LE FRANCHISSEMENT DES BARRAGES PAR L'ESCALADE DE L'ANGUILLE ÉTUDE EN SÈVRE NIORTAISE

A. LEGAULT

Laboratoire de Biologie Halieutique
de l'École Nationale Supérieure Agronomique de Rennes,
65 route de St-Brieuc - 35042 RENNES Cedex, France

Reçu le 5 janvier 1987
Accepté le 11 mars 1988

Received 5 January, 1987
Accepted 11 March, 1988

RÉSUMÉ

La reptation hors de l'eau, représente l'une des modalités de franchissement des obstacles lors de la migration anadrome de l'anguille. Elle a été étudiée au niveau des barrages de la zone aval du réseau hydrographique de la Sèvre Niortaise.

Sur ces ouvrages (de différents types), les zones de reptation sont réduites à une surface restreinte des parois verticales et latérales des ouvrages, la reptation s'apparente à l'escalade.

Dans ces conditions, cette modalité de franchissement est très sélective, seuls les petits individus (taille < 100 mm) peuvent progresser sur la paroi et tenter le franchissement.

En outre, peu d'entre eux réussiront réellement le franchissement en raison principalement de la configuration des barrages.

L'observation de l'escalade sur un barrage n'implique pas son franchissement aisé.

Les autres possibilités de franchissement semblent réduites. La colonisation par l'anguille du système fluvial risque d'être fortement entravée. L'installation de dispositifs de franchissement, qui tireront partie du comportement d'escalade, représente une priorité pour la sauvegarde de cette espèce.

THE DAM CLEARING OF EEL BY CLIMBING STUDY IN SEVRE NIORTAISE

SUMMARY

A particularity of the eel anadromous migration is to crawl out of the water to pass over obstructions. This behaviour was studied in the freshwater area, in the downstream part of the Sevre Niortaise watershed.

On the dams where different sluices types can be observed, the eel can only move up on small vertical areas of the walls. This crawling behaviour may be compared to a climbing one.

Under these conditions, the climbing is very selective: only the smallest individuals (< 100 mm long) can move up on the walls and try to pass over them.

Very few of them succeed in clearing dam due to the configuration of these structures.

Thus, climbing observations are not necessarily related to actual clearing of the dam.

Other ways to clear dams seem to be few, so the limitation of dams effects on the eels colonization of watershed area is essential. The fitting of eels pass, which use climbing behaviour is a priority to protect this species.

1. INTRODUCTION

L'anguille européenne (*Anguilla anguilla*) est une composante importante du peuplement piscicole des fleuves côtiers français de l'Atlantique. Ainsi dans le département d'Ille et Vilaine, elle est la troisième espèce en nombre et la première du point de vue biomasse piscicole (BOISNEAU, 1983). Poisson migrateur amphihalal thalassotoque, elle se distribue dans les systèmes fluviaux par migration anadrome.

Les bassins versants font l'objet d'aménagements de plus en plus nombreux, qui se traduisent notamment par la mise en place de multiples barrages et la modernisation des anciens ouvrages. Ces travaux amènent une multiplication des obstacles et une modification de leur perméabilité vis-à-vis des déplacements des poissons, en particulier des poissons migrateurs.

Face à ces entraves, les poissons présentent des modalités de franchissement variées : pour l'Anguille ce sont la nage et la reptation hors de l'eau.

En raison de leur gestion hydraulique, les possibilités de franchissement des barrages par la nage sont souvent réduites pour l'anguille. En effet, les périodes d'ouverture des ouvrages mobiles sont de plus en plus brèves, les vitesses de courant sont alors trop importantes face aux performances natatoires réduites de ce poisson. Des anguilles d'environ 80 mm ne pourront pas affronter des courants de vitesses supérieures à $0,5 \text{ m/sec}^{-1}$ (Mc CLEAVE, 1983).

La reptation hors de l'eau représente une possibilité intéressante de franchissement des barrages pour cette espèce migratrice. Deux facteurs morphologiques majeurs, caractérisant également son mode de déplacement aquatique (ALEYEV, 1977), permettent de comprendre cette possibilité de déplacement hors de l'eau :

- la taille et la forme des sections transversales du corps du poisson qui lui confèrent une morphologie serpentine,
- le grand nombre d'éléments vertébraux mobiles qui lui assurent une flexibilité importante tout au long du corps.

Par ailleurs, la sortie prolongée de l'eau requiert certaines propriétés physiologiques :

- une bonne résistance à la dessiccation, assurée par les sécrétions d'un grand nombre de cellules sous-épidermiques (HARDER, 1964),
- la possibilité de respiration aérienne, grâce à l'existence d'échanges gazeux cutanés. Ils peuvent apporter les deux tiers des besoins en oxygène des animaux quand ils sont hors de l'eau, le complément provenant de la respiration branchiale (BERG et STEEN, 1965).

Si la reptation est citée au niveau d'obstacles naturels (WOOD, 1964), ou de grands ouvrages de retenue (SKEAD, 1959; WOOD, 1964; SLOANE, 1982), elle n'a donné lieu qu'à une description sommaire chez une espèce d'anguille indo-pacifique (SKEAD, 1959).

Pour évaluer la contribution de ce comportement particulier au franchissement des barrages lors de la migration anadrome de l'anguille, sa description et son analyse ont été menées sur des barrages fluviaux de faibles hauteurs, fréquents dans les zones aval des fleuves côtiers atlantiques. Cette étude a été réalisée sur le bassin versant de la Sèvre Niortaise.

2. ZONE D'ÉTUDE - MÉTHODOLOGIE

2.1. Les sites d'étude

La Sèvre Niortaise, petit fleuve côtier atlantique, possède un bassin versant qui s'étend sur 2.880 km^2 . Il est caractérisé par un réseau hydrographique très complexe, en particulier dans sa zone aval qui forme la majeure partie du Marais Poitevin.

En raison de sa très faible altitude moyenne (inférieure à 5 mètres), et de la faiblesse des débits estivaux, la mise en valeur agricole du Marais Poitevin a nécessité d'importants aménagements hydrauliques. Pour les poissons migrateurs, ces aménagements se concrétisent par une multiplication des obstacles à la migration anadrome. Leur dénivelé est réduit (moins 80 cm).

Deux barrages ont été sélectionnés dans cette zone, en raison de leur proximité de l'estuaire (premiers barrages en amont des ouvrages estuariens; figure 1), des facilités d'intervention et de leur représentativité dans la zone d'étude. Ce sont :

- le barrage de la Boule d'Or, sur la rivière Vendée, à 15 km en amont de l'estuaire, constitué de vannes levantes automatiques,
- le barrage du Vieux Bézou à Bazoin, sur la Sèvre Niortaise à 21 km en amont de l'estuaire, constitué de pertuis.

2.2. Méthodologie

Description de l'escalade

L'escalade peut être définie comme une modalité particulière de reptation appliquée à des parois verticales. Elle a été décrite grâce à des observations visuelles effectuées au niveau du barrage de la Boule d'Or. Des observations sur d'autres ouvrages et au laboratoire ont permis de compléter cette description (LEGAULT, 1986).

Prélèvements et caractéristiques biométriques

Des prélèvements d'anguilles sont effectués sur les barrages à l'aide d'une épuisette, d'une part en raclant les parois du barrage pour recueillir les animaux en escalade, d'autre part, en effectuant des traits d'épuisette au pied de la paroi pour capturer les animaux en accumulation.

Au total, 632 individus ont été capturés lors des interventions effectuées : le 6 juin au barrage de Bazoin sur la Sèvre Niortaise, le 7 juillet au barrage de la Boule d'Or sur la Vendée.

Figure 1 : Localisation des sites de prélèvement dans la zone aval du bassin versant de la Sèvre Niortaise.

Figure 1 : Location of the sampling sites in the lower area of the Sèvre Niortaise watershed.

Les animaux fixés dans du formol à 4 %, sont ensuite examinés au laboratoire, où l'on détermine leur longueur L en mm et leur poids P en g à 0.01 g près. Le coefficient de condition K est également calculé selon la formule :

$$K = (P / L^3) \cdot 10^6$$

Quantification du franchissement

Pour quantifier le franchissement des obstacles par l'escalade, trois phases ont été distinguées :

- Sortie de l'eau
- progression sur la paroi
- retour à l'eau au niveau amont.

La configuration différente des barrages a imposé deux types d'intervention.

Barrage de la Boule d'Or

L'observateur, installé en équilibre sur un montant de la vanne, comptabilise les animaux durant des périodes de 4 à 12 minutes à différents niveaux de l'ouvrage :

- les individus hors de l'eau, au pied de la paroi,
- les individus atteignant le niveau amont de la zone d'escalade,
- les individus franchissant le barrage.

La durée totale des observations est de 41 minutes.

Barrage de Bazoin (Vieux Béjou)

Une barque située en équilibre sur la chute d'eau du barrage permet d'effectuer les observations. Seul le nombre d'individus réussissant le franchissement est comptabilisé lors des observations d'une durée totale de 75 minutes.

3. RÉSULTATS

3.1. Description de l'escalade

L'escalade est uniquement observée sur la portion humide des parois latérales verticales des barrages. Cette zone est limitée d'un côté par la paroi sèche, et de l'autre par la partie de cette paroi atteinte par la lame déversante (figure 2).

Figure 2 : Zone d'escalade sur un barrage à vanne levante (Boule d'Or), vue latérale.

Figure 2 : Climbing area on a dam with sluice gate (Boule d'Or), lateral view.

La zone de reptation humidifiée par la chute d'eau située à proximité est de surface restreinte et n'est pas homogène. Relativement large au niveau du bief aval, elle se réduit pour être très étroite au niveau du bief amont (environ 1 cm).

Les distances que doivent franchir les animaux en escalade sont réduites en raison des faibles dénivelés qui caractérisent les barrages (0,2 à 1,6 m).

Trois phases peuvent être décrites lors du franchissement par escalade (Figure 3) :

- La phase de sortie de l'eau (Figure 3.1.)

Les animaux accroissent leur vitesse de nage, leur corps faisant un angle de 45° avec la surface de l'eau. Cette accélération permet à l'animal d'effectuer un saut hors de l'eau pour venir s'appliquer contre la paroi et s'y immobiliser. Puis, la partie antérieure du corps restant dans la même position, la partie postérieure prend une forme ondulée et sort de l'eau. L'animal commence alors sa progression sur la paroi. Ce type de sortie de l'eau est observable lorsque la zone aval du barrage est immergée. Si, à ce niveau, la profondeur est faible, on observe alors une sortie de l'eau lente par reptation.

- La phase de progression (Figure 3.2. ; photo 1)

La progression se fait par une série de mouvements saccadés de la tête, d'un côté à l'autre. Chacun de ces mouvements génère un mouvement ondulatoire qui se déplace vers la partie postérieure du corps. Au cours de ces mouvements une partie du corps est toujours immobile (alternativement la partie antérieure et postérieure).

Durant cette phase de progression, les animaux marquent des arrêts au cours desquels on peut observer une dilatation de leurs ouïes.

- La phase de retour à l'eau

Arrivés au niveau amont, les animaux retournent dans l'eau la tête la première. Ils marquent un arrêt quand leur tête rejoint l'eau puis poursuivent leur progression jusqu'à ce que les deux tiers du corps soient immergés. Ils se remettent alors à nager contre le courant.

3.1 SORTIE DE L'EAU

3.2 PROGRESSION SUR LA PAROI

Figure 3 : Description de l'escalade sur les parois verticales d'un barrage.

Figure 3 : Description of the climbing behaviour by elvers on the vertical wall of a dam.

Photo 1 : Anguilletes en escalade sur la paroi verticale du barrage.

Photo 1 : Climbing of elvers, on a vertical wall of a dam.

3.2. Sélectivité de l'escalade

Le succès de franchissement suppose la réussite des trois phases précédemment décrites. La comparaison des caractéristiques biométriques des animaux prélevés simultanément au pied des barrages et sur leurs parois met en évidence une sélectivité des deux phases initiales (tableau I).

Les tailles moyennes des animaux en escalade sont significativement plus faibles que celles des animaux en accumulation : elles sont respectivement de 75,8 mm et 78,0 mm à Bazoin, et de 81,4 et 89,5 mm à la Boule d'Or. Les différences sont d'autant plus significatives que les prélèvements sont plus tardifs : le seuil de signification est de 95 % en juin à Bazoin et de 99 % à la Boule d'Or en juillet.

Les anguilles en escalade sont également caractérisées par des poids plus faibles que celles en accumulation (tableau I). Toutefois la différence est moins significative (seuil de signification : 90 %).

La comparaison des coefficients de condition K montre que la différence est non significative pour les deux catégories d'individus lors du premier prélèvement, mais le devient lors du second (seuil de signification : 99 %). A cette époque, les animaux en escalade sont plus trapus ($K = 0,86$) que ceux en accumulation ($K = 0,72$).

L'évolution des caractéristiques biométriques entre les deux mois traduit la croissance des individus, marquée par une augmentation de la taille et du poids, cette croissance non isométrique amène une diminution du coefficient de condition.

Nb	Long. mm.	σ	Poids g	σ	Coeff.	σ
----	--------------	----------	------------	----------	--------	----------

Barrage de Bazoin

Escalade	90	75.8	5.7	0.43	0.15	0.96	0.16
Accumulation	371	78.0	6.4	0.49	0.22	0.98	0.21
Différence significative		0.05		0.05		-	

Barrage de la Boule d'Or

Escalade	75	81.4	7.2	0.47	0.12	0.86	0.09
Accumulation	96	89.5	8.	0.54	0.23	0.72	0.16
Différence significative à		0.01		0.1		0.01	

σ = Écart-type

Tableau I : Comparaison des caractéristiques biométriques moyennes des animaux capturés en escalade et en accumulation (Longueur, Poids, Coefficient de condition) sur deux barrages.

Table I : Comparison of mean biometrical characteristics (length, weight, condition index) of elvers concentrating below the dam with climbing elvers at the "barrage de Bazoin" and at the "barrage de la Boule d'Or".

3.3. Indice de sélectivité

La sélectivité affectant les diverses classes de taille peut être analysée avec l'indice d'escalade I, (Figure 4), défini comme le rapport de la fréquence de la classe de taille n des animaux en escalade à la fréquence de la classe de taille n des animaux en accumulation.

- les valeurs de cet indice diminuent progressivement en fonction des classes de taille des animaux : il est inférieur à 1 à partir d'environ 78 mm pour les individus prélevés à Bazoin et 85 mm pour ceux de la Boule d'Or. ;
- le domaine de variation de cet indice diffère pour les deux prélèvements ; large pour le prélèvement tardif du mois de juillet (1 maximum >4) quand la dispersion de taille est plus grande, il est réduit au mois de juin (1 maximum = 2), de même que la dispersion des tailles.
- Dans les deux cas, l'indice devient nul à partir des tailles de l'ordre de 105 mm.

Figure 4 : Évolution de l'indice d'escalade I en fonction de la taille lors des prélèvements aux barrages de Bazoin et de la Boule d'Or.

Figure 4 : Evolution of the climbing index I related to the length of elvers sampled at the "barrage de Bazoin" and the "barrage de la Boule d'Or".

L'indice d'escalade peut être assimilé à un indice de réussite des deux phases initiales. Sa diminution progressive semble traduire l'évolution de la sélectivité en fonction de la taille des animaux. Elle s'exprime dès les faibles tailles et devient redhibitoire à partir de 105 mm. Ceci semble confirmer des observations visuelles réalisées à l'occasion des prélèvements qui ont en effet montré l'échec des tentatives de sortie de l'eau et d'application sur la paroi des gros individus.

Lors des deux premières phases, ce type de franchissement semble être sélectif en fonction de la taille des animaux. Mais la réussite du franchissement dépend également de la poursuite de la progression des individus sur la paroi et leur retour à l'eau, dans le bief d'amont.

3.4. Quantification du franchissement

Sur le barrage de la Boule d'Or, un grand nombre d'individus est en progression à la base de la paroi (> 60 animaux). En 41 minutes d'observation, 63 d'entre eux arrivent à atteindre le niveau amont, seuls 3 réussissent le franchissement de l'obstacle.

Sur le barrage de Bazoin, le nombre de réussite de franchissement est plus important. Ainsi, si l'on fait la moyenne horaire des 5 séries de mesure, 16 individus/heure franchissent le barrage sur cette rive, soit environ 30/heure sur l'ouvrage entier.

Il apparaît donc que l'aptitude spécifique des civelles et anguillettes à progresser hors de l'eau sur les parois verticales, ne signifie pas un franchissement aisé des ouvrages. Des échecs interviennent en effet lors de la phase de progression, puis lors du passage dans le bief amont et limitent fortement la réussite du franchissement.

4. DISCUSSION

4.1. Les zones de reptation

La reptation de l'Anguille a été observée par de nombreux auteurs au niveau d'obstacles naturels (WOOD, 1964) et de grands barrages hydro-électriques ou de retenue (SKEAD, 1959; SLOANE, 1982). Les dénivelés à franchir par les animaux en migration sont importants (plusieurs dizaines de mètres). La zone de reptation est caractérisée par un substrat humide à proximité d'une sortie d'eau.

Sur la Sèvre Niortaise, comme sur de nombreuses rivières du littoral Atlantique, les obstacles à la migration sont principalement représentés par des barrages de soutien d'étiage à pertuis, clapets, ou vannes levantes, de faibles dénivelés (au maximum 1,6 m sur la Sèvre Niortaise) où les conditions de franchissement paraissent a priori plus favorables. Les sites possibles de reptation sont limités aux zones humidifiées par la chute d'eau, localisées sur les parois latérales verticales de l'ouvrage. Le substrat y est homogène et le plus souvent constitué de béton lissé, parfois recouvert de mousses et de lichens.

L'escalade se traduit par une plus grande amplitude des mouvements, que ceux de la nage décrite par WEBB (1984), effectués à un rythme ralenti et marqués par de nombreux arrêts.

La progression sur des parois verticales sans points d'appuis, nécessite l'existence de forces contrecarrant celle de la pesanteur. SKEAD (1959) pense que le maintien des animaux provient de forces de tension superficielle, s'exerçant entre le corps de l'animal et la paroi humide, sans doute facilitées par les aspérités du substrat, et la position ondulée de l'individu. Les nombreuses chutes observées lors de l'escalade semblent montrer la précarité de cet équilibre. Toutefois, le développement d'algues et de mousses sur ces parois peut modifier ces conditions d'escalade :

- les mousses peuvent la favoriser en créant des points d'appuis.
- les algues encroûtantes apparaissent néfastes, elles suppriment les aspérités du substrat.

4.2. Les animaux en escalade

Les anguilles capturées lors des prélèvements sont en escalade ; elles ont donc réussi la phase de sortie de l'eau et entamé leur progression.

La taille moyenne de ces individus est faible, comprise entre 75 et 95 mm. Cette taille réduite montre que ce sont des recrues de l'année (arrivées au cours de la saison dans l'estuaire) qui débutent leur phase de croissance continentale. A l'issue de cette première année, leur taille moyenne sera d'environ 140 mm (TESCH, 1977).

La force de tension superficielle est proportionnelle à la surface de contact entre l'animal et le substrat, c'est donc une fonction carré de la longueur. La force de pesanteur est quand à elle, une fonction cubique de la longueur. Au cours de la croissance, avec l'augmentation de taille, la composante des deux forces évolue au profit de celle de la pesanteur, et rendrait impossible le maintien des animaux sur la paroi.

La taille limite de maintien des animaux sur les parois est de l'ordre de 105 mm pour les deux barrages étudiés. Si elle semble varier selon les ouvrages en relation avec les caractéristiques particulières de chacun d'eux et en particulier avec le substrat, aucun animal de taille supérieure à 140 mm n'a été prélevé en reptation (LEGAULT, 1986).

Au niveau des barrages étudiés, la capacité de reptation de l'anguille sur des parois verticales apparaît donc **limitée à sa première année d'eau douce, et diminue, pour ces animaux, au cours de la saison de migration**. Les possibilités de franchissement des ouvrages se réduisent donc avec l'éloignement à l'estuaire. De surcroît, chacun d'eux provoquant un retard de la migration, restreint encore cette possibilité de franchissement. Lors de la colonisation des systèmes fluviaux, l'escalade risque d'être limitée au niveau aval des bassins versants.

Outre cet aspect, l'étendue réduite de la zone de reptation ne permettant qu'un passage individuel au niveau amont va constituer un facteur limitant du nombre d'animaux pouvant franchir simultanément ces barrages.

4.3. Le franchissement

Le franchissement est très faible. Au barrage de la Boule d'Or sur la Vendée, il est pratiquement nul. Pour l'ouvrage de Bazoin, il est seulement de l'ordre de 30 individus par heure alors que le nombre d'anguilles en accumulation, quantifié par des opérations de marquage recapture, est estimé à plus de 100.000 individus (LEGAULT, 1987). **L'observation de l'escalade, bien que spectaculaire, ne correspond donc pas obligatoirement au franchissement des ouvrages.**

Ces deux barrages sont situés à proximité de l'estuaire, respectivement de 15 et 21 km. Le taux de franchissement risque donc encore de diminuer plus en amont, en raison de la sélectivité croissante liée à la taille des animaux.

Plusieurs facteurs paraissent importants pour expliquer le faible taux de franchissement :

- Lors de la phase de progression (Figure 5).
La configuration de la zone d'escalade, dans la plupart des cas, ne représente pas une surface plane, des encoches étant aménagées pour loger le mécanisme de la vanne ; les animaux en escalade tombent lors des changements de direction.
- Lors du passage au niveau amont.
La zone de retour à l'eau au niveau amont est située à proximité immédiate du bord de la vanne, là où la zone humide s'achève. Dès qu'ils ont rejoint l'eau, les individus doivent donc lutter contre le courant, qui tend à les ramener en aval.

La vitesse du courant dans cette zone, fonction de la hauteur de la lame d'eau déversante, varie en fonction des facteurs hydrologiques et de la gestion de l'ouvrage.

Pour une hauteur d'eau de 15 cm sur la vanne, la vitesse du courant est de l'ordre de 0,3 m/sec. à 5 cm du bord de la paroi. Malgré ces faibles vitesses, de nombreux individus sont renvoyés en aval, alors qu'en pleine eau, ils pourraient, d'après CLÉMENT (1976) et Mc CLEAVE (1980), lutter contre des vitesses plus importantes. L'absence de temps d'adaptation au courant, mais également la fatigue des anguilles après leur progression verticale pourraient expliquer ces observations.

Figure 5 : Sites critiques pour le franchissement par l'escalade d'un barrage à pertuis (Bazoin), vue de dessus.

Figure 5 : Critical areas of dam clearing with sluice gates by climbing (barrage de Bazoin), top view.

En raison de leur configuration actuelle, même s'ils sont de faible dénivelé, les barrages fluviaux représentent des **obstacles difficilement franchissables** pour l'anguille, lors de sa phase de migration anadrome.

5. CONCLUSION

L'escalade apparaît fortement contrecarrée au niveau des barrages fluviaux. Elle devrait pourtant constituer la principale voie de franchissement en raison des faibles performances de nage de l'anguille, lorsque les barrages sont levés.

Les difficultés de franchissement entravent la colonisation des bassins versants, et diminuent l'aire de répartition de l'anguille dans chacun d'eux. Les études sur la répartition actuelle de cette espèce dans les bassins versants de la Vilaine (ELIE et RIGAUD, 1984), ou de la Sèvre Niortaise (LEGAULT, 1987) sont particulièrement représentatives à ce sujet. On constate une diminution très rapide des densités d'anguilles avec l'éloignement de l'estuaire, voire une disparition totale en tête des bassins.

Ainsi, l'aménagement généralisé des bassins versants risque d'entraîner une diminution sensible du stock d'anguilles à l'échelle nationale et européenne. La durée du cycle biologique, d'une douzaine d'années, nécessite absolument une prise de conscience rapide des dangers qui menacent l'anguille. La mise en place de dispositifs de franchissement, actuellement inexistantes en France, à l'exception des dispositifs expérimentaux installés en Sèvre Niortaise, paraît représenter une priorité.

6. REMERCIEMENTS

Cette étude s'inscrit dans le cadre du programme anguille mené par le Parc Naturel Régional du Marais Poitevin. Elle a été réalisée grâce à une convention Parc Naturel Régional du Marais Poitevin/Conseil Supérieur de la Pêche.

7. BIBLIOGRAPHIE

- ALEYEV Yu. G., 1977. NEKTON, Dr. W. JUNK editor, The Hague, 433 p.
- BERG T., STEEN J.B., 1965. in TESCH 1977.
- BOISNEAU P., 1983. Contribution à la connaissance des peuplements piscicoles des cours d'eau d'Ille et Vilaine, Rapp. Conseil Supérieur de la Pêche, Délégation régionale de Rennes. 47 p.
- CLÉMENT O., 1976. Comportement des civelles dans l'estuaire de la Gironde, résistance à un courant de vitesse variable, Rapp. Journées de la thermo-écologie, 15-16 novembre 1976, 267-278.

- ELIE P., RIGAUD C., 1984. Étude de la population d'anguilles de l'estuaire et du bassin versant de la Vilaine: Pêche, Biologie, Écologie. Examen particulier de l'impact du barrage d'Arzal sur la migration anadrome. Rapport U.R.F.D.A.A.P.P./Univ. de Rennes, Tome II et III, 164 p.
- HARDER W., 1964. in TESCH 1977.
- LEGAULT A., 1986. Comportement d'escalade de l'anguille (*Anguilla anguilla*) et colonisation du bassin versant de la Sèvre Niortaise. Rapport Parc Naturel Régional du Marais Poitevin/ Conseil Supérieur de la Pêche. Les publications du département Halieutique de l'E.N.S.A. de Rennes, N° 3, 41 p.
- LEGAULT A., 1987. L'anguille dans le bassin versant de la Sèvre Niortaise: Biologie, Écologie, Exploitation. Rapport de contrat Parc Naturel Régional du Marais Poitevin. Les Publications du Département Halieutiques de l'E.N.S.A. de Rennes, N° 6, 305 p.
- Mc CLEAVE J. D., 1980. Swimming performance of European eel (*Anguilla anguilla* L.) elvers, *J. Fish Biol.*, 16, 445-452.
- SKEAD C. J., 1959. The climbing of juvenile eels, *Piscator*, 46, 74-87.
- SLOAN R. D., 1982. The tasmanian eel fishery - some facts and figures, *Aust. Fish.*, 41 (12), 4 p.
- TESCH F. W., 1977. The eel, Ed Chapman and Hall, London, 434 p.
- WEEB P., 1984. Les formes et les nages des poissons. Pour la Science, 83, 44-54.
- WOOD C. S., 1964. Fisheries aspect of the Tongarinno Power development project. N.Z. Mar. dept., *Fish. Techn. rep.*, 10, 211 p.