

L'anguille : son histoire et son élevage *

par
C. BELLEPAIRE et F. OLLEVIER **
Katholieke Universiteit Leuven



F. Ollevier

SUMMARY : The European Eel : its history and culture.

This introduction to the biology and the aquaculture of the european eel, *Anguilla anguilla*, describes the reproduction life cycle of this species including a brief review on the recent literature. Special attention is given to the recent and serious decrease of the european glass eel stock, a phenomenon also observed in Belgium. Evolutions in the field of eel aquaculture in Europe are outlined, from extensive valliculture to intensive flow through systems and closed recirculation units. A pilot scale recirculation system is described and data on growth and pathology are discussed.

* Manuscrit reçu le 6 février 1987.

Contribution présentée au Colloque **Aquaculture et Développement** organisé sous l'égide de la Fondation Roi Baudouin à l'Institut de Zoologie de Liège (18 novembre 1986) à l'occasion des manifestations marquant la remise du Prix International Roi Baudouin pour le développement 1986 à la Fondation Internationale pour la Science (FIS, Stockholm).

** Laboratorium voor Systematiek en Ecologie, Zoölogisch Instituut, Naamsestraat 59, B-3000 LEUVEN, België.

INTRODUCTION

L'anguille a toujours été considérée comme un poisson étonnant. Nombreux furent les chercheurs qui ont tenté d'éclaircir quelque aspect mystérieux de sa biologie. En dépit d'une importante littérature, nos connaissances de l'anguille comportent encore beaucoup de lacunes. Depuis peu, cette espèce nous apporte de nouvelles perspectives : l'anguilliculture, une nouvelle technologie en expansion. Avant d'approfondir ce sujet, il nous paraît bon d'aborder d'une manière générale quelques aspects de la biologie de l'anguille.

LE CYCLE BIOLOGIQUE DE L'ANGUILLE EUROPÉENNE

L'anguille connaît un cycle biologique des plus complexes; la ponte et la fécondation des oeufs se situent dans la Mer des Sargasses, les larves effectuant une migration transatlantique avant de se métamorphoser en civelles au bord du plateau continental. Ensuite, attirées par l'eau douce, ces civelles (en anglais "glass eel") pénètrent les eaux continentales. Elles se pigmentent et perdent leur transparence. Ces anguillettes ("elvers") remontent les rivières et canaux et connaissent une période de croissance en eau douce qui peut s'étaler sur plusieurs années en fonction entre autres des conditions climatiques (température de l'eau) et de la quantité de nourriture disponible. A partir d'une taille d'environ 20 cm, ces anguillettes accentuent leur couleur jaunâtre et sont appelées anguillettes jaunes ("yellow eels"). Enfin, elles commencent leur maturation : les anguilles jaunes subissent une métamorphose, elles deviennent argentées et les tissus des gonades se différencient et se développent. C'est à ce moment que se termine la phase sédentaire; l'anguille argentée ("silver eel") se prépare à une migration catadrome vers le milieu marin. Continuant son voyage dans les bas-fonds de l'océan Atlantique, l'anguille européenne se dirige vers son aire de reproduction : la Mer des Sargasses. Le cycle biologique de l'anguille européenne est présenté en **figure 1**.

La reproduction en Mer des Sargasses

Dans l'Antiquité grecque, ARISTOTE expliquait la naissance de l'anguille à partir de la métamorphose du ver de terre; celui-ci se développerait spontanément dans la terre. PLINE, lui, attribuait la naissance de jeunes anguilles à un frottement de l'anguille contre les pierres. Chacun des morceaux de la peau qui se détache ainsi de l'anguille-mère se développant en nouvelle anguille. Il fallut attendre jusqu'à 1777 avant que MONDINI ne découvrit l'ovaire chez l'anguille femelle. C'est à ce moment-là que l'idée de reproduction à partir de l'oeuf fut acceptée. Les organes masculins furent découverts un siècle plus tard (SYRSKI, 1876; FIDE TESCH, 1977). Deux chercheurs italiens (GRASSI, 1896; GRASSI et CALAN-DRUCCIO, 1897a; 1897b) affirmaient que l'aire de ponte des anguilles se trouvait au fond de la mer Méditerranée. Ils y avaient trouvé un grand nombre de leptocephales. Néanmoins, la longueur minimale des larves capturées en mer Méditerranée était de 6 cm environ et lorsque sept ans plus tard une larve leptocephale fut découverte dans l'océan Atlantique (SCHMIDT, 1912), plusieurs expéditions danoises furent organisées pour étudier d'une manière systématique la distribution horizontale des leptocephales dans l'Atlantique. Les résultats de Johannes SCHMIDT ont démontré que la reproduction de l'anguille européenne devait se situer dans la région sud-ouest de l'océan Atlantique, notamment dans la Mer des Sargasses (**figure 2**); c'est là que SCHMIDT trouva les plus petites larves d'*Anguilla anguilla* (larves préleptocephales de 5 mm). Ajoutons néanmoins que jusqu'à présent personne n'a réussi à trouver les oeufs.

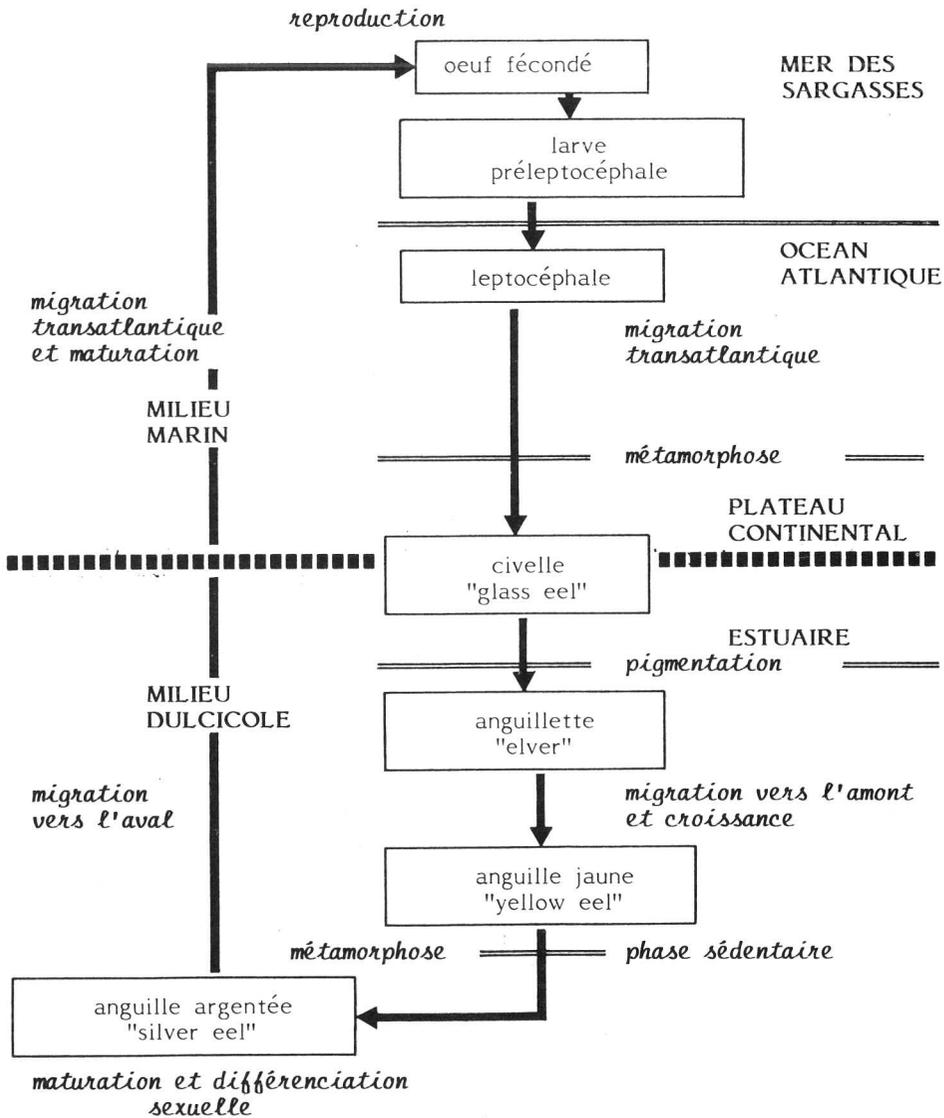


Figure 1. Cycle biologique d' *Anguilla anguilla*.

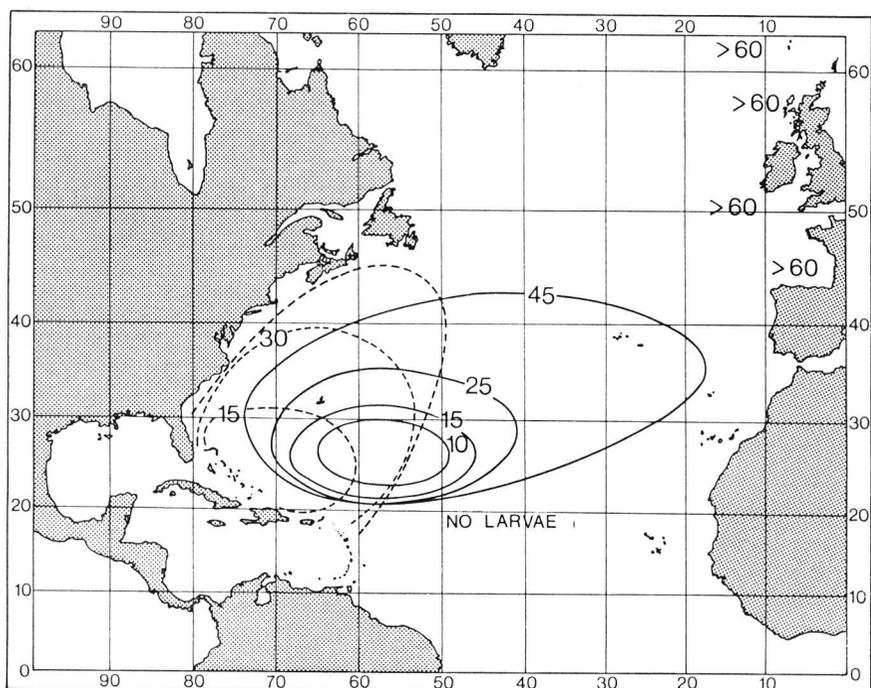


Figure 2. Carte de Johannes Schmidt montrant la distribution des larves leptocéphales d'*A. anguilla* dans l'océan Atlantique (SCHMIDT, 1922).

Dans la même région, SCHMIDT trouva également des larves de l'anguille américaine *A. rostrata*. Sa distribution mise à part, *A. rostrata* se distingue d'*A. anguilla* principalement par un nombre moins élevé de vertèbres (103-111 chez *A. rostrata* et 110-119 chez *A. anguilla*). La Mer des Sargasses constitue donc l'endroit de reproduction aussi bien pour *A. anguilla* que pour *A. rostrata*, dont les larves effectuent une migration opposée : vers l'ouest pour les larves d'*A. rostrata* et vers le nord-est pour *A. anguilla*. Cependant, cette théorie qui fut acceptée à l'époque d'une manière plus ou moins générale fut contestée par TUCKER (1959). Dans "A new solution to the Atlantic eel problem", TUCKER propose une tout autre théorie : *A. anguilla* et *A. rostrata* ne sont pas deux espèces différentes mais constituent deux éco-phénotypes de la même espèce. Les oeufs de cette espèce sont déposés en Mer des Sargasses; les oeufs se dirigeant vers l'ouest se développeraient à une température légèrement supérieure à celle des oeufs se déplaçant en direction nord-est. La température de l'eau a une influence directe sur le développement des larves; le nombre de vertèbres est inversement proportionnel à la température, ce qui expliquerait le nombre élevé de vertèbres des larves se déplaçant vers l'Europe. TUCKER exclut le retour des anguilles européennes matures jusqu'en Mer des Sargasses. Selon lui, les anguilles n'auraient pas assez de réserves d'énergie pour accomplir un tel voyage. La théorie de TUCKER a été complètement rejetée par plusieurs auteurs et pour différentes raisons (D'ANCONA, 1959; JONES, 1959; DEELDER, 1960; FONTAINE, 1961; BRUUN, 1963; SINHA et JONES, 1967; TESCH, 1977; BOETIUS et BOETIUS, 1980; COMPARINI et SCHOTH, 1982; SCHOTH, 1982), prouvant ainsi l'existence de deux espèces génétiquement distinctes (théorie de SCHMIDT).

BOETIUS et BOETIUS (1967) suggèrent que la ponte d'*A. anguilla* s'effectue à une profondeur d'environ 150 m. Selon les mêmes auteurs (1980), les oeufs obtenus par stimulations hormonales en conditions expérimentales atteignent un diamètre de $1,05 + 0,15$ mm. Le nombre total des oeufs est estimé à 700.000 pour une femelle de 0,4 kg et à 2.500.000 pour une femelle de 2,0 kg. BOETIUS et BOETIUS (1980) ont calculé la réserve d'énergie des anguilles argentées d'*A. anguilla*. Selon eux, leur taux d'énergie est suffisant pour parcourir plus de 6.000 km en migration active et pour atteindre un développement complet de la maturation sexuelle. DOLLERUP et GRAVER (1985) ont démontré que les anguilles de sexe mâle ne sont pas nécessairement condamnées à la mort après la fécondation des oeufs (expériences en aquarium). Au moyen d'injections hormonales (HCG), ils ont atteint plusieurs phases de reproduction chez les mâles d'*A. anguilla*, en alternance avec des périodes de croissance (et de régénération du tube digestif).

La phase leptocephale : une migration de la Mer des Sargasses jusqu'au plateau continental européen

Les larves issues de l'oeuf sont appelées préleptocephales. Elles sont pélagiques et ne mesurent que quelques millimètres. Très vite, elles prennent une forme aplatie latéralement et se transforment en leptocephales (**photo 1**). Celles-ci sont fusiformes (feuille de saule), très fines et transparentes, laissant apercevoir ainsi les myomères dont le nombre est un important critère en systématique. Le terme "leptocephale" trouve son origine du fait qu'en 1856 KAUP décrit (dans son "Catalogue of the Apodal Fish in the British Museum") un poisson marin qu'il nomme *Leptocephalus brevirostris*; ce n'est que 40 ans plus tard que l'on découvrit la vraie identité de ce poisson qui était en fait la larve de l'anguille (GRASSI, 1896; GRASSI et CALANDRUCCIO, 1897). Ce fut SCHMIDT (1912) qui, le premier, donna une description de la migration des leptocephales. Les larves d'*Anguilla anguilla* émigrent depuis la Mer des Sargasses, en direction nord-est, vers le plateau continental européen. De nos jours, les recherches scientifiques sur le leptocephale dans son milieu marin sont menées par des équipes de chercheurs danois et allemands. BOETIUS et HARDING (1985b) donnent une liste exhaustive de tous les leptocephales du genre *Anguilla* récoltés par des expéditions danoises jusqu'en 1966. Un réexamen des échantillons récoltés par SCHMIDT dans l'océan Atlantique (BOETIUS et HARDING, 1985a) a remis en question l'idée de l'homogénéité du stock européen d'*A. anguilla*. Déjà en 1980, BOETIUS mentionne 0,1 à 0,4 % d'*A. rostrata* dans les stocks d'anguilles du nord de l'Europe. De plus, les travaux de statistiques de HARDING (1985) démontrent d'une manière évidente une hétérogénéité dans les stocks européens d'anguilles.

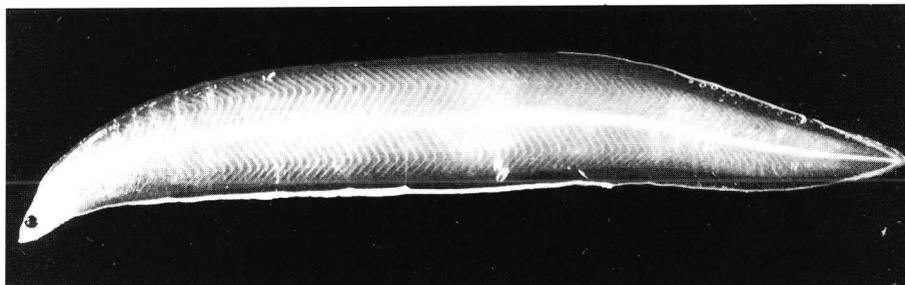


Photo 1. Leptocephale d'*A. anguilla* capturé dans le golfe de Biscaye (photo J. Puttemans).

Depuis 1971, TESCH effectue régulièrement des expéditions dans l'Atlantique à l'aide de navires scientifiques allemands tels que l'"Anton Dohrn" et, plus récemment, le "Friedrich Heincke". La capture des larves de l'anguille est possible au moyen d'un chalut ressemblant à un énorme filet à plancton : le "IKMT" (Isaacs-kidd Midwater Trawl) avec une ouverture pêchante de 6 m² et une dimension de maille de 850 µm. Les résultats obtenus jusqu'ici ont permis d'établir des cartes de répartition géographique, aussi bien pour les larves du "groupe O" dans la Mer des Sargasses (SCHOTH et TESCH, 1982) que pour les leptocephales d'*A. anguilla* dans l'Atlantique (TESCH, 1980, 1985; TESCH et al., 1985). L'échantillonnage des larves s'avère le plus fructueux à l'approche du plateau continental. C'est pour cette raison que les chercheurs allemands ont choisi la baie de Biscaye comme terrain principal de recherche. Les expéditions ont lieu vers octobre-novembre, car c'est en cette période que les densités de larves sont les plus élevées. On y retrouve aussi les phases les plus avancées (phases IV et V, début de la métamorphose). Les densités observées par TESCH pendant la période 1971-77 varient d'année en année : elles sont élevées pour les années 1971, 1973, 1975 et 1977 (20-40 captures par heure de pêche), tandis que les estimations des stocks de leptocephales pour 1972, 1974 et 1976 sont nettement inférieures (5-10 captures par heure de pêche) (TESCH, 1980; TESCH et DEELDER, 1978; TESCH et al., 1985). Une explication plausible pour ce phénomène n'a pas encore été trouvée. Plus récemment, la situation est devenue plus inquiétante : tandis que la période de 1979 à 1981 a connu trois années de densités basses (comparables à celles des années 1972, 1974 et 1976), le nombre de larves est retombé depuis 1982 à un niveau alarmant (selon TESCH et al. (1985), en moyenne 1,7 larve capturée par heure de pêche pour les années 1982, 1983 et 1984). Pour les années 1985 et 1986, la situation ne semble pas s'améliorer. Cela est d'autant plus inquiétant que ce phénomène se représente avec une ampleur identique sur les stocks de civelles remontant les estuaires européens (voir ci-dessous). TESCH (1985) a observé une corrélation entre le nombre de leptocephales capturés lors des échantillonnages dans la baie de Biscaye (pour la période 1971-1977) et l'ampleur de la remontée de civelles sur la rivière Ems (Allemagne) au début de l'année suivante. Ces résultats soulignent la nécessité et l'importance de l'évaluation des stocks dans l'Atlantique; c'est pourquoi le navire scientifique le "Belgica" sera engagé dans cette recherche en coopération avec l'équipe allemande.

En outre, les recherches en Mer des Sargasses et dans l'Atlantique ont apporté quelques données écologiques sur les leptocephales. TESCH (1980) et TESCH et al. (1985) ont observé une migration verticale journalière : pendant la journée les leptocephales préfèrent les profondeurs entre 300 et 600 m, tandis qu'ils effectuent une migration vers la surface pendant la nuit jusqu'à une profondeur moyenne de 65 m. SCOTCH et TESCH (1984) ont décrit le même phénomène chez les larves du groupe O (déjà à partir d'une longueur de 5 mm), quoique l'amplitude de la migration journalière chez ces jeunes larves soit moins prononcée.

La migration estuarienne de la civelle

Dès leur arrivée au bord du plateau continental, les larves leptocephales se métamorphosent. Cette métamorphose se fait graduellement et il est donc possible de retrouver non loin du bord du plateau continental des larves représentant différents stades de cette métamorphose. Non seulement leur forme aplatie devient cylindrique (la pigmentation aura lieu plus tard), mais en plus leur mode de locomotion se modifie complètement. Le leptocephale est devenu civelle (**photo 2**) (le mouvement natatoire de la civelle est comparable à celui de l'anguille adulte, tandis que le leptocephale se déplace moins énergiquement au moyen de vibrations ondulantes).

Une fois la métamorphose achevée et en fonction de certaines conditions aussi bien externes qu'internes (atmosphériques, physicochimiques, hormonales et autres), les civelles remontent en bancs les estuaires de nos fleuves. Pour les flancs ouest de notre continent européen, le moment de cette remontée dépend de la latitude : elle se fera plus tardivement pour les régions nordiques. C'est en péninsule ibérique que la remontée des civelles se situe le plus tôt; selon les résultats de WEBER (1985a, 1985b) dans le Rio Minho (Portugal), elle débute déjà en novembre et dure plusieurs mois. Ajoutons qu'en péninsule ibérique les civelles remontant les rivières s'observent tout au long de l'année, quoique leur nombre soit très limité en été. Plus au nord, la durée de la remontée des civelles est beaucoup plus courte. En France, elle a lieu principalement du 15 janvier au 15 mars selon les données collectées dans la Loire en 1977 (ELIE, 1979); en mer Méditerranée, l'immigration des civelles prend place dès novembre jusqu'à janvier (Port-La-Nouvelle, Aude, 1975) selon LECOMTE-FINIGER (1976). En Belgique, la remontée de l'Yser a lieu généralement en mars-avril (pour l'Escaut, les données sont inexistantes). LINDGUIST (1979) observe les plus importantes remontées de civelles dans le Skagerrak et le Kattegat pendant la période février-mars.

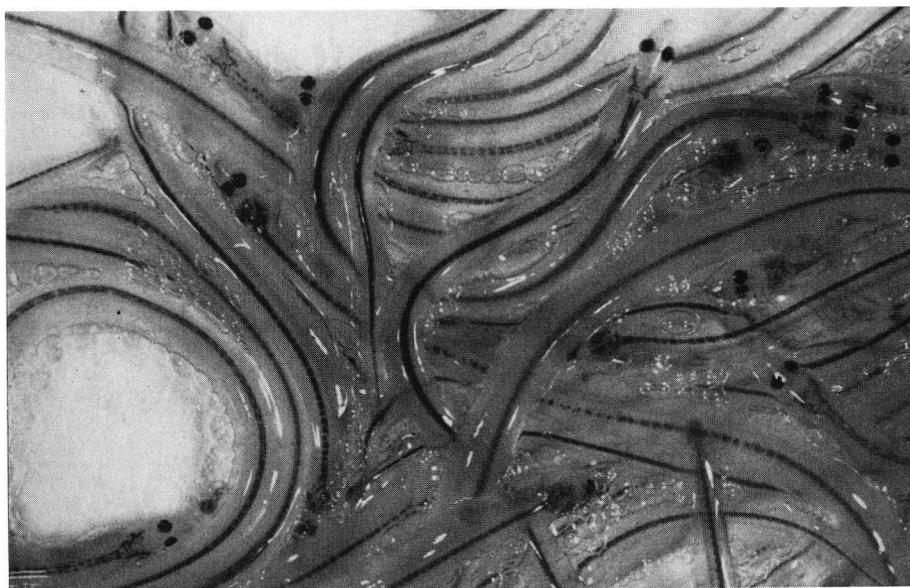


Photo 2. Civelles d'*A. anguilla* (photo J. Puttemans).

Plusieurs auteurs ont étudié les facteurs qui pourraient influencer la pénétration des civelles dans les estuaires. En général, les montées des civelles ont lieu la nuit, à marée montante. En plus, dans la plupart des estuaires la migration est assez fortement dépendante de la phase lunaire; elle se fait plus activement durant les périodes proches de la phase de nouvelle lune. CANTRELLE (1984) souligne que l'intensité de la migration des civelles dans l'estuaire de la Gironde est principalement influencée par les coefficients de marée et les apports d'eau et aussi, en second lieu, par la température et les vents. LECOMTE-FINIGER et RAZOULS (1981) décrivent des pics dans les montées de civelles vers l'étang de Sigean (Aude, France) pendant des coups de vents violents de nord à nord-ouest qui produisent un courant d'eau saumâtre sortant de l'étang.

WEBER (1985a et b) observe une intense montée des civelles sur le Rio Minho (Portugal) pendant les périodes de vents d'ouest. Ajoutons encore que DEKKER (1985) a élaboré un modèle d'analyse statistique en utilisant l'analyse de variance pour une meilleure interprétation de la valeur des différents facteurs pouvant influencer la migration des civelles. Comme ce fut mentionné plus haut, TESCH (1980) observa une remarquable et inquiétante diminution des stocks de leptocéphales dans l'océan Atlantique. Quelque temps plus tard, cette diminution fut notée aussi au niveau de la migration estuarienne des civelles. Lors de la dernière réunion du "Working Group on Eel" session EIFAC 1985, plusieurs chercheurs ont attiré l'attention sur ce fait alarmant. Les données sur les estimations des montées des civelles de six pays (la Norvège, la Suède, le Danemark, l'Allemagne, les Pays-Bas et l'Irlande) ont été compilées par MORIARTY (1985), toutes révèlent des taux de captures extrêmement bas pour les années 1983 et 1984. En France, GUERVAULT et al. (1985) estiment l'abondance des migrations de 1983 et 1984 à 30 % pour la Loire et à 27 % pour la Vilaine, comparée aux maxima des années 1977 et 1978. Ces données et plusieurs communications d'autres auteurs permettent de conclure à une diminution très prononcée des ressources en civelles sur le continent européen. Pour les années 1985 et 1986, la situation ne semble pas s'améliorer. En Belgique, la situation est parallèle à celle du reste de l'Europe. Jusqu'à présent les données sur la montée des civelles sont limitées à celles de l'Yser. Elles sont dues au service AROL ("Administratie voor Ruimtelijke Ordening en Leefmilieu", Ministère de la Région Flamande) qui, chaque année, capture les civelles remontant l'Yser, pour repeupler rivières et cours d'eaux dans les Flandres. Les résultats de ces captures sont consignés sur la **figure 3**. En dépit de l'absence de données sur l'effort de pêche et sur les prises par unité d'effort, cette figure nous donne une forte indication sur la diminution de la ressource. Les années 1981 et 1982 étaient caractérisées par une baisse atteignant jusqu'à 21 % en moyenne des taux capturés entre 1973 et 1980. De 1983 à 1986 les civelles étaient encore plus rares (3 % des taux de la période 1973-1980). Une interprétation des raisons éventuelles de cette diminution des stocks est très délicate. Il est évident qu'avant toute chose il faut rassembler plus de données, d'une manière uniforme et réitérée, ce qui permettra de suivre l'évolution de la ressource. Probablement faudra-t-il organiser une méthode de gestion des stocks de l'anguille, ce qui n'est possible qu'au niveau international.

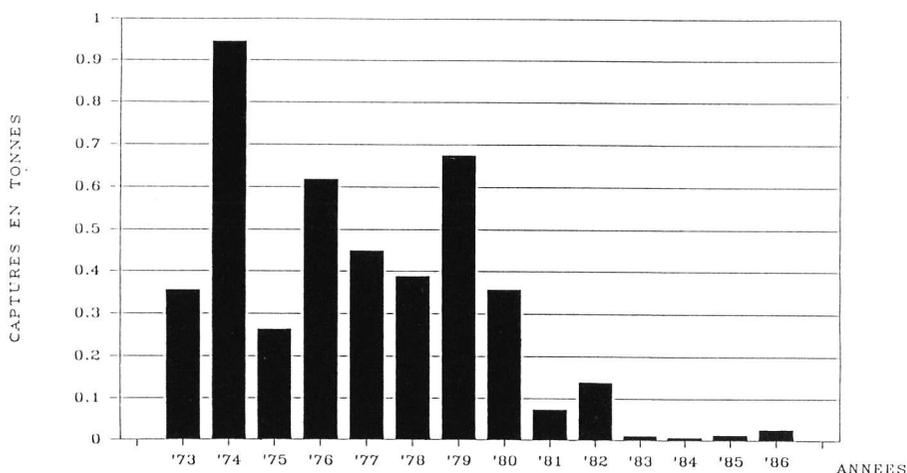


Figure 3. Captures annuelles de la civelle dans l'Yser (Source : M. Vandenaabeele, A.R.O.L., Ministère de la Région Flamande).

Croissance et maturation

Aussitôt entrées dans les eaux douces de nos rivières, les civelles se pigmentent. L'intensité et la durée de ce stade de développement pigmentaire dépendent entre autres de la température et de la salinité. Une haute teneur en sels freinera l'activité de la pigmentation, mais plus la température est élevée, plus la mélanogenèse s'activera (TESCH, 1977; LECOMTE-FINIGER, 1983a). C'est aussi à ce stade que les civelles recommencent à s'alimenter : le tractus digestif se développe et le régime alimentaire varie selon le stade de développement, la localité et la saison; le régime est surtout carnivore et composé d'invertébrés benthiques (LECOMTE-FINIGER, 1983b). Les petites anguilles pigmentées, désormais appelées anguillettes (**photo 3**), continuent leur croissance en eau douce durant plusieurs années. Bien que de nombreux auteurs ont étudié la croissance de l'anguille, plusieurs problèmes subsistent. Tout d'abord, il n'y a toujours pas de moyen évident pour déterminer l'âge de la civelle à son arrivée sur le plateau continental. De plus, la méthode d'étude de la croissance par lecture des écailles est inadéquate pour l'anguille, car ces écailles ne se développent que lorsque l'anguille a atteint une certaine taille. Généralement, les otolithes sont le plus fréquemment employées pour les études de croissance chez l'anguille; néanmoins cette méthode pose encore bien des problèmes, les anneaux otolithaires étant difficilement interprétables. En général, la croissance de l'anguille est assez lente. Elle est cependant très influencée par des facteurs externes, tels que la température, la quantité de nourriture disponible et la densité de la population (TESCH, 1977). A titre d'exemple, la **figure 4** compare la croissance durant cinq mois de civelles stockées dans des viviers en terre (BELPAIRE et al., 1987). La croissance des civelles stockées dans un étang



Photo 3. Anguillettes dans les systèmes d'élevage de Doel (photo W. Verdonck).

engraissé est nettement supérieure à celle des civelles de l'étang non-engraissé. La croissance dépend entre autres du développement sexuel, les anguilles femelles ayant un taux de croissance plus élevé que les mâles (en anguilliculture, le phénomène de divergence de croissance entre individus en conditions d'élevage identiques est très connu, nécessitant une technologie de production et une main-d'oeuvre plus importantes, vu la nécessité de nombreux tris au cours de l'élevage). Le séjour dans les eaux continentales d'Europe dure selon TESCH (1977) 8 à 12 ans pour les femelles et 6 à 9 ans pour les mâles. C'est à ce moment que débute la dernière métamorphose : l'anguille jaune se prépare à sa migration reproductrice vers la Mer des Sargasses et devient anguille argentée. Cette métamorphose est associée à différents changements d'ordre morphologique et physiologique. L'anguille cesse de se nourrir et son tractus digestif s'atrophie; les gonades se développent et débutent leur maturation. L'accumulation d'une énorme réserve de graisse lui permettra d'atteindre cette aire de reproduction. Les yeux grandissent, ce qui lui servira à capter un maximum de lumière dans les bas-fonds de l'océan au cours de sa migration.

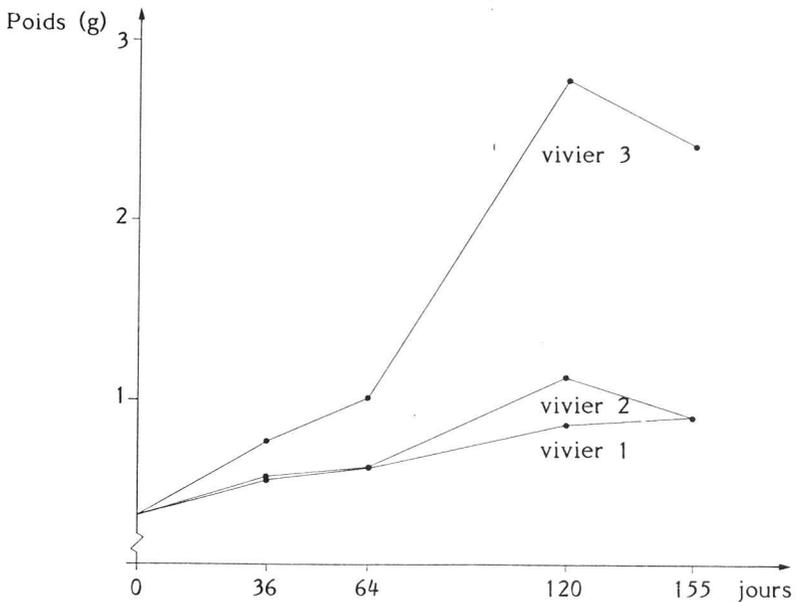


Figure 4. Variations de la croissance des civelles élevées pendant 156 jours en viviers sous différentes conditions d'engraissement (vivier 1 : non engraisé; vivier 2 : très légèrement engraisé; vivier 3 : engraissement total).

LA PECHE DE L'ANGUILLE EN BELGIQUE

Dans beaucoup de pays européens, la pêche de l'anguille a une importance économique. Elle est souvent pratiquée par des pêcheurs professionnels au moyen de matériels très variés. La pêche professionnelle de l'anguille est absente en Belgique du fait de la rareté des plans d'eau. Mis à part quelques braconniers utilisant des nasses, la pêche de l'anguille est exclusivement sportive. Généralement, l'anguille est pêchée à l'aide de la ligne de fond amorcée d'un gros ver; cependant, dans certaines régions (Yser), la pêche à la pelote (vermée) est très populaire. Mentionnons encore la pêche de la civelle sur l'Yser par AROL, en vue du repeuplement d'autres rivières.

L'ANGUILLICULTURE

De la valliculture extensive aux fermes intensives en circuit fermé

En dépit de l'importance de la demande (marché existant) et de la valeur économique intéressante de l'anguille, l'anguilliculture en Europe a longtemps été restreinte aux cultures extensives ou semi-intensives de l'Italie. Le fait qu'il est jusqu'à présent impossible de reproduire des anguilles en conditions contrôlées a certainement freiné le développement de cette culture. Plusieurs laboratoires se sont spécialisés dans la recherche en cette matière et des résultats prometteurs ont été obtenus. En effet, il a été possible de fertiliser des oeufs d'anguilles in vitro, en partant d'ovules et de sperme d'individus traités par injections hormonales (FONTAINE, 1936 et 1964; BOETIUS et BOETIUS, 1980; YIQIANG et al., 1980). Plusieurs expériences de fertilisation ont été effectuées avec succès, quoique la durée de survie des larves n'ait guère dépassé 2 à 3 semaines. Cependant, ces expériences sont à encourager; on peut s'attendre dans un avenir plus ou moins éloigné à la possibilité d'élever des anguilles de consommation à partir de l'oeuf, ce qui permettra de sélectionner des souches d'élevage. Ajoutons néanmoins qu'il est douteux que cette méthode puisse prouver sa rentabilité économique, puisqu'il s'agira vraisemblablement d'un système de culture larvaire très spécialisé, intensif, délicat et coûteux. La rentabilité d'une reproduction contrôlée de l'anguille dépendra pour une partie non négligeable du stock des civelles.

C'est en Asie que se situe le berceau de l'élevage de l'anguille. C'est surtout au Japon que depuis plusieurs générations l'anguilliculture est pratiquée d'une manière intensive, dans de grands viviers sous serre. La production au Japon a monté jusqu'à 38.000 tonnes pour 1984, ce qui ne suffisait pas encore à la demande (la consommation d'anguilles au Japon est de 65.000 tonnes, ce qui représente 87 % de la consommation totale mondiale) (LODDER, 1986). Aussi, la Chine et Taïwan sont en passe de devenir d'importants producteurs d'anguilles. En Europe, nous avons déjà cité l'Italie comme principal producteur européen. Grâce à son climat favorable, il y existait une importante valliculture extensive vers 1970 (3.800 tonnes par an); cette méthode d'anguilliculture a peu à peu disparu, principalement à la suite de problèmes pathologiques. Elle est remplacée par quelques entreprises à culture intensive, qui produisaient en 1984 2.000 tonnes (SAROGLIA et al., 1985). Simultanément, dans plusieurs autres pays d'Europe, on envisageait les possibilités de la culture intensive de l'anguille. En effet, du fait de la hausse des prix de l'énergie et de la volonté de récupérer des calories perdues dans les eaux résiduaires, plusieurs sites en Europe semblent convenir à l'anguilliculture intensive. Il s'agit surtout des eaux résiduaires des centrales (nucléaires ou classiques) qui furent employées pour l'élevage de l'anguille dans différents pays (Angleterre : Marine Farm, Hinckley Point, Drax Power Station; Allemagne : Emden; France : St-Laurent-les-Eaux). Parfois, d'autres entreprises industrielles rejetant des eaux chaudes conviennent à cet élevage (Suède : Boliden Remi, une usine produisant de l'acide sulfurique). En Belgique, une installation pilote existe depuis 1983; elle utilise les eaux chaudes de la centrale nucléaire de Doel (Anvers). Le site offre d'ailleurs l'avantage d'avoir à sa disposition les eaux de l'Escaut, ce qui permet en outre d'élever des espèces euryhalines (valeurs économiques intéressantes) comme le bar (*Dicentrarchus labrax*) ou la daurade (*Sparus aurata*). Les résultats de l'élevage expérimental de l'anguille (photo 3) permettent d'envisager une exploitation industrielle. La figure 5 nous montre la courbe des températures obtenues dans cette station pilote pour 1985 (VERDONCK et al., 1986). Une autre installation pilote de recherche sur la culture de l'anguille a démarré récemment; elle utilise les eaux réchauffées de la station d'épura-

tion d'une brasserie à Louvain. Les résultats de quelques expériences préliminaires y sont encourageantes. Les élevages employant les eaux résiduaires de différentes industries sont souvent du type "circuit ouvert". L'eau sortant des bassins à anguilles n'est pas réutilisée et quitte l'élevage. C'est pourquoi un tel élevage est toujours dépendant de l'industrie produisant les eaux chaudes. La continuité des apports d'eau doit être assurée, ainsi que sa qualité. C'est la raison principale des difficultés éprouvées par quelques entreprises d'aquaculture citées ci-dessus, qui ont été contraintes à la fermeture. C'est pour la même raison que certains aquaculteurs ont élaboré des systèmes en circuit fermé pour la culture de l'anguille, ce qui permet d'être indépendant des industries. Cela a été possible grâce aux résultats obtenus dans d'autres domaines de la recherche appliquée, entre autres en épuration des eaux. Les systèmes à recirculation sont des élevages de plus en plus intensifs, allant jusqu'à 300 kg/m³ (RAND, 1986), ce qui rend la gestion de la qualité de l'eau indispensable. Avant de remettre en circuit les eaux sortant des bassins à poissons, il est nécessaire :

- d'enlever les particules en suspension (par exemple, par un "swirl concentrator" ou par un bassin de sédimentation à plaques);
- d'oxygéner l'eau pour un bon fonctionnement du lit bactérien;
- de transformer les substances toxiques (ammoniaque) en substances non toxiques (nitrates) dans les filtres bactériens (biodrum, filtre biologique inondé, trickling filtre) : nitrification;
- d'enlever les particules en suspension provenant du filtre;
- d'oxygéner l'eau en vue du passage dans les bassins à poissons (oxygène pure).

Une installation de ce type a été réalisée au DAI (Danish Aquaculture Institute), au Danemark, et plusieurs fermes de ce type ont commencé leur production ou sont en construction dans les pays du nord de l'Europe (RAND, 1986).

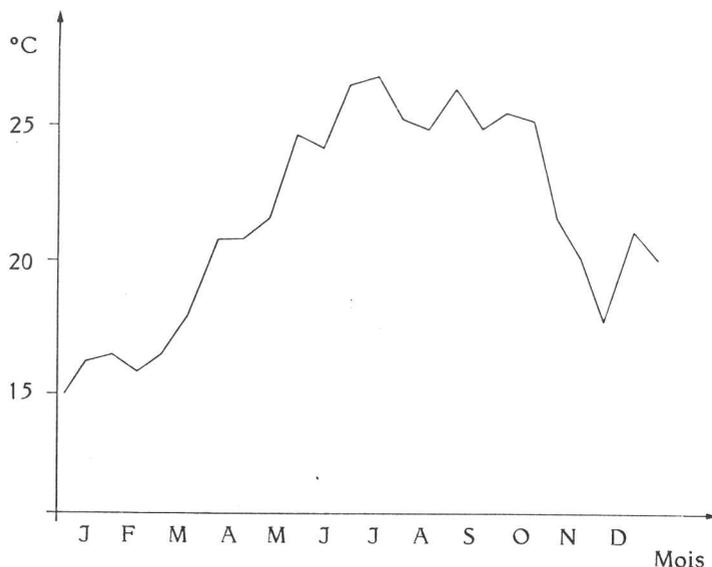


Figure 5. Courbe des températures obtenues dans les installations pilotes à Doel en 1985 (d'après VERDONCK et al., 1986).

Problèmes pathologiques

La plupart de ces élevages intensifs sont des fermes de grossissement produisant des anguilles de consommation. On part d'anguillettes de 5 à 30 g, qui sont engraisées jusqu'à 150 à 300 g. Pour assurer une bonne saison d'élevage, il est recommandé de disposer au départ d'anguillettes de bonne qualité. Or, généralement, celles-ci sont prélevées dans leur milieu naturel : ces anguilles pêchées sont trop petites pour la consommation et leur prix d'achat est modéré. Cependant, les anguillettes d'origine naturelle apportent plusieurs problèmes. Il est souvent difficile de les habituer à la nourriture et il faut parfois plusieurs mois avant qu'elles veuillent l'accepter. De plus, ces anguillettes risquent d'apporter avec elles des maladies pouvant affecter tout l'élevage, telles certaines maladies provoquées par des organismes protozoaires (*Trichodina* sp., *Chilodonella* sp., *Ichthyophthirius multifiliis*, *Oödinium* sp., *Costia* sp.) ou métazoaires (trematodes : *Pseudodactylogyrus* sp., *Gyrodactylus* sp.; cestodes : *Proteocephalus* sp.; nématodes : *Anguillicola crassa*) ou encore par des champignons ou par des bactéries (*Aeromonas* sp., *Vibrio* sp., *Pseudomonas* sp.). Récemment le parasite *Anguillicola crassa* a été observé chez les anguilles de nos régions (BELPAIRE et al., 1987). Les nématodes matures du genre *Anguillicola* vivent exclusivement dans la vessie natatoire de l'anguille, les larves étant transmises par des crustacés planctoniques (DE CHARLEROI et al., 1987). Ce nématode, importé probablement d'Asie où il parasite *Anguilla japonica* (EGUSA, 1979), a une influence néfaste sur la croissance des anguilles en Italie (SARTI et al., 1985; SAROGLIA et al., 1985) et sa propagation progresse sur toute l'Europe (NEUMANN, 1985; PETERS et HARTMANN, 1986; VAN BANNING et al., 1986). Jusqu'à présent, aucune thérapie n'a été efficace, ce qui rend ce parasite encore plus dangereux pour les élevages d'anguilles.

L'élevage de la civelle jusqu'au stade de l'anguillette

Jusqu'à présent, la plupart des anguilliculteurs se sont approvisionnés en anguillettes sauvages. Leur principaux problèmes se situent à ce niveau : anguillettes refusant toute nourriture ou anguillettes en état sanitaire douteux, transportant des agents pathogènes comme le parasite *Anguillicola* ou infectées par des maladies bactériennes. C'est pourquoi certains tentent de commencer leur élevage au stade civelle, tout en sachant que cet élevage leur apportera plusieurs problèmes spécifiques. L'élevage de la civelle est un élevage à labour intensif qui demande des soins constants, du moins durant les premiers mois. Il nécessite une infrastructure spécialement adaptée pour contenir les civelles, qui profitent de la moindre possibilité pour s'échapper. Le travail intensif, les densités limitées et les maigres résultats de croissance ont découragé maintes tentatives d'élevage de civelles. C'est pourquoi notre Laboratoire d'Ecologie et de Systématique s'est particulièrement intéressé à ce problème.

Une infrastructure adaptée

Plusieurs années de recherches ont conduit à un complexe d'élevage approprié à la civelle. Il s'agit d'un système en circuit fermé regroupant plusieurs unités de base :

- les bassins à poissons qui par leur forme assurent un rôle de décantation;
- un filtre biologique;
- un récipient de pompage et de réchauffement.

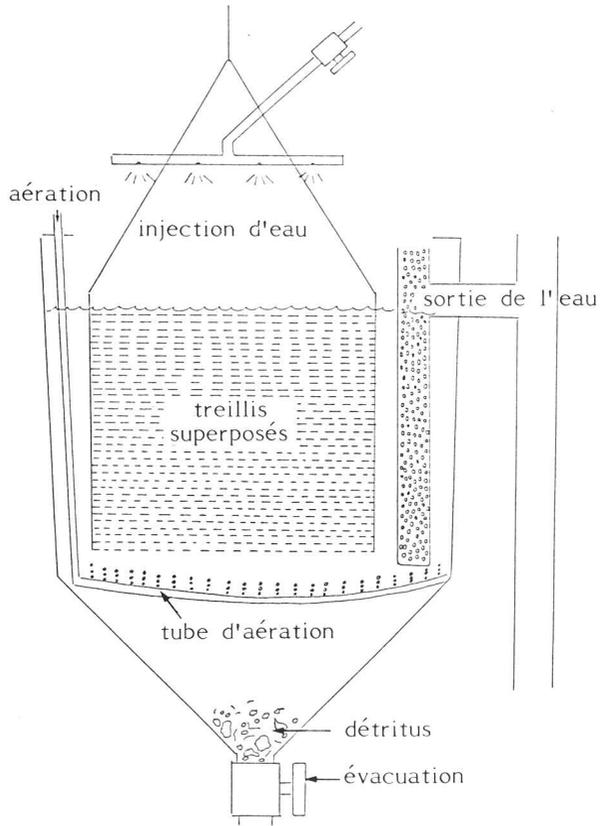


Figure 6. Bassin cylindroconique pour l'élévation de la civelle (d'après KUHLMANN et KOOPS, 1980).

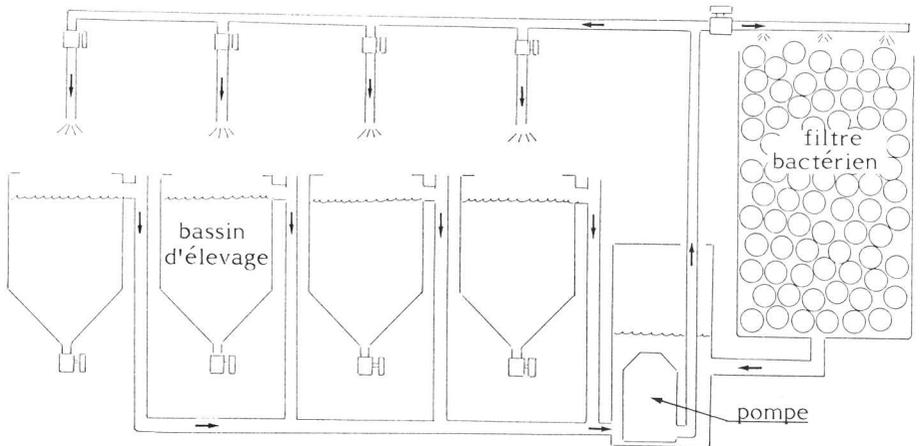


Figure 7. Système en circuit fermé pour l'élévation de la civelle.

Les bassins à poissons (fig. 6 et 7) sont inspirés d'un modèle décrit par KUHLMANN et KOOPS (1980). Ils contiennent 1 m³ d'eau et leur partie supérieure de forme cylindroconique contient une structure cubique, construite à l'aide d'une quarantaine de treillis superposés distants de 2 cm environ et dont les mailles varient de 5 à 20 mm selon la taille des anguillettes. C'est dans cette construction cubique, remplie de treillis, que demeurent les anguilles enlacées qui, de ce fait, bénéficient d'un contact social étroit, ce qui évite les agressions entre individus. Généralement, elles y restent passives et attendent les apports de nourriture. L'eau est injectée au-dessus du treillis supérieur, assurant ainsi une bonne qualité et une bonne oxygénation là où demeurent les anguilles. En plus, une oxygénation de l'eau est obtenue soit par une aération à l'aide d'air comprimé, soit par une injection d'eau sursaturée en oxygène pur. Un bord replié empêchant les évasions des civelles est une nécessité absolue. La partie conique des bassins se situe sous le tube d'aération; l'eau y est calme, permettant ainsi une décantation des matières fécales et des restes de nourriture dans le cône. Il est donc possible d'enlever ces détritiques en ouvrant journalièrement la valve d'évacuation durant quelques secondes. Cela ne perturbe en aucun cas les anguilles, car celles-ci demeurent dans la partie supérieure. L'eau sortant des bassins de production est menée vers un réservoir collecteur où s'effectue la régulation thermique. Une pompe élève l'eau jusqu'au niveau du filtre et des bassins. Le filtre bactérien est du type "trickling" et construit avec des éléments biofiltre conventionnels.

Les civelles

Les civelles proviennent de la Loire ou de la rivière Severn (Angleterre). Leur poids individuel varie de 250 à 350 mg, pour une longueur de 7 cm environ. Dès l'arrivée à la station, elles sont placées dans les silos et acceptent les treillis comme support (au début, les densités se limitent à 10-15 kg/m³). La température de l'eau est graduellement élevée jusqu'à 25 °C; elle sera maintenue à ce niveau durant toute la période de production. De la rate de boeuf moulue placée sur le treillis supérieur se révèle très attractive pour les civelles et la plupart acceptent cette nourriture après environ une semaine. Durant la première période (3 semaines), la mortalité globale est estimée à 15-20 %. Une fois que toutes ont accepté la rate de boeuf, celle-ci est graduellement remplacée par des aliments composés (miettes et ensuite granulés) dont la composition est présentée dans le **tableau 1**. La nourriture est distribuée par des distributeurs automatiques opérant jour et nuit ou par des distributeurs à la demande. Dès lors, il est nécessaire de trier les anguillettes (elles sont déjà pigmentées) car les taux de croissance sont très variables. Quand les anguillettes ont dépassé le poids de 500 mg, les densités de stockage s'élèvent à 30 kg/m³ et le tri s'effectue chaque mois. Il est possible d'atteindre des densités de 100 kg/m³ à condition de prévoir une oxygénation suffisante. De telles productions nécessitent d'ailleurs un monitoring continu des concentrations d'oxygène et des matières métaboliques. La **figure 8** nous donne, à titre d'exemple, les courbes de croissance pour quatre bassins pendant la période octobre-novembre 1986. Toutes ces anguillettes proviennent de civelles du mois d'avril, ce qui démontre l'hétérogénéité de leur croissance. Généralement, les taux de croissance se situent entre 1,2 à 1,6 % du poids corporel par jour, les rations journalières de nourriture variant de 1,5 à 3 % du poids corporel (pour les aliments composés). Pour les jeunes civelles, les rations de rate peuvent s'élever à 15 % du poids corporel. Il est possible de produire en dix mois des anguillettes d'environ 10 g (en moyenne) en partant du stade civelle. Ces anguillettes constituent un excellent matériel de base pour les fermes de production (grossissement jusqu'à 200 g).

Tableau 1. Composition des aliments pour civelles et anguillettes.

	Aliments pour civelles	Aliments pour anguillettes
Protéines brutes	52,0 %	45,0 %
Matières grasses brutes	08,5 %	07,0 %
Sucres + amidon	-	14,0 %
Humidité	11,0 %	10,0 %
Cendres brutes	11,0 %	10,0 %
Cellulose brute	02,0 %	03,0 %

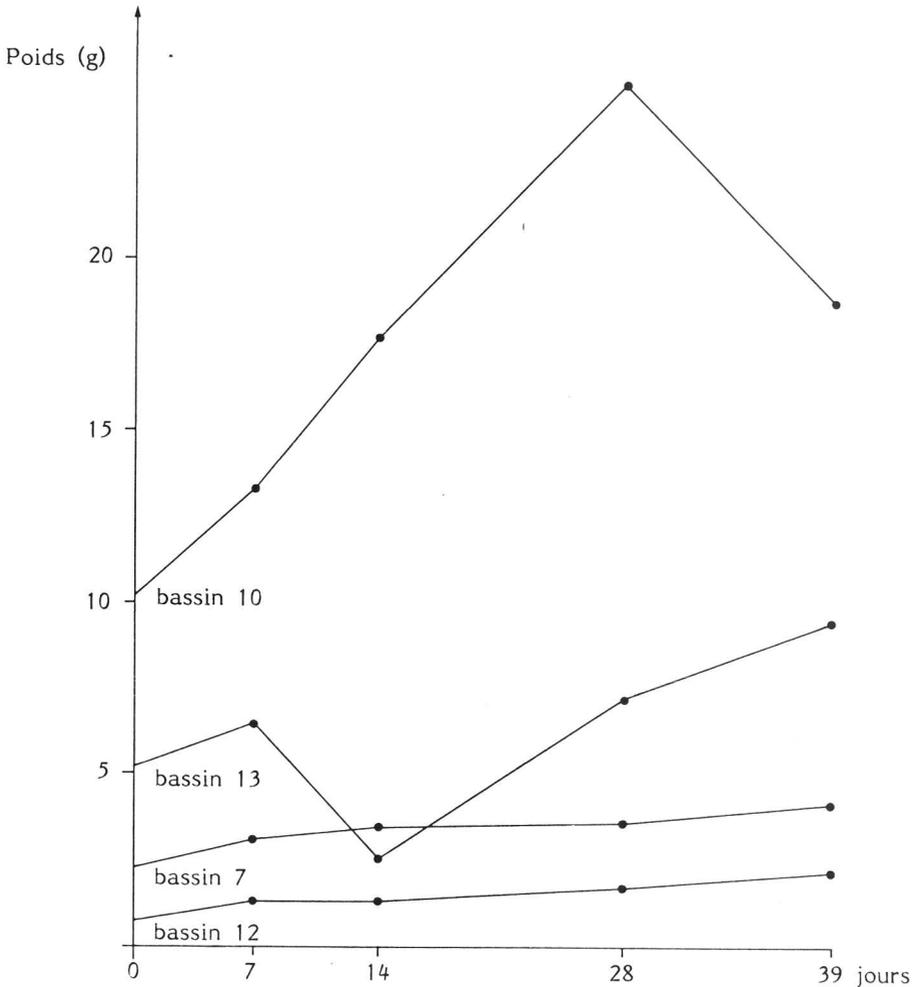


Figure 8. Courbes de croissance pour quatre bassins à anguillettes pendant la période du 09.10.86 au 17.11.86 dans les systèmes en circuit fermé de Louvain (toutes les anguillettes proviennent de civelles d'avril 1986). Les densités étaient de 20 à 25 kg/m³, la ration alimentaire journalière étant de 2 % (bassins 7 et 10), 2,5 % (bassin 12) et 3 % (bassin 13) du poids corporel.

Pathologie

Dans de pareilles conditions de production intensive, les problèmes de maladies demandent une attention particulière et exigent des contrôles sanitaires réguliers. Quelques ectoparasites du genre *Trichodina* ou *Pseudodactylogyrus* peuvent se manifester soudainement, causant des ralentissements de croissance. *Histiostoma anguillarum*, une nouvelle espèce d'acarien (appartenant à la famille des Anoetidae), parasite des branchies des anguillettes, a été décrite (FAIN et BELPAIRE, 1985). Ces acariens sont des parasites occasionnels et leur nombre peut s'élever jusqu'à 20 par poisson. Comme pour les ectoparasites cités plus haut, il est important de combattre cet acarien par des traitements appropriés.

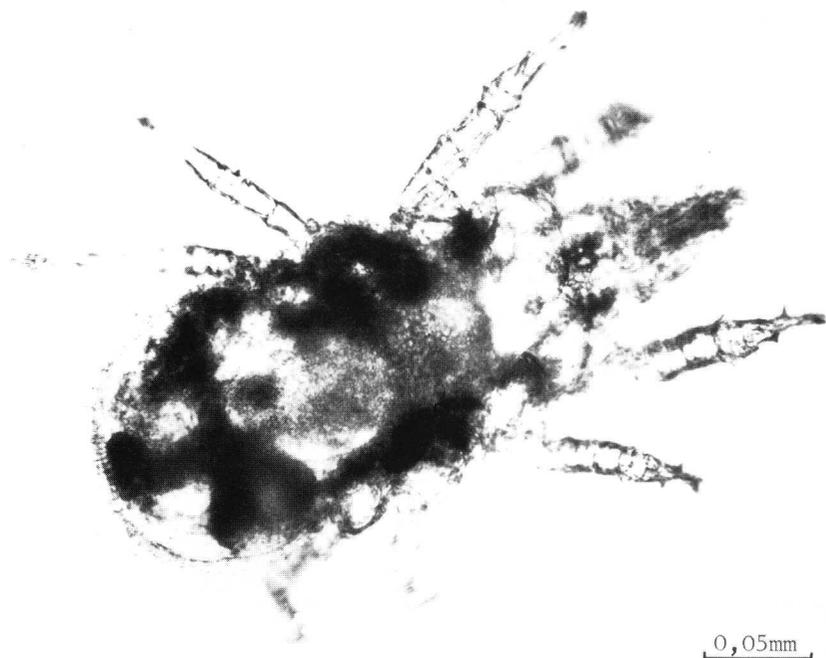


Photo 4. Femelle de l'acarien *Histiostoma anguillarum* FAIN et BELPAIRE (Anoetidae), isolée d'une branchie d'une anguilette (photo C. Belpaire).

Perspectives

Les anguillettes représentent un produit dont le potentiel économique est important (pour les anguillettes de 10 g, le prix de vente peut s'élever jusqu'à 1500-1800 FB/kg) et dont le marché semble s'accroître vu la hausse de la demande venant des fermes de grossissement. Les résultats de nos unités de production d'anguillettes ouvrent de nouvelles perspectives pour l'aquaculture en Belgique. Il est désormais possible de produire à échelle intensive des anguillettes à partir de civelles, à condition de bien concevoir les systèmes de production. Il s'agit ici en effet d'une aquaculture intensive nécessitant une infrastructure optimale et du personnel qualifié. Une première entreprise de ce genre est en cours de construction en Belgique (Ecocult, Roeselare).

REMERCIEMENTS

Nous remercions ici le service AROL (Administratie voor Ruimtelijke Ordening en Leefmilieu, Ministère de la Région flamande) et spécialement Monsieur Vandenaabeele pour leur collaboration. Nous tenons à remercier le bureau d'étude Biofish (EBESGIMV-LRD) pour ses apports financiers dans le projet de production piscicole sur le site de la centrale nucléaire à Doel, Ecocult pour sa participation au projet de production d'anguillettes et Union Carbide qui a mis à notre disposition un système expérimental d'oxygénation. Nous exprimons notre reconnaissance à nos collègues W. Verdonck et A. Tops pour leur aide dans la recherche et à L. Noterdaeme pour la réalisation pratique du manuscrit. Enfin, nous exprimons notre gratitude au NFWO (Nationaal Fonds voor Wetenschappelijk Onderzoek) pour son soutien financier.

BIBLIOGRAPHIE

- D'ANCONA, U., 1959.
Old and new solutions to the eel problem.
Nature, 183 : 1405.
- BELPAIRE, C., D. DE CHARLEROY et F. OLLEVIER, 1987.
Effects of restocking of eels (*Anguilla anguilla*) on the distribution of the nematode *Anguillicola* in Flanders, Belgium.
EIFAC (FAO), Working Group on Eel, Bristol, 1987 (in prep.).
- BELPAIRE, C., A. TOPS, L. VERHEUST et F. OLLEVIER, 1987.
Possibilities of culturing glass eel (*Anguilla anguilla*) in earthen ponds in Belgium.
EIFAC (FAO), Working Group on Eel Bristol, 1987 (in prep.).
- BOETIUS, J., 1980.
Atlantic *Anguilla*. A presentation of old and new data of total numbers of vertebrae with special reference to the occurrence of *Anguilla rostrata* in Europe.
Dana, 1 : 99-110.
- BOETIUS, J. et I. BOETIUS, 1967.
Studies in the European eel, *Anguilla anguilla* (L.). Experimental induction of the male sexual cycle, its relation to the temperature and other factors.
Meddr. Danm. Fisk. og Havunders, 4 : 339-405.
- BOETIUS, I. et J. BOETIUS, 1980.
Experimental maturation of female silver eels, *Anguilla anguilla*. Estimates of fecundity and energy reserves for migration and spawning.
Dana, 1 : 1-28.
- BOETIUS, J. et E.F. HARDING, 1985a.
A re-examination of Johannes Schmidt's Atlantic eel investigation.
Dana, 4 : 129-162.
- BOETIUS, J. et E.F. HARDING, 1985b.
List of Atlantic and Mediterranean *Anguilla* leptocephali : Danish material up to 1966.
Dana, 4 : 163-249.

- BRUUN, A.F., 1963.
The breeding of the North Atlantic freshwater eels.
Adv. mar. Biol., 1 : 137-169.
- CANTRELLE, I., 1984.
Les populations de civelles d'*Anguilla anguilla* L. en migration dans l'estuaire de la Gironde.
Vie et Milieu, 1984, 34 (2/3) : 109-116.
- COMPARINI, A. et M. SCHOTH, 1982.
Comparison of electrophoretic and meristic characters of O-group eel larvae from the Sargasso Sea.
Helgolander Meeresunter, 35 : 289-299.
- DE CHARLEROY, D., C. BELPAIRE et F. OLLEVIER, 1987.
Problems concerning systematical position, biology and diagnostics of *Anguillicola*, a swimbladder nematode in the eel (*Anguilla anguilla*).
EIFAC (FAO), Working Group on Eel, Bristol, 1987 (in prep.).
- DEELDER, C.L., 1960.
The Atlantic eel problem.
Nature, 185 : 589-591.
- DEKKER, W., 1985.
Regional variation in glass eel catches; an evaluation of multiple sample sites.
EIFAC (FAO), Working Group on Eel, Perpignan, 1985.
- DOLLERUP, J. et GRAVER, C.M., 1985.
Repeated induction of testicular maturation and spermiation, alternating with the periods of feeding and growth in silver eels (L.).
Dana, 4 : 19-40.
- EGUSA, S., 1979.
Notes on the culture of the European eel (*Anguilla anguilla* L.) in Japanese eel-farming ponds.
Rapp. p.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer, 174 : 51-58.
- ELIE, F., 1979.
Contribution à l'étude des montées de civelles d'*Anguilla anguilla* Linné dans l'estuaire de la Loire : Pêche, Ecologie, Ecophysiologie et Elevage.
Doctorat de troisième cycle, Laboratoire de Zoologie générale et d'Ecophysiologie - Rennes 1979, 381 p.
- FAIN, A. et C. BELPAIRE, 1985.
A new mite (Acari, Anoetidae) parasitizing the gills or young eels *Anguilla anguilla*.
Bull. Ann. Soc. r. belge Ent., 121 : 285-292.
- FONTAINE, M., 1936.
On the complete maturation of the genital organs of the male eel and the spontaneous ejection of his sexual products.
C. r. hebdom. Séanc. Acad. Sci. (Paris) : 202 : 1312-1314.
- FONTAINE, M., 1961.
L'Anguille européenne succombe-t-elle sans se reproduire ?
C. r. hebdom. Séanc. Acad. Sci. (Paris) : 252 : 1258-1260.

- FONTAINE, M., E. BERTRAND, E. LOPEZ et O. CALLEMAND, 1964.
On the maturation of the genital organs of the female eels in an aquarium.
C. r. hebd. Séanc. Acad. (Paris) : 259 : 2907-2910.
- GRASSI, B., 1896.
The reproduction and metamorphosis of the common eel, *Anguilla vulgaris*.
P.R. Soc. London, 60 : 260-271.
- GRASSI, B. et S. CALANDRUCCIO, 1897.
Riproduzione e metamorfosi delle anguille.
Giorn. ital. Pesca e Aquic., 7 : 139-208.
- GUERAULT, D., P. BEILLOIS, Y. DESAUNAY et
Variations de l'abondance de la civelle au travers des données de productions. Secteurs Loire et Vilaine.
CIEM, Comité des poissons anadromes et catadromes C.M. 1985/M : 26.
- HARDING, E.F., 1985.
On the homogeneity of the European Eel population (*Anguilla anguilla*).
Dana, 4 : 49-66.
- JONES, J.W., 1959.
Eel migration.
Nature, 184, 1281.
- KUHLMANN, H. et H. KOOPS, 1980.
A new technology for rearing elvers.
CIEM, Comité mariculture, C.M. 1980/F : 3.
- LECOMTE-FINIGER, R., 1976.
Contribution à l'étude biologique et écologique des civelles (*Anguilla anguilla* Linné 1758) lors de leur pénétration dans un étang méditerranéen. I. Recrutement et biométrie au cours d'un cycle annuel.
Vie et Milieu, XXVI (1), sér. A : 123-144.
- LECOMTE-FINIGER, R., 1983a.
Evolution morphométrique et énergétique de la civelle (*Anguilla anguilla* L. 1758) en Méditerranée au cours de sa pigmentation.
Vie et Milieu, 33 (2) : 87-92.
- LECOMTE-FINIGER, R., 1983b.
Régime alimentaire des civelles et anguillettes (*Anguilla anguilla*) dans trois étangs saumâtres du Roussillon.
Bull. Ecol., 14 (4) : 297-306.
- LECOMTE-FINIGER, R. et C. RAZOULS, 1981.
Influence des facteurs hydrobiologiques et météorologiques sur la migration anadrome des civelles dans le Golf du Lion.
Cah. Lab. Montereau, 12, 3-16.
- LINDQUIST, A., 1979.
Observations on glass eels in the Skagerrak and Kattegat.
Rapp. p.v. Réun. Cons. int. Explor. Mer, 174 : 45-50.
- LODDER, P., 1986.
Palingkweek in Japan.
Aquaforum, 2 (1) : 7-14.

MORIARTY, C., 1985.

Report on elver immigration to 1985.

EIFAC (FAO), Working Group on Eel, Perpignan, 1985.

NEUMANN, W., 1985.

Schwimmbblasenparasit *Anguillicola* bei Aalen.

Fischer und Teichwirt, 11 : 322.

PETERS, G. et F. HARTMANN, 1986.

Anguillicola, a parasitic nematode of the swimbladder spreading among eel populations in Europe.

Dis. aquat. Org., 1 : 229-230.

RAND, P., 1986.

Eel culture in recirculated systems.

Fish Farming Seminar, Bella Center, June 18, 1986.

SAROGLIA, M., P. FANTIN et G. ARLATI, 1985.

Eel production in Italy - Problems and perspectives.

EIFAC (FAO), Working Group of Eel, Perpignan, 1985.

SARTI, M., G. GIORGETTI, W. BRISINELLO et M. VANELLI, 1985.

A new problem in intensive Italian Eel culture. The parasite *Anguillicola anstraliensis*.

Poster EAFF International Conference, Montpellier, 2-5 sept.

SCHMIDT, J., 1906.

Contributions to the Life-History of the Eel (*Anguilla vulgaris* Flem.).

Rapports et Procès-verbaux des Réunions du Conseil International pour l'Exploration de la Mer, København, 5 : 137-274.

SCHMIDT, J., 1912.

Danish researches in the Atlantic and Mediterranean on the life history of the freshwater eel *Anguilla vulgaris* Turt.).

Int. Revue ges. Hydrobiol., 5 : 317-342.

SCHOTH, M., 1982.

Taxonomic studies on the O-group eel larvae (*Anguilla* sp.) caught in the Sargasso Sea in 1979.

Helgolander Meeresunters, 35 : 279-287.

SCHOTH, M. et F.-W. TESCH, 1982.

Spatial distribution of O-group eel larvae (*Anguilla* sp.) in the Sargasso Sea.

Helgolander Meeresunters, 35 : 309-320.

SCHOTH, M. et F.-W. TESCH, 1984.

The vertical distribution of small O-group *Anguilla* larvae in the Sargasso Sea with reference to other anguilliform leptocephali.

Bd. 30, H. 3, pp. 188-195.

SINHA, V.R.P. et J.W. JONES, 1967.

The Atlantic eel problem.

Proc. 3rd. British Coarse Fish Conference, Liverpool, 70-73.

SYRSKI, S., 1876.

Lecture on the organs of reproduction and fecondation of fishes and especially of eels.

Rep. U.S. Commnr. Fish, 3 : 719-734.

- TESCH, F.-W., 1977.
The Eel. Biology and management of anguillid eels.
Chapman and Hall, London, 434 p.
- TESCH, F.-W., 1980.
Occurrence of eel *Anguilla* larvae west of the European continental shelf, 1971-1977.
Env. Biol. Fish., 5 (3) : 185-190.
- TESCH, F.W., 1985.
Corresponding strong decreases in eel larvae and River Ems glass eel catches.
EIFAC (FAO), Working Group on Eel, Perpignan, 1985.
- TESCH, F.-W. et C.L. DEELDER, 1978.
Catches of metamorphosing eel larvae (*Anguilla anguilla*) between Europe and the Açores and some remarks on their development under laboratory conditions.
CIEM C.M. 1978/M : 21.
- TESCH, F.-W., U. NIERMANN et A. PLAGA, 1985.
Eel larvae (*Anguilla anguilla*) development stage and stock density differences in time and space off the west coast of Europe.
CIEM Comité des poissons anadromes et catadromes C.M. 1985/M : 32.
- TUCKER, D.W., 1959.
A new solution to the Atlantic eel problem.
Nature, 183 : 495-501.
- VAN BANNING, P., W. HEERMANS et J.A. VAN WILLIGEN, 1986.
Anguillicola crassa, een nieuwe aalparasiet in de Nederlandse wateren.
Visserij, okt./nov. : 237-240.
- VERDONCK, W., C. BELPAIRE, A. TOPS et F. OLLEVIER, 1986.
Mogelijkheden voor commerciële viskweek in thermische brakwater effluenten.
Water, 27 (5) : 37-40.
- WEBER, M., 1985a.
Catching method and seasonal occurrence of glass eels in the Rio Minho.
EIFAC (FAO), Working Group on Eel, Perpignan, 1985.
- WEBER, M., 1985b.
Zur Okosystemstruktur des Minhoästuars (Iberische Westküste).
Doktor Dissertation, Christian-Albrechts-Universität, Kiel, 1985, 452 p.
- YIQIANG, W., Z. CHANGCHUN, S. ZHENG FENG, T. YUJUN, Z. KEJIAN, L. YUANSHAN, Y. YEJIN et H. YUTANG, 1980.
Studies on the artificial inducement of reproduction in common eel.
J. Fish. China, 4 (2).