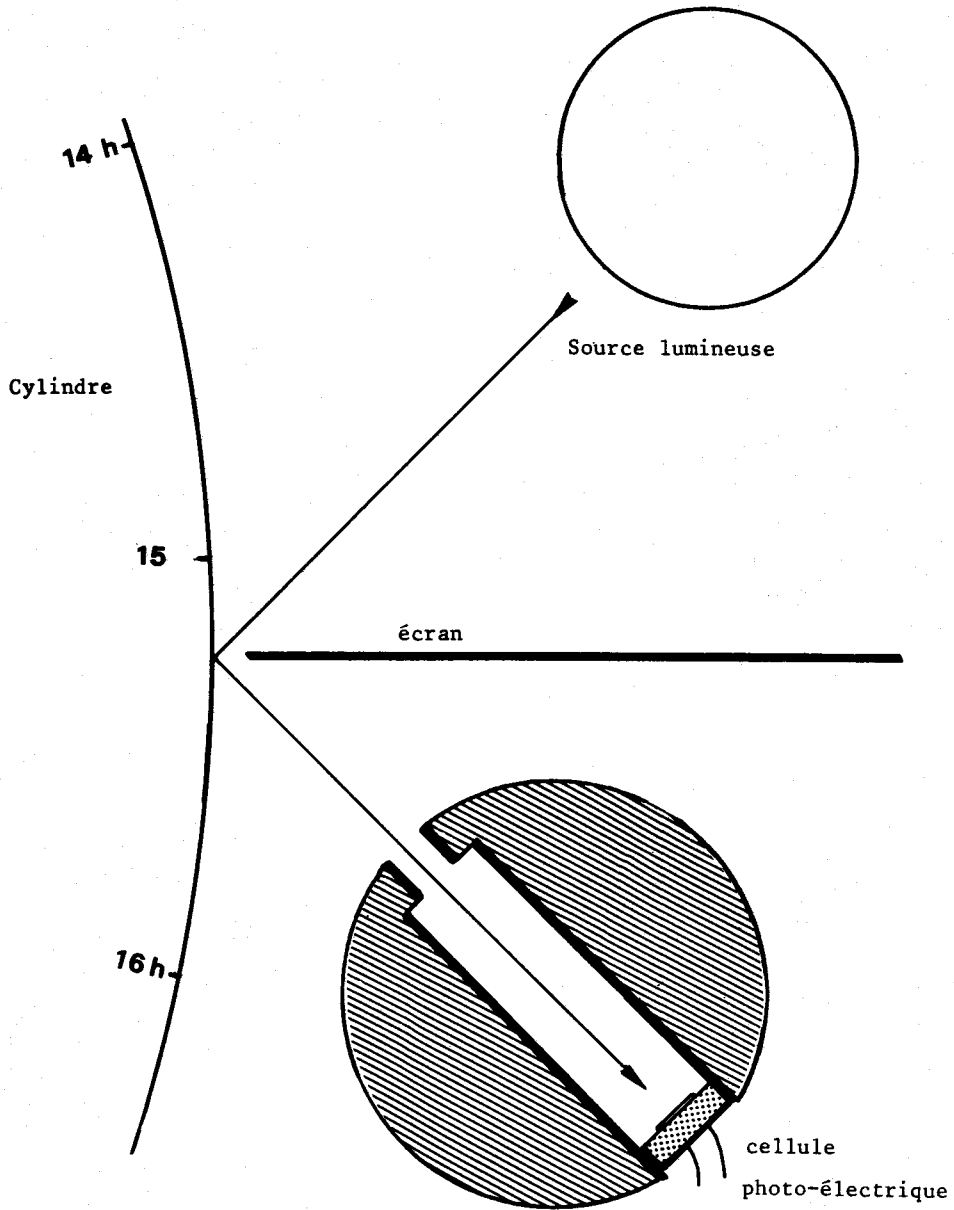


Figure 5

Schéma du dispositif optique de l'organe de commande.



DISCUSSION

LUQUET : Une question technique : le distributeur que vous avez utilisé convient-il à la distribution de poudre ?

METAILLER : On ne l'a pas utilisé pour de la poudre, mais pour de très petits granulés, très fins ; cela marche très bien. On doit pouvoir l'utiliser pour des poudres en changeant le tube en plexiglass et la vis. On peut aussi changer le pas de la vis pour l'adapter à différentes tailles de granulés.

LUQUET : Est-ce que vous avez essayé, en fractionnant le nombre de repas, de calculer le nombre de repas au bout duquel on obtenait la consommation maximale ?

METAILLER : Avant cette manipulation, nous avons souvent nourri manuellement et malheureusement on nourrit toujours manuellement. On rencontre les mêmes résultats : plus on multiplie le nombre de repas, meilleur c'est, et ceci d'autant plus que les poissons sont petits. On est arrivé avec de très jeunes alevins cette année à être obligé de nourrir jusqu'à une douzaine de fois par jour des poissons de 100 à 200 mg. C'est pratiquement du continu et on y a passé tout notre temps. Un distributeur à cette époque nous aurait rendu un grand service.

LUQUET : C'est sûrement valable sur les alevins, mais en fait sur la truite, sur la daurade et sur d'autres espèces, on s'est aperçu qu'avec des poissons d'un poids d'environ 40 g, avec deux ou trois repas par jour en général on obtenait une consommation *ad libitum* et également une croissance maximale. Est-ce que vous avez fait les mêmes observations chez le bar ?

METAILLER : Je pense effectivement que pour des poissons de l'ordre de 15 g au maximum la multiplication des repas est bonne, mais pour des poissons plus gros, deux ou trois repas par jour suffisent amplement. Même pour les très gros poissons que nous avons en ce moment, deux repas par jour suffisent.

LUQUET : Les données en laboratoire indiquent que deux, trois ou quatre repas par jour sont suffisants pour l'engraissement ; or en pisciculture on utilise des repas plus fréquents. Est-ce que des pisciculteurs pourraient apporter un supplément d'informations à ce sujet là ?

LE HOUEROU : En ce qui concerne l'alevinage, on tend actuellement à donner trois repas par heure pour les alevins et progressivement à étaler les repas, des truites de 200 g sont nourries deux ou au maximum trois fois par jour, les reproducteurs 2 fois au maximum.

CHEVASSUS : Est-ce que vous pouvez préciser le prix par canal et par distributeur ?

METAILLER : Il n'est pas cher par rapport à ceux qui existent dans le commerce, et qui ne répondent pas tout-à-fait à nos besoins. J'ai essayé de faire un petit bilan:

pour le programmeur, l'organe central, je ne parlerai que du prix de revient du matériel. C'est finalement très simple, il y a un moteur, un cylindre, un châssis, un tube néon, de l'électronique tout-à-fait ordinaire. Pour la partie commune, on compte à peu près 1 000 F et pour les cellules 22 fois 50 F. Tout total fait, chaque voie revient donc à peu près à un peu plus de 200 F.

CHEVASSUS : Est-ce que vous envisagez une possibilité de programmer la durée du repas de façon plus simple ou plus aisée que de redécouper à chaque fois un petit morceau ?

METAILLER : Ce n'est pas compliqué, il suffit de couper de petites bandes de 2, 3 ou 4 mm et de les coller, c'est très vite fait. Cela se fait à la suite de chaque pesée, on calcule le poids du poisson et on détermine la ration.

SABAUT : Est-ce que la précision est supérieure à celle obtenue par une horloge ? L'avez-vous testée ?

METAILLER : Il est possible qu'avec une horloge on puisse faire aussi bien sinon mieux, mais quel serait le prix de revient ? C'est peut-être un inconvénient de programmer chaque voie. Est-ce que le réglage est aussi simple ? Est-ce qu'il est possible d'avoir des temps, par exemple de la minute sur le cycle ? Je pense que oui, mais avec quelle précision ?

QUESTION (?) : Est-ce qu'on a une idée de l'influence du fractionnement des repas sur les différenciations du poisson dans un lot d'individus et d'autre part quelles sont les conséquences sur les qualités gustatives ?

METAILLER : Je pense que ce principe de distribution de nourriture par un nombre important de petits paquets de nourriture semble très bon. Il ne serait pas bon, d'après les expériences qu'on a pu faire, de donner granulé par granulé, car dans un lot de poissons, il y a toujours des animaux dominants et c'est ceux-là qui mangent les premiers, les autres restent au fond. Alors que le fait de distribuer 20 ou 30 granulés à la fois permet à tout un groupe de poissons de manger. Et pendant tout le temps du repas, tous les poissons peuvent manger. Mais sur la croissance, on obtient toujours un éclatement de la taille, et je ne vois pas le changement que cela peut procurer. Nous n'avons pas étudié les conséquences de ce fractionnement sur la qualité gustative.